

## PRAKATA

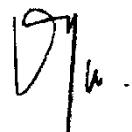
Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam disertasi ini adalah peningkatan kinerja sektor kehutanan dan pertanian, dengan judul "**Model Pengambilan Keputusan Multi Usaha Kehutanan Berkelanjutan**".

Ucapan terimakasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Dodik Ridho Nurochmat, M.Sc.F. Trop., Prof. Dr. Ir. Suria Darma Tarigan, MSc, Prof. Dr. Ir. Iskandar Zulkanaen Siregar, M.For.Sc. dan Dr. Ishak Yassir, S.Hut. MSi selaku komisi pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan, serta memberikan saran dan masukan dalam penelitian.
2. Prof Dr. Ir. Akhmad Fauzi, MSc., Prof. Dr. Ir. Heri Purnomo,Mcomp dan Dr. Meti Ekayani, S.Hut. MSc. IPM. yang mengenalkan metode-metode penelitian yang efektif yang kemudian digunakan dalam penelitian ini, serta Bapak/Ibu dosen lainnya yang telah memberikan ilmu dan pengajaran yang bermanfaat selama proses perkuliahan.
3. Pak Wahyul Ikhansi berikut dewan direksi PT Ratah Timber dan Pak Mangarah Silalahi berikut dewan direksi PT Nusantara Ekosistem Lestari serta Direktur PT Equalindo Makmur Alam Sejahtera dan PT. Alhasanie yang telah memberi akses data dan kerjasama dalam ujicoba penelitian.
4. Responden pakar dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Kementerian Pertanian, Kementerian Kelautan dan Perikanan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, dinas-dinas dan kesatuan pemangkuan hutan dilingkungan Pemerintahan Provinsi Kalimantan Timur, Asosiasi Pengusaha Hutan Indonesia, Non Government Organization dan Lembaga Swadaya Masyarakat.
5. Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, IPB University yang telah memberikan kesempatan akses ilmu, sarana dan prasarana pendukungnya.
6. Institut Pertanian Bogor beserta staf yang telah memberikan fasilitas dan pelayanan yang mendukung proses pendidikan.
7. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya hingga dapat menyelesaikan studi doktor.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Januari 2024



*Suryanto*

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	<b>xxi</b>
<b>I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Kerangka Pemikiran	4
1.4 Tujuan	5
1.5 Ruang Lingkup	5
1.6 Manfaat Penelitian	5
1.7 Kebaruan ( <i>novelty</i> )	6
<b>II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>7</b>
2.1 Pertanian dan Kehutanan Indonesia	7
2.2 Pemanfaatan Lahan Hutan Produksi dan Pertanian	8
2.3 Pembangunan Berkelanjutan	10
2.4 Analisis Wacana	12
2.5 Kelembagaan	14
2.6 Berpikir sistem: diagram hubungan sebab akibat, model dan simulasi	17
2.7 <i>Multi Criteria Decision Making</i> dan Strategi Keberlanjutan	21
<b>III METODE</b>	<b>24</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.2 Jenis dan Pengumpulan Data	26
3.3 Alat dan Bahan	26
3.4 Prosedur Kerja	27
3.5 Analisis data	31
<b>IV GAMBARAN UMUM KARAKTERISTIK WILAYAH PENELITIAN</b>	<b>38</b>
4.1 PT. Ratah Timber Holding	38
4.2 PT. Nusantara Ekosistem Lestari	47
<b>V WACANA DAN KELEMBAGAAN MULTI USAHA KEHUTANAN</b>	<b>56</b>
5.1 Pendahuluan	56
5.2 Metode Analisis Isi dan Kelembagaan Multi Usaha Kehutanan	58
5.3 Hasil dan Pembahasan	60
5.5 Kesimpulan	76
<b>VI MODEL PENGAMBILAN KEPUTUSAN MULTUSAHA KEHUTANAN BERKELANJUTAN</b>	<b>77</b>
6.1 Pendahuluan	77
6.2 Metode Analisis Sistem Dinamik dan Pemodelan	78
6.3 Hasil dan Pembahasan	83
6.4 Kesimpulan	214

<b>VII KEBIJAKAN PEMUNGKIN DAN RUANG IMPLEMENTASI MULTI USAHA KEHUTANAN</b>	<b>215</b>
7.1 Pendahuluan	215
7.2 Metode Analisis	216
7.3 Hasil Dan Pembahasan	218
7.4 Kesimpulan	228
<b>VIII STRATEGI IMPLEMENTASI MULTI USAHA KEHUTANAN</b>	<b>229</b>
8.1 Pendahuluan	229
8.2 Metode Analisis	230
8.3 Hasil dan Pembahasan	236
8.4 Kesimpulan	259
<b>IX PEMBAHASAN UMUM</b>	<b>260</b>
<b>X SIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>266</b>
10.1 Simpulan	266
10.2 Saran	267
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>269</b>
<b>LAMPIRAN 291</b>	
Lampiran 1 Form kuisioner analisis wacana	292
Lampiran 2 Asumsi-asumsi pokok dalam tata kelola MUK diunit sampel PT. Ratah Timber Hording	297
Lampiran 3 Asumsi-asumsi pokok dalam tata kelola MUK diunit sampel PT. Nusantara Ekosistem Lestari	306
Lampiran 4 Rencana Penggunaan Lahan unit sampel RTH di usulkan	308
Lampiran 5 Rencana Penggunaan Lahan unit sampel RTH pembanding	309
Lampiran 6 Rencana Penggunaan Lahan unit sampel NEL di usulkan	310
Lampiran 7 Rencana Penggunaan Lahan unit sampel NEL pembanding	311
Lampiran 8 Alternatif, proyeksi nilai manfaat, skor keberlanjutan dan pemeringkatan alternatif unit sampel RTH	312
Lampiran 9 Alternatif proyeksi nilai manfaat, skor keberlanjutan dan pemeringkatan alternatif unit sampel NEL	313
Lampiran 10 Surat Pencatatan Hak Cipta Nomor EC002023130149, Kementerian Hukum dan HAM tanggal 12 Desember 2023.	314
Lampiran 11 Panduan penggunaan perangkat super model multi usaha kehutanan (Dokumen lampiran Surat Pencatatan Hak Cipta Nomor)	315
Lampiran 12 Laporan hasil pengujian tanah	511
Lampiran 13 Matrik penilaian usulan multi usaha kehutanan berdasarkan <i>Kuantitas Ketersediaan dan Kualitas Mutu: Kriteria, Indikator, Kuantitas, Kualitas dan Bobot</i>	521

## DAFTAR TABEL

1	Luas hutan dan nilai perdagangan Indonesia dari sub sektor kehutanan dan perbandingannya dengan 4 negara lain.	8
2	Fragmentasi tutupan lahan berdasarkan potensi kayu tersedia di unit konsesi aktif	10
3	Jumlah unit dan luas area konsesi berdasarkan tiga sumber data berbeda	10
4	Tingkat kepercayaan terhadap data berdasarkan pendekatan luas efektif penggunaan lahan dengan data produksi dan produktifitas lahan di unit usaha hutan alam dan hutan tanaman di Indonesia	10
5	Daftar istilah yang digunakan dalam panduan praktis untuk melakukan analisis konten	13
6	Matriks hubungan antara tujuan penelitian, data, sumber data, metode analisis, dan output yang diharapkan	30
7	Jenis data sebagai bahan analisis wacana	31
8	Kodefikasi dan penomoran teks berdasarkan tema	32
9	Format matrik pengaruh aktor terhadap pencapaian indikator tujuan Multi Usaha Kehutanan ( <i>MAO-matrix of Actor-Objective</i> )	34
10	Format matrik pengaruh aktor terhadap aktor lain ( <i>MDI-matrix of Direct Influence</i> ) dalam implementasi MUK	34
11	Format matrix data input untuk analisis strategi keberlajutan alternatif dan nilai berdasarkan kriteria ekologi, ekonomi dan sosial hasil simulasi model terhadap masing masing alternatif	37
12	Sebaran tutupan lahan berdasarkan 5 kelas PATH	40
13	Sebaran lahan berdasarkan kelas kelerengan di masing-masing PATH	41
14	Debit Sungai dan Kandungan Sedimen	42
15	Klasifikasi dan nilai skor PATH	43
16	Klasifikasi dan nilai skore topografi	43
17	Jumlah nilai skore dan arahan kesesuaian pemanfaatan lahan	43
18	Distribusi PATH pada beberapa tutupan lahan di PT Ratah Timber	44
19	Distribusi dan luas ketersediaan berdasarkan jumlah nilai skore arahan kesesuaian lahan dan penapisan kawasan lindung	45
20	Distribusi dan luas ketersediaan bersih berdasarkan arahan kesesuaian pemanfaatan lahan untuk pengembangan Multi Usaha Kehutanan di konsesi izinusaha PT Ratah Timber	46
21	Sebaran tutupan lahan berdasarkan 5 kelas PATH	48
22	Sebaran lahan berdasarkan kelas kelerengan di masing-masing PATH	49
23	Kualitas Air Sungai yang terhubung dengan Areal Izin Pemanfaatan	51
24	Target Pemenuhan Air di dua Kabupaten yang terkait dengan lokasi Areal Izin Pemanfaatan yang dimohon	51
25	Data kependudukan desa-desa disekitar konsesi	52

26	Distribusi PATH pada beberapa tutupan lahan di PT Ratah Timber	53
27	Distribusi dan luas ketersediaan berdasarkan jumlah nilai skore arahan kesesuaian lahan dan penapisan kawasan lindung	53
28	Distribusi dan luas ketersediaan bersih berdasarkan arahan kesesuaian pemanfaatan lahan untuk pengembangan Multi Usaha Kehutanan di konsesi izin usaha PT NEL	54
29	Daftar isu terkait diskursus Multi Usaha Kehutanan	60
30	Neraca Ekspor – Impor pangan Indonesia berdasarkan kelompok komoditas utama (USD Juta)	66
31	Kajian, review dan kuantifikasi konten isu menjadi indikator tujuan keberlanjutan multi usaha kehutanan	67
32	Aktor dan peran formal	68
33	Daftar aktor, indikator tujuan dan label	69
34	Pendekatan tolok ukur bobot pengaruh dan peran	70
35	Kuantifikasi indikator tujuan keberlanjutan Multi Usaha Kehutanan	87
36	Uraian tentang jenis dan jumlah sub model, sub-sub model dan sub-sub-sub model yang membangun SM-MUK	91
37	Skor uji, ragam dan <i>Cronbach Alpha</i>	212
38	Validasi model SM-MUK	213
39	Konfirmasi target dan proyeksi PCI dan hilangnya hutan.	227
40	Format tabel data distribusi dan luas ketersediaan bersih berdasarkan kesesuaian lahan untuk pengembangan MUK	233
41	Format matrix data input untuk analisis strategi keberlanjutan masingmasing alternatif 4 kriteria dan 14 indikator	235
42	Tiga alternatif rencana pemanfaatan lahan, nilai luaran dan skor keberlanjutan di dua unit sampel	246
43	Tiga alternatif skenario berdasarkan luan penggunaan lahan	255
44	Proyeksi manfaat penerapan multi usaha kehutanan di Indonesia	257

## DAFTAR GAMBAR

1	Kerangka pemikiran	5
2	Negara penghasil 6 komoditas utama terbesar dunia	7
3	Negara importir dan eksportir terbesar untuk komoditas gandum, jagung dan beras	7
4	Model tata kelola keberlanjutan yang adaptif serta keterkaitan-nya dengan prinsip-prinsip dan kriteria terbuka untuk tata kelola berkelanjutan yang baik.	12
5	Contoh tahapan analisis yang mengarah ke tingkat abstraksi yang lebih tinggi; dari konten manifes hingga konten terkandung	14
6	Hubungan antara informasi, transparansi, dan tata kelola rantai pasok pertanian dan kehutanan berkelanjutan.	16
7	Tahapan dan proses membangun dan mengembangkan CLD.	18
8	Contoh CLD sederhana; simbol garis ganda (//) menunjukkan waktu tunda.	19
9	Tahapan dalam pemodelan dan simulasi	21
10	Tahapan MCDM dan teknik penggabungan metode AHP dan Promethee dalam pengambilan keputusan.	23
11	Tahapan dan tata waktu pelaksanaan penelitian berdasarkan tema dan kegiatan	24
12	Lokasi unit sampel PBPH PT. Ratah Timber, Kalimantan Timur	25
13	Lokasi unit sampel PBPH PT. Nusantara Ekosistem Lestari, Sulawesi Tengah	25
14	Diagram alir kegiatan penelitian	28
15	Tahapan dan proses analisis wacana	31
16	Tahapan analisis dengan teknik MACTOR.	33
17	Peta hubungan langsung dan tidak langsung aktor dan indikator tujuan serta antar aktor	33
18	Notasi dan struktur dasar yang menjadi konsep awal dalam membangun model sesuai dengan tujuannya.	35
19	Tahapan dan proses analisis keberlanjutan melalui metode Promethee	37
20	Peta lokasi unit sampel kawasan PT Ratah Timber Holding	39
21	Peta sebaran tutupan lahan berdasarkan rona PATH	40
22	Peta topografi di areal kerja PT. Ratah Timber	41
23	Peta sebaran PATH di konsesi PBPH PT Ratah Timber	44
24	Peta arahan kesesuaian lahan berdasarkan jumlah nilai skor dan penapisan area lindung	45
25	Peta arahan kesesuaian pemanfaatan lahan untuk pengembangan MUK dalam konsesi PBPH PT. Ratah Timber	46

26	Beberapa kegiatan <i>groundcheck</i> : a). perencanaan titik groundcheck, b). pengambilan sampel tanah, c). pengukuran struktur dan komposisi dan d). pengukuran lebar tajuk pohon	47
27	Peta lokasi unit sampel kawasan PT Nusantara Ekosistem Lestari	48
28	Peta sebaran tutupan lahan berdasarkan rona PATH	49
29	Peta topografi di areal kerja PT. Nusantara Ekosistem Lestari	50
30	Peta DAS dalam Wilayah Sungai Palu Lariang	50
31	Peta sebaran PATH di konsesi PBPH PT NEL	52
32	Peta arahan kesesuaian lahan berdasarkan jumlah nilai skor penapisan area lindung	53
33	Peta arahan kesesuaian pemanfaatan lahan untuk pengembangan dalam konsesi PBPH PT. Nusantara Ekosistem Lestari	54
34	Potongan diagram alir kegiatan penelitian Disertasi, sub kegiatan analisis konten dan kelembagaan	58
35	Beberapa kegiatan wawancara: a). wawancara tatap muka, b). wawancara daring ( <i>online</i> ), c). wawancara kelompok kecil, dan d). wawancara kelompok terfokus (FGD)	60
36	Grafik kue ( <i>pie chart</i> ) isu dan kategori	61
37	<i>Baseline</i> kondisi aktual fragmentasi di unit konsesi: a) di unit lahan aktif, dan b). di unit lahan tidak aktif atau tidak memiliki ijin konsesi	64
38	Konsep tata ruang pemanfaatan lahan melalui MUK	64
39	Gab antara realisasi produksi kayu dengan garis imajiner angka target produksi kayu di Indonesia	66
40	Nilai tengah peran dan pengaruh	69
41	Matrik pengaruh langsung dan tidak langsung antar aktor dalam pencapaian tujuan keberlanjutan MUK	71
42	Kuadran pengaruh dan ketergantungan aktor	71
43	Histogram daya saing pengaruh dan umpan balik aktor	72
44	Matrik posisi aktor terhadap indikator tujuan keberlanjutan MUK	72
45	Resultante peran aktor terhadap indikator tujuan	73
46	Peta relasi berdasarkan kesamaan mobilisasi stakeholder terhadap indikator tujuan	73
47	Nilai bersih relasi antar indikator tujuan berdasarkan kesamaan mobilisasi stakeholder	74
48	Peta relasi aktor dalam memobilisasi pencapaian tujuan keberlanjutan MUK	74
49	Nilai bersih relasi antar aktor dalam pencapaian tujuan keberlanjutan MUK	75
50	Potongan diagram alir kegiatan penelitian Disertasi, sub kegiatan analisis konten dan kelembagaan	79
51	Beberapa teknik dalam pengumpulan data: a). identifikasi <i>baseline</i> preferensi usaha melalui rapat pendahuluan, b). pengambilan data lapangan, c). penyusunan rencana dan simulasi, d). rapat penetapan	

variable keputusan, e). rapat pembahasan di level unit manajemen , f).	
rapat pembahasan di level direksi	81
52 Kontruksi sistem berpikir multi usaha kehutanan	83
53 Diagram hubungan kausal (CLD) multi usaha kehutanan	85
54 Layar pembuka perangkat SM-MUK	92
55 Layar utama antar muka ( <i>interface</i> ) sub model rencana penggunaan lahan.	93
56 Sektor model 1 dan 2 : peta formulasi karakteristik lahan dan variabel penduga PATH pada masing-masing kluster	93
57 Sektor model 5: peta formulasi potensi awal tegakan hutan pada masing-masing kluster tutupan lahan	94
58 Sektor model 6: peta formulasi arahan kesesuaian penggunaan lahan	95
59 Data luaran PATH dan luas ketersediaan lahan berdasarkan arahan kesesuaian lahan	95
60 Sektor model 9: peta formulasi penapisan	96
61 a). Tabel data pemerincian PATH pada masing-masing blok KPL, dan b). Tampilan tabel data luaran RPL kotor (bruto)	97
62 Contoh kotak dialog peringatan yang menotifikasi kesalahan data input atau keputusan yang tidak logis	98
63 Kodefikasi pilihan jenis komoditas diusahakan	99
64 Sektor model 19: Peta formulasi RPL tahunan	100
65 Tampilan beberapa data luaran sub model RPL.	100
66 Layar utama antar muka ( <i>interface</i> ) sub model HHK.	101
67 Potongan sektor model 25: peta formulasi jumlah pohon dan potensi produksi HHK pada kluster hutan sekunder A	105
68 Sektor model 42: peta formulasi potensi produksi kayu pada unit kelola hutan alam	105
69 Sektor model 50 dan 51: peta formulasi bangunan	109
70 Sektor model 52 dan 53: peta formulasi kebutuhan energi BBM	109
71 Beberapa sektor model: peta formulasi alat dan kendaran	112
72 Sektor model 57: peta formulasi jumlah alat dan kendaran	113
73 Sektor model 60: peta formulasi tenaga kerja PAK	119
74 Sektor model 67: peta formulasi rekapitulasi tenaga kerja	120
75 Sektor model 70: peta formulasi rekapitulasi pendapatan	126
76 Sektor model 74: peta formulasi pembiayaan non produksi	129
77 Sektor model 77: peta formulasi pajak HHK	134
78 Sektor model 80: peta formulasi indikator finansial	136
79 Pilihan jenis HHBK berdasarkan kodefikasi	137
80 Layar utama antar muka ( <i>interface</i> ) sub model HHBK.	137
81 Sektor model 97: peta formulasi pilihan jenis HHBK berdasarkan kodefikasi	141

82	Contoh grafik data luaran : produksi bersih minyak kayu putih (TB SU 1), citronella oil (NTB SU 1) dan gulamerah (NTB SU 2)	141
83	Contoh grafik dinamika total kebutuhan tenaga kerja pada tahun ke-t	142
84	Sektor model 99 dan 101: peta formulasi kebutuhan nutrisi dan lain-lain unit kelola HHBK	143
85	Sektor model 104: peta formulasi kebutuhan kendaraan dan alat pengolahan dan penanaman HHBK	144
86	Sektor model 112: peta formulasi kebutuhan nutrisi dan lain-lain	145
87	Sektor model 99: kebutuhan nutrisi dan lain-lain	146
88	<i>Interface</i> sub model hortikultura	147
89	Sektor model 128 dan 129: peta formulasi model teknik budidaya dan kebutuhan penyediaan pengairan tanaman	147
90	Sektor model 130 dan contoh data luaran luas panen, produktifitas dan produksi tahunan komoditas hortikultura	149
91	Sektor model 139: peta formulasi lemari pendingin dan oven	150
92	Sektor model 145: peta formulasi tenaga kerja penanaman, pemeliharaan dan panen	151
93	Sektor model 99: kebutuhan nutrisi dan lain-lain	152
94	Peternakan sapid an budidaya rumput pakan	153
95	<i>Interface</i> sub model peternakan	153
96	Sektor model 142: peta formulasi ternak	154
97	Contoh grafik proyeksi pertumbuhan populasi ternak A, B dan C dengan 4 [ilihan keputusan pengaturan berbeda	155
98	Sektor model 159: peta formulasi sub model peternakan	162
99	Sektor model 170: peta formulasi tenaga kerja unit kelola peternakan	165
100	Sektor model 170: tenaga kerja unit kelola peternakan	167
101	Contoh grafik kelandaian grafik NPV sebagai salah satu indikator kelayakan usaha dari 4 pilihan keputusan kelola populasi yang berbeda	168
102	<i>Interface</i> sub model peternakan	168
103	Sektor model 178: peta sub model metode ternak	169
104	Sektor 178: pengaturan kolam, panen dan sumber air pasok	170
105	Contoh grafik total produksi perikanan pada tahun ke-t	172
106	Contoh kotak dialog peringatan dalam unit kelola perikanan	173
107	Sektor model 189: peta formulasi alat dan kendaraan pembangunan dan pemeliharaan kolam	175
108	Sektor model 198: peta formulasi tenaga kerja sub unit kelola perikanan	176
109	Sektor 199: peta formulasi rekap tenaga kerja sub unit kelola perikanan	177
110	Sektor model 207: peta formulasi nilai sisa kolam	177
111	Potongan tabel hasil pengolahan data pembiayaan sub unit kelola perikanan	178
112	<i>Interface</i> sub model jasa lingkungan	178

113	Sektor model 210: peta formulasi pendugaan dinamika tegakan pada unit kelola Jasa Lingkungan	180
114	Sektor model 212: peta formulasi rekapitulasi potensi karbon unit kelola Jasa Lingkunga	180
115	Contoh kurva delta dan jumlah karbon dalam mekanisme pembayaran karbon ( <i>PES-Payment Ecosystem Services</i> )	182
116	Contoh data luaran jumlah maksimum kesediaan air yang dapat dijual, jumlah air dijual dan nilai pendapatan air pada tahun ke-t	184
117	Sektor 226: peta formulasi kendaraan dan alat unit kelola jasa lingkungan	185
118	Sektor model 229: peta formulasi tenaga kerja sub unit kelola jasa lingkungan	186
119	Sektor model 232: peta formulasi pembiayaan gaji dan dan contoh hasil pengolahan data pembiayaan unit kelola jasa lingkungan	187
120	Sistem berpikir dalam pendefinisian dan formulasi model sukses, struktur, strata dan tutupan tajuk	188
121	Sektor model 237: peta formulasi rumus pendugaan tutupan tajuk	188
122	Contoh data luaran formulasi tutupan tajuk	189
123	Sistem berpikir dalam pendefinisian dan formulasi tutupan tajuk	190
124	Sektor model 245 dan 247; peta formulasi tutupan tajuk kawasan lindung, konversi dan hutan tanaman	192
125	Sektor model 254: peta formulasi simpanan karbon di unit kelola hutan alam dan contoh data luaran	197
126	Sektor model 265; peta formulasi pemanfaatan air	198
127	Sektor model 273: peta formulasi model rekapitulasi	199
128	Sektor model 280: peta formulasi model rekapitulasi pembiayaan, pendapatan dan indikator finansial semua unit kelola	200
129	<i>Interface</i> sub model ringkasan A	200
130	Contoh tampilan grafik akumulasi sediaan dan sediaan HHK tahunan	201
131	Contoh tampilan grafik akumulasi sediaan dan sediaan tahunan HHBK Pangan	202
132	Contoh tampilan grafik akumulasi sediaan dan sediaan tahunan HHBK Non Pangan	203
133	Contoh tampilan grafik rata-rata akumulasi dan jumlah tahunan tenaga kerja	204
134	Contoh tampilan grafik akumulasi total didiskonto dan jumlah pajak, provisi, iuran dan dana reboisasi serta CSR tahunan	205
135	Contoh tampilan grafik NPV dan cash flow tahunan sebelum didiskonto	206
136	Contoh tampilan grafik perbandingan tutupan tajuk pada 5 alternatif kelola multi usaha kehutanan	207
137	Contoh tampilan grafik perbandingan simpanan karbon pada 5 alternatif kelola multi usaha kehutanan	207

138	Contoh tampilan grafik perbandingan pemanfaatan/upaya perlindungan air pada 5 alternatif kelola multi usaha kehutanan	208
139	<i>Interface</i> sub model ringkasan B	209
140	Contoh penetapan rentang data pada atribut data peninggi	210
141	Potongan diagram alir kegiatan penelitian Disertasi, sub kegiatan analisis keberlanjutan dan strategi implementasi	231
142	Rencana lokasi pemanfaatan lahan berdasarkan jenis usaha	237
143	Pola bangun unit kelola hutan alam intensif per satuan ha	238
144	Rencana lokasi pemanfaatan lahan berdasarkan jenis usaha	241
145	Proyeksi volume air diperdagangkan	242
146	Proyeksi produksi bersih biji kakao kering sesuai keputusan pengaturan petak kelas umur	243
147	Tahapan pengambilan keputusan	244
148	Grafik akumulasi pendapatan dan biaya yang didiskonto serta grafik simpanan karbon dan NPV pada alternatif BAU, E dan H. Sumber: hasil analisis	248
149	Grafik sediaan hasil produksi kayu tahunan (HHK), HHBK pangan (FS) dan HHBK non pangan (NFS pada alternatif BAU, E dan H	248
150	Rekomendasi keputusan untuk 9 alternatif rencana penggunaan lahan Sumber: <i>display</i> pengolahan data melalui Promethee	249
151	Jejaring sumbu keputusan ( <i>GAIA-Geometrical Analysis for Interactive Aid</i> ) pada 4 alternatif di unit sampel RTH	250
152	Grafik akumulasi pendapatan dan biaya yang didiskonto serta grafik simpanan karbon dan NPV pada alternatif BAU, C dan D. Sumber: hasil analisis	251
153	Grafik sediaan hasil produksi kayu tahunan (HHK), HHBK pangan (FS) dan HHBK non pangan (NFS pada alternatif BAU, C dan D	252
154	Rekomendasi keputusan untuk 9 alternatif rencana penggunaan lahan Sumber: <i>display</i> pengolahan data melalui Promethee	253
155	Grafik sumbu keputusan ( <i>GAIA-Geometrical Analysis for Interactive Aid</i> ) pada 4 alternatif di unit sampel RTH	253
156	Diagram hubungan kausal (CLD) deforestasi, pendapatan perkapita ( dan multi usha kehutanan	221
157	Proyeksi Titik Balik Kurva Kuznets Lingkungan Hidup di Indonesia	223
158	Peta hutan Indonesia dan penggunaan lainnya pada tahun 2023	255
159	Dampak penerapan MUK di Indonesia dalam penyediaan hasil hutan kayu	257
160	Grafik peroleh manfat atas penerapan multi usaha kehutanan pada skenario aman dan BAU terhadap serapan tenaga kerja (STK), stok karbon tersimpang (CS) dan penerimaan negara (SR)	258
161	Keterhubungan antara kebutuhan dan penyediaan hasil riset	247

## **DAFTAR LAMPIRAN**

1	Lampiran 1	Form kuisioner analisis wacana	292
2	Lampiran 2	Asumsi-asumsi pokok dalam tata kelola MUK diunit sampel PT. Ratah Timber Hording	297
3	Lampiran 3	Asumsi-asumsi pokok dalam tata kelola MUK diunit sampel PT. Nusantara Ekosistem Lestari	306
4	Lampiran 4	Rencana Penggunaan Lahan unit sampel RTH di usulkan	308
5	Lampiran 5	Rencana Penggunaan Lahan unit sampel RTH pembanding	309
6	Lampiran 6	Rencana Penggunaan Lahan unit sampel NEL di usulkan	310
7	Lampiran 7	Rencana Penggunaan Lahan unit sampel NEL pembanding	311
8	Lampiran 8	Alternatif, proyeksi nilai manfaat, skor keberlanjutan dan pemeringkatan alternatif unit sampel RTH	312
9	Lampiran 9	Alternatif proyeksi nilai manfaat, skor keberlanjutan dan pemeringkatan alternatif unit sampel NEL	313
10	Lampiran 10	Surat Pencatatan Hak Cipta Nomor EC002023130149, Kementerian Hukum dan HAM tanggal 12 Desember 2023.	314
11	Lampiran 11	Panduan penggunaan perangkat super model multi usaha kehutanan (Dokumen lampiran Surat Pencatatan Hak Cipta Nomor)	315
12	Lampiran 12	Laporan hasil pengujian tanah	511
13	Lampiran 13	Matrik penilaian usulan multi usaha kehutanan <i>berdasarkan Kuantitas Ketersediaan dan Kualitas Mutu: Kriteria, Indikator, Kuantitas, Kualitas dan Bobot</i>	521



## I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Klaim Indonesia sebagai negara agraris tidak didukung dengan data rasio luas lahan pertanian per jumlah penduduk yang hanya 0,19 ha/kap (FAO 2020). Angka rasio tersebut lebih rendah dari rata-rata negara-negara maju yang tergabung dalam anggota G-8 (*Group of Eight*), yaitu sebesar 0,39 ha/kap. Luas lahan pertanian per luas daratan pada Negara maju seperti Amerika Serikat, Italia, Jerman, Francis dan Inggris juga lebih tinggi, yaitu sebesar 44% s.d 72%; serta China dan India sebesar 56% dan 60%. Tiga Negara dengan jumlah penduduk terbesar dunia yaitu China, India dan Amerika Serikat memiliki luas lahan budidaya pertanian terbesar dunia. Indonesia sebagai Negara berpopulasi terbesar ke-4 memiliki luas lahan pertanian sebesar 51,3 juta ha (FAO 2020), atau hanya sebesar 32% dari luas daratannya. Data lain menyebutkan jumlah luas lahan yang aktif dibudidaya hanya sebesar 25,1 juta ha dan 11,7 juta ha cadangan lahan pertanian (MoA 2019; MoA 2020), menjelaskan bahwa jumlah lahan pertanian per kapita sesungguhnya dibawah angka rasio 0,19 ha/kap. Kondisi-kondisi demikian diantaranya menyebabkan kerawanan pangan tinggi dan ketahanan pangan yang rendah dan berada di urutan 65 dunia (Susilastuti 2017; Izraelov dan Silber 2019; EIU 2021).

Secara administratif, Indonesia memiliki luas wilayah sebesar 519,3 juta ha, meliputi 327,4 juta ha berupa lautan dan 191,9 juta ha berupa daratan. Selanjutnya, Tata Guna Hutan Kesepakatan (TGHK) membagi wilayah daratan Indonesia dalam 4 fungsi penggunaan, meliputi hutan konservasi, hutan lindung, hutan produksi dan areal penggunaan lain. Kesepakatan dalam TGHK sejauh ini tidak tetap karena mengalami beberapa perubahan dan koreksi. Setidaknya tercatat 334 amar Mahmakah Agung paska TGHK direglasikan melalui Keputusan Menteri Pertanian No.759/Kpts/ UM/10/1982. Hingga saat ini, kesepakatan terkoreksi dengan luas hutan konservasi sebesar 21,9 juta, luas hutan lindung sebesar 29,6 juta ha, luas hutan produksi sebesar 68,8 juta ha dan luas areal penggunaan lain sebesar 67,4 juta ha (MoEF 2019a). Sehingga demikian, luas daratan Indonesia yang difungsikan sebagai hutan adalah sebesar 120,4 juta ha atau 64,1% dari total luas daratan.

Dalam perspektif lingkungan hidup, Indonesia yang terdaftar sebagai 17 negara pemilik mega-biodiversitas dunia memiliki 25.000 jenis tumbuhan berbunga, 515 jenis mamalia, 781 jenis reptil, 1.592 jenis burung, 270 jenis amibi; masing-masing berada di urutan ke-2 s.d ke-6 terbesar dunia (von Rintelen *et al.* 2017; CBD 2020). Informasi tersebut menjustifikasi dominasi hutan terhadap wilayah daratannya dan menjadi negara pemilik luas hutan terbesar ke-8 dunia. Namun dalam perspektif pembangunan ekonomi, nilai perdagangan sektor kehutanan Indonesia terhadap nilai perdagangan dunia hanya sebesar 3,59%, dimana lebih kecil daripada Jerman, Finlandia dan Swedia yang luas hutannya hanya 9,5 s.d 23,1% dari luas hutan Indonesia (FAO 2020; GFRA 2020). Dalam perspektif kependudukan dan pertanian, jumlah penduduk Indonesia adalah sebesar 273,5 juta jiwa (UNPF 2021) dengan laju pertumbuhan sebesar 1,31% per tahun (BPS-Statistics Indonesia 2020a). Sebesar 13% PDB dan 36,8 juta jiwa penduduk saat ini bergantung dan bekerja di sektor pertanian. Indonesia adalah negara

produsen terbesar ke-3 namun sekaligus sebagai negara pengimpor beras terbesar ke-2 di dunia (FAO 2020). Enam dari 9 kelompok komoditas pangan mengalami defisit perdagangan, antara lain pada kelompok komoditas biji-bijian, gula/tebu, daging dan minuman serta bahkan telur dan buah-buahan (FAO 2020). Pertanian Indonesia juga memiliki daya saing yang rendah untuk komoditas strategisnya (Rum dan Rijoly 2020a; Sugiharti *et al.* 2020). Sebagai contoh pada komoditi kopi, Indonesia merupakan negara penghasil kopi terbesar ke-3 dunia namun hanya memasok 4,2% perdagangan kopi di Uni Eropa (Martauli 2018; Sindy dan Salam 2019). Pemenuhan standar SDGs, produktifitas, rantai pasok, pendanaan, konservasi dan dampak sosial ekonomi dan lingkungan masih menjadi kendala dalam pembangunan pertanian Indonesia untuk komoditas kelapa sawit, karet, tembakau, kedelai, tebu dan komoditas unggulan lainnya (Nurfatriani *et al.* 2015; Andrianto *et al.* 2019; Nurfatriani *et al.* 2019; Sindy dan Salam 2019; Prajanti *et al.* 2020a; Purnomo *et al.* 2020).

Uraian di atas menjelaskan kinerja rendah sektor pertanian dan kehutanan Indonesia. Saat ini diskursus Multi Usaha Kehutanan (MUK) diwacanakan untuk memperkuat kinerja tersebut melalui optimasi pemanfaatan lahan hutan produksi dan cadangan lahan pertanian dalam menyediakan multi produk dan jasa lingkungan, antara lain; kayu, hasil hutan bukan kayu, bahan pangan, ekowisata, konservasi, tata air dan lain-lain (Pyatt 1993; Kindler 2016; Nölte *et al.* 2018). Diskursus terutama dilatarbelakangi pada kinerja tata kelola lahan hutan produksi yang sangat rendah. Di Sumatera, Kalimantan, Maluku dan Papua, jumlah lahan efektif yang diusahakan melalui budidaya kehutanan hanya sebesar 10,06 juta ha dari 45,5 juta potensi luas hutan produksi tersedia (Suryanto dan Sayektinginsih 2020). Minat investasi dalam usaha budidaya kehutanan juga sangat kecil, diindikasi dari jumlah luas konsesi aktif dalam usaha kehutanan hanya sebesar 20,8 juta ha, sekaligus menjelaskan bahwa 48 juta ha lahan HP tidak diusahakan. Melalui Rencana Kehutanan Tingkat Nasional 2011-2030, Indonesia menetapkan target bahwa pada tahun 2030 dan seterusnya, produksi kayu bulat dapat mencapai 376,5 juta m<sup>3</sup>/tahun, namun demikian, catatan produksi kayu bulat pada tahun 2013 s.d 2020 masih jauh dibawah angka tersebut, yaitu sebesar 38,61 juta m<sup>3</sup> s.d 61,02 juta m<sup>3</sup>. Kinerja rendah tersebut ikut menyumbang penyebab kontribusi sektor kehutanan yang hanya sebesar 0,6% dalam PDB Nasional (MoF 2011; BPS-Statistics Indonesia 2019; MoEF 2019b; BPS-Statistics Indonesia 2020a; BPS-Statistics Indonesia 2020b; Suryanto dan Sayektinginsih 2020).

## 1.2 Rumusan Masalah

Diskursus penguatan kinerja sektor kehutanan dan pertanian Indonesia dilatar-belakangi pada tiga situasi masalah, yaitu: a) lemahnya klaim Indonesia sebagai negara agraris dan kehutanan, b). defisit dalam pemenuhan kebutuhan bahan pangan dan papan untuk jumlah penduduk yang besar, dan c). potensi lahan tersedia pada hutan produksi dan cadangan lahan pertanian yang tinggi. Pilihan penguatan meliputi intensifikasi atau ekstensifikasi, namun kombinasi keduanya menjadi pilihan realistik dalam upaya menghindari krisis bahan pangan dan papan masa akan datang akibat pertumbuhan penduduk Indonesia yang cukup tinggi. Dengan asumsi bahwa inovasi dan penerapan teknologi budidaya di Indonesia sudah membaik dalam meningkatkan produktifitas dan produksi beberapa

komoditas kehutanan dan pertanian (Tan *et al.* 2016; Tothmihaly dan Ingram 2019), maka ekstensifikasi melalui pembangunan lahan-lahan budidaya kehutanan dan pertanian baru merupakan alternatif paling mungkin (Fuglie 2010; Syuaib 2016). Transmigrasi dan *food estate* adalah dua metode ekstensifikasi berdampak positif (Imbernon 1999; Fuglie 2010; Potter 2012; Nova 2016; Sitorus 2019; Lasminingrat dan Efriza 2020) yang membutuhkan pembiayaan tinggi bersumber pemerintah untuk pembangunan irigasi dan bangunan teknis lainnya serta pembiayaan lingkungan, sosial dan finansial lainnya (Fearnside 1997; Setyo dan Elly 2018). Multi Usaha Kehutanan (MUK) yang diwacanakan menawarkan ide ekstensifikasi melalui mekanisme pembiayaan swasta atau kombinasi pemerintah-swasta melalui pengembangan industri kehutanan dan pertanian di lahan hutan produksi dan hutan lindung (MoEF 2021a). Ruang implementasi tersedia di konsesi usaha budidaya kehutanan di 4 region (Sumatera, Kalimantan, Maluku dan Papua), baik di 342 konsesi aktif dengan jumlah luas 20,8 juta ha maupun di 120 konsesi tidak aktif (*suspend*) dengan jumlah luas 6,9 juta ha (BPS-Statistics Indonesia 2017). Ruang implementasi tidak menutup kemungkinan meningkatkan minat investasi di 48 juta ha lahan hutan produksi dan 11,77 juta ha cadangan lahan pertanian di areal penggunaan lain yang sejauh ini tidak diusahakan (MoA 2020).

MUK adalah sebuah konsep pengembangan multiguna hutan (*multipurpose forest*) (Simončič dan Bončina 2015; Kindler 2016; Nölte *et al.* 2018). Sejauh ini wacana MUK menghadapi perdebatan terkait isu deforestasi (Tsujino *et al.* 2016; Miyamoto 2020), okupasi dan perubahan tutupan lahan (Maladi 2013; Margono *et al.* 2014; Suwarno *et al.* 2018), penebangan liar dan kebakaran (Schmitz 2016; Carlson *et al.* 2018) serta ekologi, sosial dan ekonomi (Szulecka *et al.* 2016; Kassa *et al.* 2017; Sharma *et al.* 2018). Termasuk perdebatan terkait jenis komoditas dan bentuk pemanfaatan lahan, apakah agroforestry dalam mainstream *land sharing* atau dalam bentuk unit usaha terpisah antar komoditas dalam mainstream *land sparing*? (Kremen 2015; Paul dan Knoke 2015; Phalan 2018; Loconto *et al.* 2020). Sehingga demikian, MUK mengandung kompleksitas dan resiko yang tinggi, baik resiko terhadap lingkungan maupun resiko terhadap usaha dalam memilih keputusan dari banyaknya pilihan keputusan dalam pengelolaannya, hasil dari permutasi beragam variabel kunci keputusan. Pertanyaan pentingnya adalah bagaimana cara cepat mengolah data untuk menyediakan proyeksi luaran berikut mengevaluasi masing-masing alternatif sehingga diperoleh satu pilihan keputusan yang optimum, yaitu pilihan yang sesuai dengan kondisi biofisik, finansial dan daya dukung lainnya serta memenuhi kaidah keberlanjutan berdasarkan kriteria dan indikator ekologi, ekonomi dan sosial (Lambin *et al.* 2011; Barrette *et al.* 2014; Noer 2016; Bonny 2019; Martin *et al.* 2020; Shen *et al.* 2020). Pertanyaan penting lainnya terkait kelembagaan yang efektif dalam penerapan MUK, yang sejauh ini KLHK memiliki kinerja yang rendah dalam tata kelola hutan produksi sebagai ruang penerapan MUK (Suryanto dan Wahyuni 2016; Suryanto *et al.* 2018; Suryanto dan Sayektinginsih 2020). Penelitian ini secara komprehensif akan menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut, yang dirumuskan dalam 3 pertanyaan penelitian sebagai berikut:

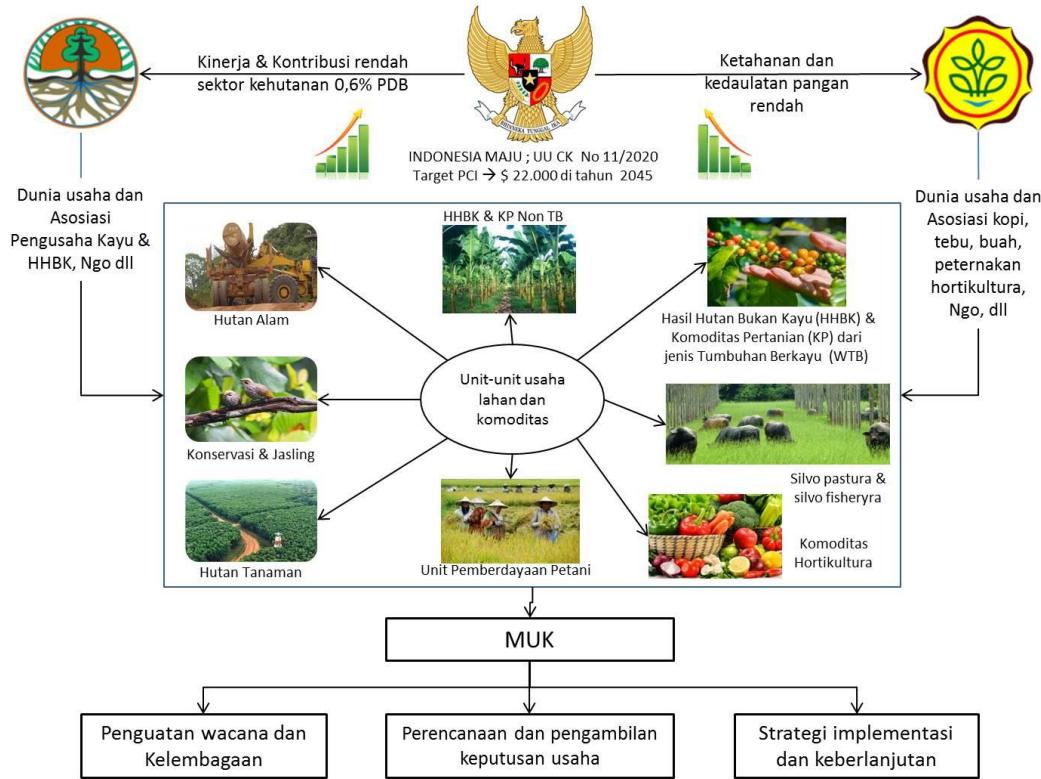
1. Sejauhmana pemahaman, percakapan dan penerimaan atau penolakan terkait wacana multi usaha kehutanan serta kelembagaan yang efektif dalam tata

- kelola Multi Usaha Kehutanan yang dapat memastikan adanya manfaat ekonomi dan sosial serta meminimalkan dampak ekologi?
2. Bagaimana menyeleksi alternatif dalam beragam pilihan jenis usaha, penggunaan lahan dan komoditas serta metode, teknik hingga pembiayaan berdasarkan kondisi tipologi, kesesuaian lahan, serta aspek keberlanjutannya secara ekologi, ekonomi dan sosial?
  3. Bagaimana strategi implementasi Multi Usaha Kehutanan secara Nasional?

### **1.3 Kerangka Pemikiran**

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi *ex-ante* untuk menghasilkan rekomendasi dan prediksi masa akan datang terhadap wacana multi usaha kehutanan (MUK). Kerangka pikir mengait pada nawa cita Indonesia Maju yang disampaikan dalam pidato pelantikan Presiden tanggal 20 Oktober 2019. MUK dapat didorong sebagai salah satu kontribusi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) dan Kementerian Pertanian (Kementan) untuk pencapaian target peningkatan pendapatan per kapita hingga \$22.000/orang/tahun pada tahun 2045. MUK diproyeksikan menjadi salah satu program yang dapat meningkatkan minat investasi di lahan-lahan hutan produksi yang terfragmentasi melalui beragam unit-unit usaha budidaya komoditas kehutanan melalui unit usaha tata kelola hutan alam dan hutan tanaman, pertanian melalui unit usaha tata kelola hasil hutan bukan kayu dari komoditas tumbuhan berkayu maupun tidak berkayu serta hortikultura, peternakan dan perikanan dan jasa lingkungan melalui unit usaha perlindungan dan pemanfaatan jasa air, karbon dan ekowisata. MUK dihipotesakan sebagai pilihan kebijakan yang logik untuk meningkatkan kinerja KLHK dan Kementan yang sejauh ini berkinerja rendah dalam pemanfaatan lahan hutan produksi dan cadangan lahan pertanian. Perdebatan serta kompleksitas masalah dan tantangan perlu dijawab dengan penelitian yang komprehensif untuk menguatkan wacana, merekomendasikan kelembagaan yang efektif dan menyediakan alat bantu pengambilan keputusan berusaha untuk pelaku usaha yang sekaligus menjadi alat bantu evaluasi dan penilaian untuk regulator serta aspek keberlanjutannya.

Seperti disajikan pada Gambar 1, penelitian dimulai dengan penguatan wacana melalui analisis isi (*content analysis*), yang kemudian dilanjutkan dengan menyediakan rekomendasi penguatan kelembagaan melalui analisis kelembagaan. Terakhir, penelitian dilengkapi dengan perangkat pengambilan keputusan yang akan memudahkan pengguna untuk memilih dan mengevaluasi alternatif berdasarkan kesesuaian dengan tipologi lahan dan strategi yang menjamin keberlanjutan multiusaha kehutanan secara Nasional.



Gambar 1 Kerangka pemikiran

#### 1.4 Tujuan

Tujuan utama penelitian ini adalah menyediakan informasi keberlanjutan dan strategi implementasi Multi Usaha Kehutanan. Tujuan utama tersebut didukung dengan 2 tujuan antara, secara rinci sebagai berikut:

1. Penguatan wacana dan kelembagaan multi usaha kehutanan dalam upaya peningkatan kinerja sektor kehutanan dan pertanian Indonesia.
2. Menyediakan perangkat model pengambilan keputusan Multi Usaha Kehutanan berdasarkan multikriteria keberlanjutan.
3. Menyediakan informasi keberlanjutan dan strategi implementasi Multi Usaha Kehutanan secara Nasional.

#### 1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pelaksanaan dan penerapan hasil penelitian adalah Indonesia, khususnya di lahan kering dalam kawasan hutan produksi yang terfragmentasi dan lahan cadangan pertanian. Penelitian memuat rangkaian studi-studi perencanaan dalam penggunaan lahan, komoditas kehutanan dan pertanian, jasa lingkungan, finansial, makro ekonomi dan penyerapan tenaga kerja.

#### 1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan menjadi sumber rujukan dan rekomendasi upaya peningkatan kinerja dalam pemanfaatan lahan hutan produksi dan cadangan lahan pertanian untuk penguatan sektor kehutanan dan pertanian dalam pembangunan berkelanjutan. Proyeksi manfaat dari penerapan hasil penelitian ini antara lain:

1. Terbangunnya kelembagaan yang efektif dalam implementasi tata kelola multi usaha kehutanan (MUK).
2. Peningkatan minat investasi; perangkat model pengambilan keputusan multi usaha kehutanan yang disediakan dapat difungsikan sebagai media pembelajaran cepat (*learning process*) dalam menyediakan proyeksi manfaat dan dampak dari pilihan-pilihan keputusan investasi berdasarkan kondisi daya dukung biofisik, pilihan komoditas, keteknikan dan pemodalannya serta indikator-indikator luaran terkait produksi, pendapatan, penggunaan alat dan mesin, ketenagakerjaan, pajak serta aspek finansial yang terukur.
3. Mengefektifkan kinerja dalam kepengurusan MUK oleh regulator melalui model yang sama sebagai alat bantu pengambilan keputusan perijinan dan evaluasi, termasuk dalam memproyeksikan dan menetapkan target dan tolok ukur pengusahaan secara berkelanjutan kepada penerima ijin usaha.
4. Penguatan dan percepatan implementasi MUK, sehingga mendorong dampak tidak langsung dalam peningkatan penggunaan dan tutupan lahan hutan, peningkatan produksi komoditas kehutanan dan pertanian, jasa lingkungan, dampak sosial dan manfaat ekonomi, baik secara mikro ekonomi dan makro ekonomi (Produk Domestik Bruto sektor Pertanian dan Kehutanan)

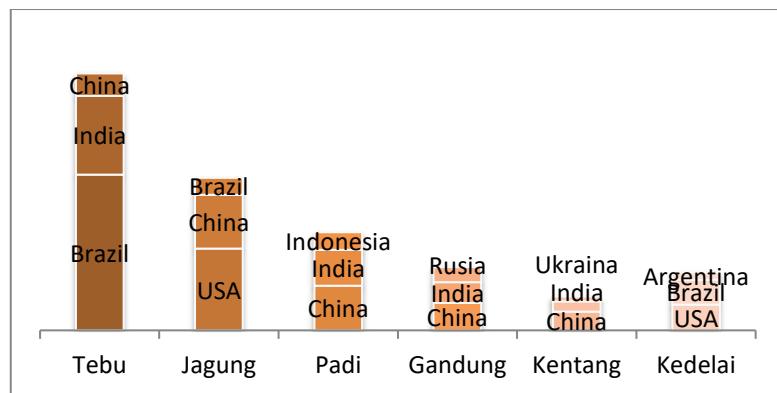
### **1.7 Kebaruan (*novelty*)**

Kebaruan dalam penelitian adalah perangkat model yang dijalankan melalui perangkat lunak sistem dinamik sebagai alat bantu pengambilan keputusan investasi dan evaluasi Multi Usaha Kehutanan yang secara cepat dan akurat menyediakan informasi keberlanjutan dari pilihan-pilihan keputusan usaha. Perangkat model tersebut diberi nama Super Model Multi Usaha Kehutanan (SM-MUK) dan telah terdaftar sebagai Hak Cipta melalui Surat Pencatatan Ciptaan Nomor EC002023130149 dari Kementerian Hukum dan HAM tanggal 12 Desember 2023. Kebaruan lainnya adalah kelembagaan yang efektif dan strategi implementasi Multi Usaha Kehutanan secara Nasional.

## II TINJAUAN PUSTAKA

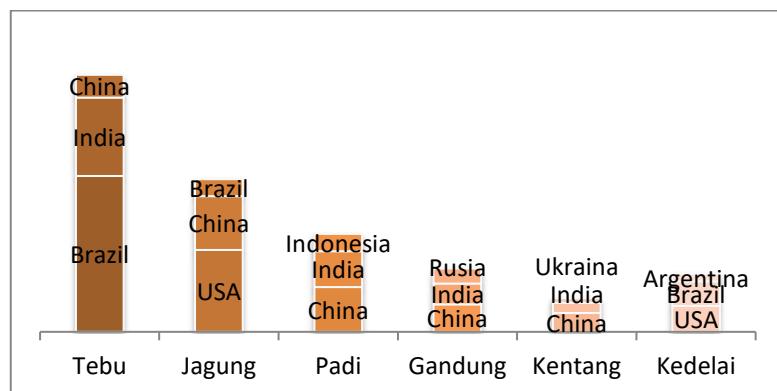
### 2.1 Pertanian dan Kehutanan Indonesia

Data rilis *Food and Agricultural Organization* (FAO) menjustifikasi lemahnya alasan Indonesia mempertahankan klaimnya sebagai salah satu negara agraris di dunia. Seperti disajikan pada Gambar 2 dan 3, Indonesia adalah negara produsen beras ke-3 namun sekaligus sebagai negara pengimpor beras terbesar ke-2 dunia (FAO 2020). Melengkapi 3 komoditas pangan dengan tingkat konsumsi tertinggi, Indonesia juga mengimpor jagung dan kedelai (Permadi 2015; FAO 2020; Malik dan Nainggolan 2020). Pada tahun 2018, Indonesia mengimpor beras dan jagung sebesar 2.253,7 dan 737,2 ribu ton, sementara itu, produksi kedelai Indonesia hanya sebesar 924 ribu ton (FAO 2020) untuk memenuhi 47,7% permintaan kedelai Indonesia (Malik dan Nainggolan 2020) dengan proyeksi pertumbuhan permintaan sebesar 6,81% per tahun karena pertumbuhan penduduk (Permadi 2015; Malik dan Nainggolan 2020). Selain juga pengimpor besar komoditas Gandum, Indonesia juga mengimpor gula dan kentang, sehingga gagal menjadi negara produsen 6 komoditas pertanian utama dunia.



Gambar 2 Negara penghasil 6 komoditas utama terbesar dunia

Sumber: FAO 2020



Gambar 3 Negara importir dan eksportir terbesar untuk komoditas gandum, jagung dan beras Sumber: FAO 2020

Secara strategis, ketahanan pangan menjelaskan aspek makro dan mikro terkait ketersediaan, stabilitas, akses dan penggunaan pangan (Badan Ketahanan Pangan 2020). Saat ini, Indonesia berada di urutan ke-65 berdasarkan indek ketahanan pangan Global dengan nilai skor 59,5 (EIU 2021). Beberapa indikator yang dikembangkan oleh *Global Food Security Index* menjelaskan bahwa Indonesia perlu mengatasi akar masalah penyebab kerawanan pangan melalui kebijakan yang efektif untuk menciptakan sistem pangan yang lebih baik (Badan Ketahanan Pangan 2020; EIU 2021). Indikator-indikator tersebut antara lain; a) berada di urutan ke-109 dunia dalam hal ketergantungan karena 10% pangan bergantung pada impor, b). berada di urutan ke-34 dalam hal ketersediaan pangan dengan nilai skor 45 dan 28 dari total skor 100 dalam indikator dukungan infrastruktur serta riset dan pengembangan pertanian, c). berada di urutan ke-55 dan ke-89 dalam hal keterjangkauan dan keamanan pangan (EIU 2021).

Paradoks juga tersaji di sektor kehutanan. Sebagai Negara pemilik hutan terluas ke-8 dunia, persentase nilai perdagangan komoditas kehutanan Indonesia terhadap nilai perdagangan dunia hanya sebesar 3,59%. Seperti disajikan pada Tabel 1, nilai perdagangan komoditas kayu dan hasil hutan ikutan lainnya bahkan lebih kecil dari Jerman, Finlandia dan Swedia yang memiliki luas hutan yang jauh lebih kecil dari luas hutan Indonesia (FAO 2020; GFRA 2020).

Tabel 1 Luas hutan dan nilai perdagangan Indonesia dari sub sektor kehutanan dan perbandingannya dengan 4 negara lain.

Dunia		269.918,0	
USA	309.795	28.270,1	10,47%
Indonesia	92.133	9.678,2	3,59%
Jerman	11.419	20.708,0	7,67%
Finlandia	22.409	14.680,5	5,44%
Swedia	27.980	14.440,4	5,35%

Sumber : *Food and Agricultural Organization Statistics* (FAO 2020) dan *Global Forest Resouches Assement* (GFRA 2020)

## 2.2 Pemanfaatan Lahan Hutan Produksi dan Pertanian

Pertanian dan kehutanan menghasilkan berbagai barang yang sangat penting bagi kelangsungan hidup dan kesejahteraan manusia, termasuk pangan dan kayu, serta bahan baku biomassa untuk bioenergi, biokimia, dan biomaterial. Seiring dengan meningkatnya populasi global, tantangan untuk menemukan keseimbangan yang dapat diterima antara perolehan makanan dan bahan mentah oleh manusia serta dampak produksi tersebut terhadap iklim, alam, lingkungan, dan manusia juga meningkat. Tata kelola berkelanjutan yang adaptif menjadi salah satu alat yang paling berguna untuk menemukan kesepakatan di antara para pemangku kepentingan mengenai tujuan keberlanjutan dan kriteria serta indikator untuk mengukur kemajuan menuju tujuan tersebut (Stupak, Mansoor, *et al.* 2021; Stupak, Smith, *et al.* 2021).

Pengelolaan hutan Indonesia dimulai tahun 1953 dengan penguasaan tanah oleh Negara, yang sejak tahun 1957 menganut prinsip multiguna (*multi purpose*). Namun demikian, eksplorasi dipilih sebagai cara tata kelola hutan dalam narasi

besar pembangunan nasional yang berorientasi pada pertumbuhan ekonomi dan sentralistik. Perubahan lanskap hutan akibat permintaan manusia terhadap lahan hutan dari waktu ke waktu menghasilkan kesepakatan penggunaan lahan menjadi 4 fungsi penggunaan lahan dalam Tata Guna Hutan Kesepakata (TGHK) pada tahun 1982. Konflik kepentingan mewarnai proses kesepakatan luas, yang sejauh ini meliputi 4 fungsi penggunaan lahan,yaitu : a). Hutan Konservasi seluas 21,9 juta ha, b). Hutan Lindung dengan luas 29,6 M ha, c). Hutan produksi dengan luas 68,8 juta ha dan, d). Areal Pemanfaatan Lainnya dengan luas 67,4 M ha (GOI-Government of Indonesia 1953; GOI 1957; ROI-Republic of Indonesia 1967; ROI 1967; ROI 1968; GOI 1970; Ministry of Agricultural 1982; Nurjaya 2005; Indrawan 2008; MoEF 2019a).

Hutan produksi adalah salah satu fungsi penggunaan hutan selain hutan konservasi dan hutan lindung untuk menghasilkan hasil hutan kayu, hasil hutan bukan kayu dan jasa lingkungan (RoI 2007). Berdasarkan rencana tata ruang, hutan produksi meliputi hutan produksi yang dipertahankan sebagai hutan seluas 56 juta ha dan hutan yang dapat dikonversi untuk pengembangan budidaya sawit, kopi, karet, teh dan lain-lain seluas 12,8 juta ha (Kartodihardjo dan Supriono 2000).

Memasuki dekade ke-5 pengelolaannya, lahan hutan produksi terbagi dalam 4 jenis tutupan hutan dengan masing-masing luasnya, yaitu: a). hutan primer (16,9 juta ha), b). hutan sekunder (24,5 juta ha), c). hutan tanaman (2,9 juta ha) dan d). tidak berhutan (24,4 juta ha ) (MoEF 2017a; MoEF 2017b; MoEF 2019a). Data tersebut menjelaskan adanya variasi tutupan lahan sebagai salah satu indikator fragmentasi. Fragmentasi hutan dan mainstream budidaya kehutanan yang masih berorientasi kayu menjadi penyebab kinerja rendah tata kelola hutan produksi (Suryanto, Nurrochmat, Prijono, *et al.* 2010) dan memerlukan perubahan tata kelola yang lebih baik (Suryanto dan Wahyuni 2016; Suryanto *et al.* 2018). Fragmentasi dihasilkan dari jumlah lahan tidak berhutan yang telah mencapai angka 24,4 juta ha dari 68,8 juta ha lahan tersedia.

Hal lain terkait kinerja rendah tata kelola hutan produksi adalah data penggunaan lahan yang rumit karena ketidak-sinkronan data dari 3 sumber data resmi. Seperti disajikan pada Tabel 2, analisis terhadap data pada tahun yang sama (2017) menghasilkan perbedaan penyajian data antara Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) dan Badan Pusat Statistik (BPS). Juga terdapat perbedaan data rincian dari sumber yang sama (KLHK) (Suryanto dan Sayektinginsih 2020). Analisis lebih dalam melalui pendekatan data luas lahan efektif (Tabel 3), produksi dan produktifitas lahan (Tabel 4), Suryanto dan Sayektinginsih (2020) memaparkan secara ekstrim bahwa ada dua hal yang melatarbelakangi kerumitan data. Pertama, jumlah luas lahan yang efektif diusahakan jauh lebih kecil, yaitu hanya sebesar 10,06 juta ha, yaitu sebesar 6,73 juta ha di mainstream kelola hutan alam dan 3,33 juta ha di hutan tanaman. Kedua, sesuai dengan laporan Komisi Pemberantasa Korupsi (KPK), terjadi kebocoran produksi kayu dan tidak efektifnya penegakan hukum yang mengakibatkan “ekonomi bayangan” dari banyaknya produksi kayu yang tidak dilaporkan dan atau diproduksi secara illegal (ICEC 2015).

Tabel 2 Fragmentasi tutupan lahan berdasarkan potensi kayu tersedia di unit konsesi aktif

Hutan primer dan bekas tebangan berpotensi kayu tinggi	45,36%
Hutan bekas tebangan berpotensi kayu sedang	17,44%
Hutan bekas tebangan berpotensi kayu rendah	21,47%
Areal dilindungi dan penggunaan lain	15,73%

Sumber : (Suryanto dan Sayektinginingsih 2020)

Tabel 3 Jumlah unit dan luas area konsesi berdasarkan tiga sumber data berbeda

Sumber data	Uraian	Hutan Alam		Hutan Tanaman	
		Unit	Luas (jt ha)	Unit	Luas (jt ha)
Statistik KLHK Tahun 2017	Umum	248	18.33	275	10.70
BPS Statistik 2017	Konsesi aktif	187	14.84	155	6.00
	Konsesi tidak aktif	76	5.12	44	1.82
Statistik tutupan lahan KLHK 2017	Tutupan lahan				5.12

Sumber : (Suryanto dan Sayektinginingsih 2020)

Tabel 4 Tingkat kepercayaan terhadap data berdasarkan pendekatan luas efektif penggunaan lahan dengan data produksi dan produktifitas lahan di unit usaha hutan alam dan hutan tanaman di Indonesia

Skenario	Variable Analyzed				Produksi	Tingkat kepercayaan
	LK	LEPL	LEPL T	Produktifitas		
<b>Tata kelola Hutan Alam</b>						
A	18.33	15.45	0.44	12.23	20.82	Sangat rendah
B	18.33	11.51	0.33	16.41	18.48	Sangat rendah
C	18.33	8.32	0.24	22.71	15.51	Rendah
D	14.84	6.73	0.19	28.06	13.29	Memadai
<b>Tata kelola Hutan Tanaman</b>						
E	10.70	6.95	1.16	32.60	118.40	Sangat rendah
F	6.0	3.90	0.65	58.14	66.39	Rendah
G	5.12	3.33	0.55	68.09	56.69	Memadai
Pendugaan di kelola HT	5.12	2.22	0.37			

Sumber : (Suryanto dan Sayektinginingsih 2020), dimodifikasi

LK: Luas Konsesi, Skenario A: menggunakan data KLHK dengan asumsi luas efektif penggunaan lahan (LEPL) pada lahan berpotensi tinggi, sedang dan rendah sebesar 84.47% dari LK; ; Skenario B: menggunakan data KLHK dengan asumsi LEPL 62.80%; Skenario C: menggunakan data KLHK dengan asumsi LEPL 45.36%; Skenario D: menggunakan data BPS dengan asumsi LEPL 45.36%; Scenario E: menggunakan data KLHK; Skenario F: menggunakan data BPS; Skenario G: menggunakan data KLHK

### 2.3 Pembangunan Berkelanjutan

Sumber daya alam dunia dan pengelolaannya yang berkelanjutan telah diterima sebagai visi bersama tentang kehutanan dan sektor kehutanan, yang saat ini berkisar pada gagasan pemanfaatan fungsi dan jasa ekosistem yang berkontribusi untuk kesejahteraan masyarakat modern, perkembangan ilmu pengetahuan, kebijakan kehutanan serta pengelolaan yang memberikan manfaat sosial, ekonomi, lingkungan, dan budaya (Corona dan Marchetti 2007; Corona 2010; Kindler 2016). Secara konseptual, keberlanjutan terdiri dari 3 aspek, yaitu: a) artefak, terkait tentang objek keberlanjutan dan gambaran konkret tentang apa

yang harus diberlanjutkan, b). orientasi tujuan, apakah bersifat relatif dari kondisi dan masalah saat ini untuk dilakukan perbaikan atau berdasarkan tolok ukur yang ditetapkan (absolut); dan c). perilaku dan interaksi, apakah perubahannya bersifat statis atau dinamis (Faber *et al.* 2005; Fauzi 2019).

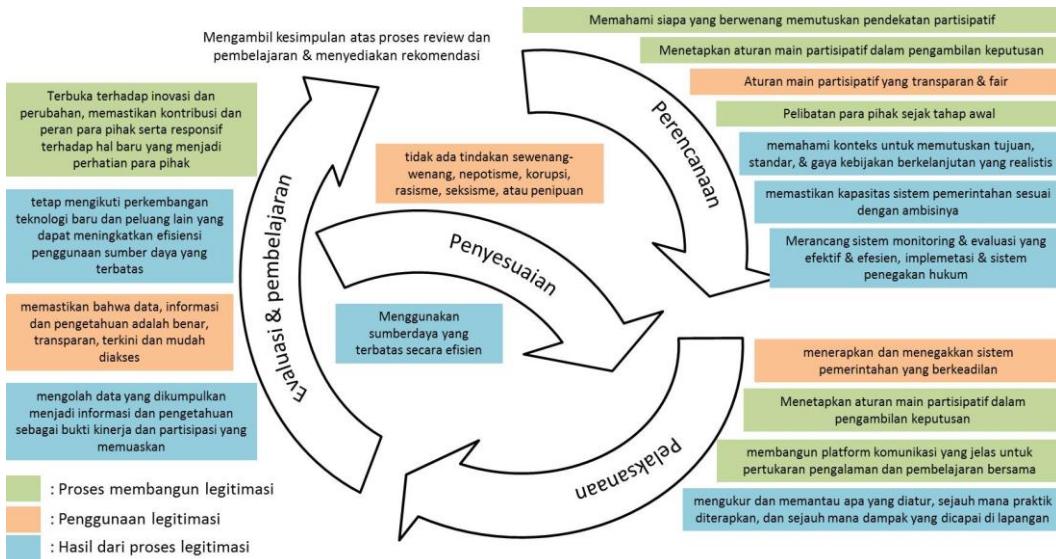
Perubahan penggunaan lahan di lanskap hutan-pertanian menghadirkan ancaman dan peluang bagi hutan, masyarakat, dan iklim. Intervensi inovasi berdasarkan kelembagaan, insentif dan/atau informasi bertujuan untuk mempengaruhi bagaimana dan di mana pertanian komoditas dilakukan terkait dengan hutan (Newton *et al.* 2013). Besarnya perubahan berarti peningkatan besar dalam permintaan terhadap produk-produk hutan dan hasil pertanian dimana lahan hutan mungkin harus dibuka. Penyesuaian kebijakan dan imajinasi pengambilan keputusan yang besar akan diperlukan. Namun perlu dimaknai bahwa populasi global yang lebih besar, lebih kaya, lebih berpendidikan tinggi, dan lebih sadar lingkungan menciptakan peluang usaha yang berwawasan lingkungan (Hudson *et al.* 2013).

Pembangunan berkelanjutan dapat tercapai dengan mengedepankan komunikasi konstruktif antar pemangku kepentingan untuk mencapai saling pengertian (Ardian dan Azahari 2020).

Pembangunan berkelanjutan adalah pembangunan yang dilakukan untuk memenuhi kebutuhan generasi sekarang dengan tetap mempertimbangkan pemenuhan kebutuhan generasi yang akan datang. Tujuan dari pembangunan berkelanjutan dijabarkan di dalam SDGs (*Sustainable Development Goals*) yang telah menjadi agenda di kalangan internasional. Terdapat sebanyak 17 poin dalam SDGs antara lain tanpa kemiskinan, tanpa kelaparan, kesehatan yang baik dan sejahtera, pendidikan berkualitas, kesetaraan gender, air bersih dan sanitasi, energi bersih dan terjangkau, pertumbuhan ekonomi dan pekerjaan yang layak, industri, inovasi dan infrastruktur, mengurangi kesenjangan, keberlanjutan kota dan komunitas, konsumsi dan produksi bertanggung jawab, aksi terhadap iklim, kehidupan bawah laut, kehidupan di darat, institusi peradilan yang kuat dan kedamaian, dan kemitraan untuk mencapai tujuan (Le Blanc 2015).

Inisiatif dan sistem tata kelola keberlanjutan secara kuantitatif telah meningkat secara dramatis. Namun demikian, masih terdapat kekhawatiran yang sangat besar mengenai dampak keberlanjutan yang tidak diinginkan dari kegiatan ekonomi dan subsisten serta kritik bahwa tata kelola keberlanjutan yang ada gagal mencapai tujuan dan keberlanjutan secara keseluruhan. Kita dapat menyebutnya sebagai krisis tata kelola keberlanjutan. Baik keberlanjutan maupun tata kelola lingkungan berbeda sifatnya dengan banyak bidang kebijakan lainnya karena kompleksitas tujuan dan ketidakpastian atau ambivalensi yang terkandung di dalamnya. Termasuk bagaimana desain sistem tata kelola keberlanjutan dikaitkan dengan pemberian legitimasi masyarakat terhadap sistem tersebut dan kepercayaan bahwa sistem tersebut memberikan hasil yang lebih berkelanjutan; bagaimana hubungan ini bergantung pada berbagai faktor kelembagaan, ekonomi, sosial dan lingkungan? Model tata kelola yang adaptif seperti disajikan Gambar 4 adalah konsep yang ditawarkan untuk menganalisis dan menemukan solusi terhadap situasi dengan krisis legitimasi dan kepercayaan yang kompleks, di mana sistem tata kelola digunakan untuk memperoleh kepercayaan terhadap keberlanjutan kebijakan dan

praktik tertentu. Model menggambarkan desain sistem tata kelola keberlanjutan dikaitkan dengan efektivitasnya, pemberian legitimasi oleh masyarakat terhadap sistem tersebut, dan pemberian kepercayaan mereka terhadap kegiatan yang dikelola sebagai solusi yang mendorong keberlanjutan yang adaptif (Stupak, Mansoor, *et al.* 2021; Stupak, Smith, *et al.* 2021).



Gambar 4 Model tata kelola keberlanjutan yang adaptif serta keterkaitannya dengan prinsip-prinsip dan kriteria terbuka untuk tata kelola berkelanjutan yang baik. Sumber: (Stupak, Mansoor, *et al.* 2021)

## 2.4 Analisis Wacana

Wacana adalah keseluruhan tutur yang merupakan satu kesatuan bahasa yang lengkap yang disampaikan melalui komunikasi verbal atau percakapan atau tulisan yang memuat konsep pikir yang sistematis (KBBI 2020), merupakan satuan bahasa terlengkap yang direalisasikan dalam bentuk karangan yang utuh atau yang membawa amanat yang lengkap (Kridalaksana 2008).

Analisis wacana atau konten mempelajari dan menganalisis komunikasi secara objektif, sistematik, dan kuantitatif terhadap suatu pesan yang tampak, merupakan kumpulan pendekatan untuk menganalisa tulisan, percakapan atau diskusi dimana ada pertukaran ide dan gagasan tentang subjek serta melihat bagaimana bagian-bagian teks yang berbeda dapat dihubungkan (Azrifirwan 2017).

Analisis konten termasuk dalam penelitian kualitatif terkait tentang apa yang dibicarakan oleh data/teks yang dikumpulkan. Analisis konten kualitatif berkaitan dengan aspek relasional, yang melibatkan interpretasi makna yang mendasari teks. Secara konteks, penelitian kualitatif mengeksplorasi kompleksitas realitas secara holistik, yang didasarkan pada subjektif melihat realitas manusia, bukan realitas benda. Peneliti dalam penelitian kualitatif adalah bagian; sekaligus sebagai instrumen penelitian, yang menganut asumsi-asumsi ontologis tentang berbagai kebenaran, berbagai realitas, dan mampu memahami realitas dengan cara berbeda yang mencerminkan perspektif individu. Peneliti dalam penelitian kualitatif berusaha memahami pola, persamaan, dan perbedaan dalam merepresentasikan kehidupan manusia sebagai objek yang diteliti, sebagaimana disampaikan melalui

transkrip wawancara, buku harian, rekaman media, observasi lapangan, dan lain-lain. Kajian diungkapkan dalam berbagai cara, masing-masing dikaitkan dengan metodologi yang digunakan, misalnya deskripsi esensi (fenomenologi), interpretasi utama (hermeneutika), atau pemahaman komprehensif (hermeneutika fenomenologis). Hasil ditulis dengan menggunakan bahasa yang sangat deskriptif, sebaiknya condong ke arah metaforis dan puitis, berkaitan dengan "bagaimana sesuatu dapat dialami" daripada pernyataan tentang "bagaimana keadaannya." Namun harus ditekankan bahwa hasil studi kualitatif adalah hasil yang menerangkan satu versi "kebenaran", satu perspektif yang sangat dalam dan mengangkat kedalamannya itu ke permukaan untuk menggugah atau mengubah pemahaman kita tentang manusia. (Erlingsson dan Brysiewicz 2013)

Analisis konten secara kualitatif (*content analysis*) adalah cara sistematis mengubah sejumlah besar teks menjadi ringkasan hasil-hasil utama yang terorganisir dan ringkas. Analisis data mentah dari hasil wawancara yang ditranskripsikan secara verbatim ke dalam bentuk kategori atau tema merupakan proses abstraksi data lebih lanjut pada setiap langkah analisis; dari isi manifes dan literal hingga makna laten yang terkandung (Erlingsson dan Brysiewicz 2017).

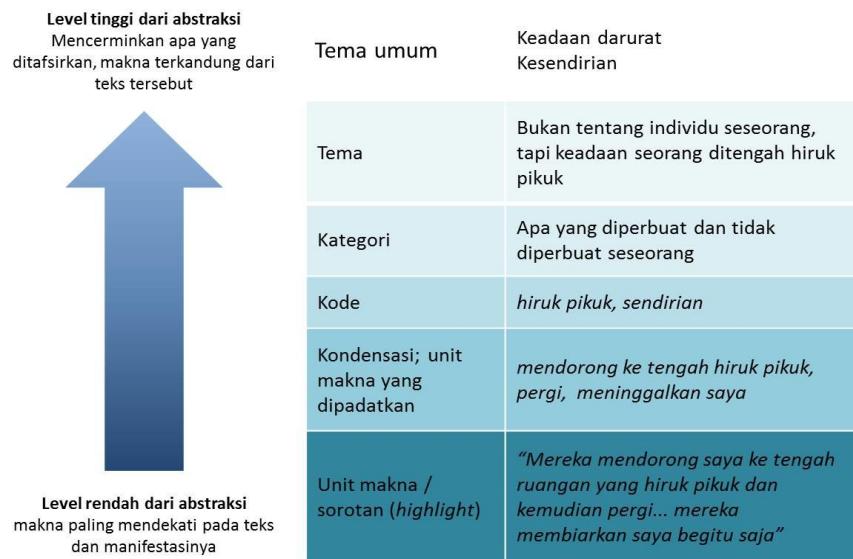
Tabel 5 Daftar istilah yang digunakan dalam panduan praktis untuk melakukan analisis konten

Istilah	Terminologi
Kondensasi	Proses memperpendek teks dengan tetap menjaga makna intinya
Kode	Label nama yang paling tepat; menggambarkan apa yang dimaksud dengan unit makna ringkas ini. Biasanya panjangnya satu atau dua kata
Kategori	Pengelompokan kode-kode yang terkait satu sama lain melalui konten atau konteksnya. Kode-kode disusun ke dalam kategori untuk menggambarkan berbagai aspek, persamaan atau perbedaan isi teks yang dimiliki bersama. Ketika analisis telah menghasilkan sejumlah besar kode, akan sangat membantu jika terlebih dahulu mengasimilasi kelompok-kelompok kecil dari kode-kode yang terkait erat ke dalam sub-kategori. Subkategori yang terkait satu sama lain melalui kontennya kemudian dapat dikelompokkan ke dalam kategori. Kategori menjawab pertanyaan tentang siapa, apa, kapan, atau di mana? Dengan kata lain, kategori adalah ekspresi konten nyata, yaitu apa yang terlihat dan jelas dalam data. Nama kategori bersifat faktual dan pendek.
Tema	Sebuah pengungkapan makna mendasar, yaitu konten laten, yang ditemukan dalam dua kategori atau lebih. Tema mengungkapkan data pada tingkat interpretatif yang mengungkap makna yang terkandung (laten). Tema menjawab pertanyaan-pertanyaan seperti mengapa, bagaimana, dengan cara apa, atau dengan cara apa? Sebuah tema dimaksudkan untuk berkomunikasi dengan pembaca baik pada tingkat intelektual maupun emosional. Oleh karena itu, bahasa puitis dan metaforis sangat cocok digunakan dalam nama tema untuk mengungkapkan makna yang mendasarinya. Nama tema sangat deskriptif dan mencakup kata kerja, kata keterangan, dan kata sifat.

Sumber : (Erlingsson dan Brysiewicz 2017)

Terminologi, tahapan dan contoh seperti yang disajikan pada Tabel 5 dan Gambar 5. Langkah awal dalam analisis konten adalah membaca dan membaca teks untuk memahami keseluruhan isi teks, yaitu untuk mendapatkan pemahaman umum tentang apa yang dibicarakan. Pada tahapan ini diperoleh gambaran tentang apa pokok atau gagasan utama yang diungkapkan (*highlight*). Berikutnya mulai membagi teks menjadi bagian-bagian yang lebih kecil, yaitu menjadi satuan-satuan makna, kemudian memadatkannya menjadi unit-unit makna. Pada proses ini perlu

memastikan bahwa makna intinya tetap dipertahankan. Langkah selanjutnya adalah memberi label pada satuan makna yang diringkas dengan merumuskan kode-kode dan kemudian mengelompokkan kode-kode tersebut ke dalam kategori-kategori. Tergantung pada tujuan penelitian dan kualitas data yang dikumpulkan, pengkategorian sebagai tingkat abstraksi tertinggi untuk melaporkan hasil dapat dilakukan untuk merumuskan tema (Erlingsson dan Brysiewicz 2017).



Gambar 5 Contoh tahapan analisis yang mengarah ke tingkat abstraksi yang lebih tinggi; dari konten manifes hingga konten terkandung  
Sumber : (Erlingsson dan Brysiewicz 2017), dimodifikasi

## 2.5 Kelembagaan

Studi tentang kelembagaan bergantung pada tiga tingkatan, yaitu kerangka kerja, teori, dan model. Analisis yang dilakukan pada setiap tingkatan memberikan tingkat kekhususan yang berbeda terkait dengan masalah tertentu (Ostrom 2011). Ostrom (2011) lebih lanjut menjelaskan bahwa pengembangan dan penggunaan kerangka kerja adalah bentuk paling umum dari analisis teoritis. Kerangka kerja mengidentifikasi elemen dan hubungan antar elemen sebagai subjek yang dipertimbangkan sebagai bahan diagnosa, analisis dan preskriptif. Kerangka kerja menyediakan bahasa metateoritis yang dapat digunakan untuk membandingkan teori. Pengembangan dan penggunaan teori memungkinkan analis untuk menentukan elemen dan kerangka yang relevan dengan pertanyaan tertentu dan membuat asumsi tentang bentuk dan kekuatan elemen tersebut. Asumsi diperlukan bagi seorang analis untuk mendiagnosis fenomena tertentu, menjelaskan prosesnya, dan memprediksi hasilnya. Pengembangan dan penggunaan model dalam analisis melibatkan pembuatan asumsi yang tepat tentang sekumpulan variabel dan parameter yang terbatas untuk mendapatkan prediksi yang tepat berdasarkan variabel yang digunakan dalam teori tersebut. Logika, matematika, model teori permainan, model berbasis agen, eksperimen dan simulasi, dan cara lain digunakan untuk mengeksplorasi secara sistematis konsekuensi dari asumsi-asumsi yang digunakan.

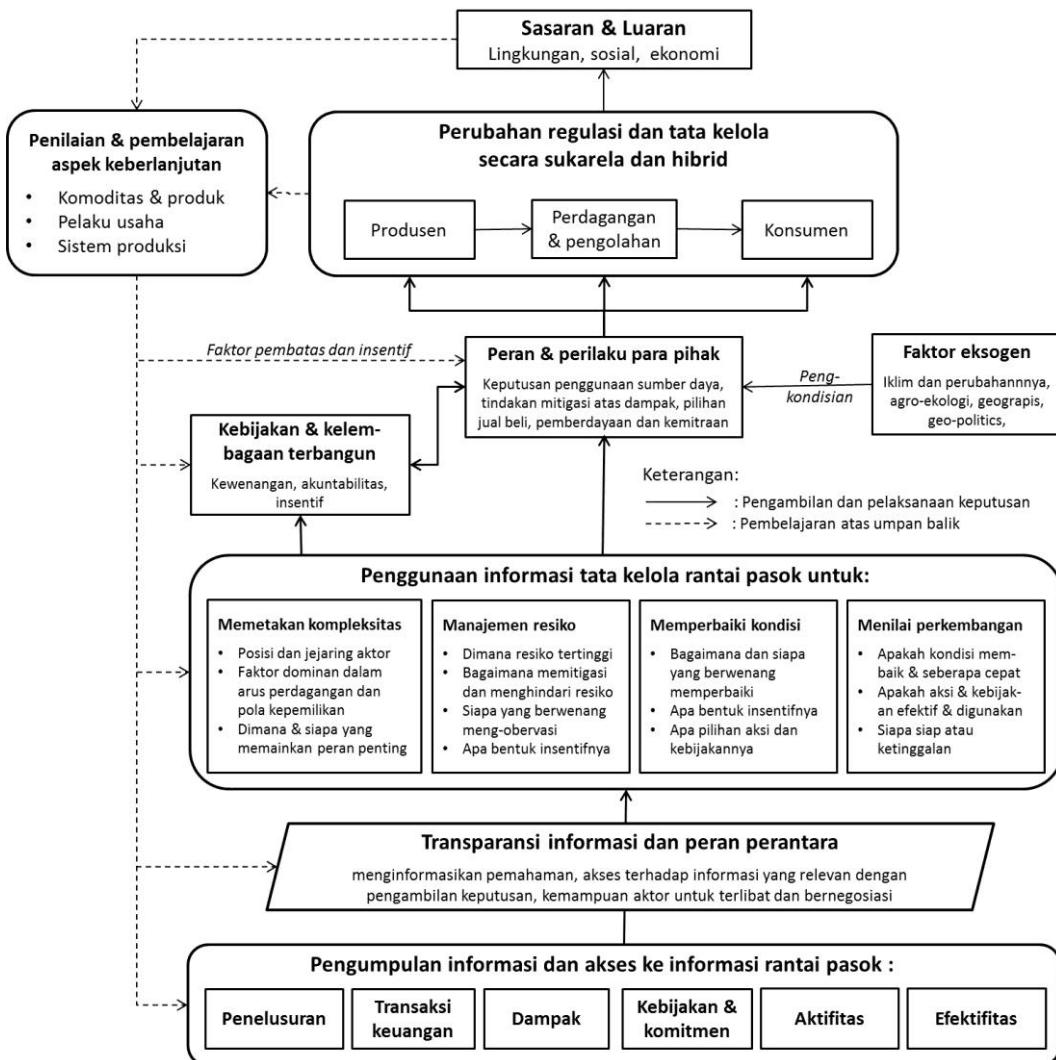
Tiga komponen penting dalam analisis kelembagaan adalah; a) aktor, baik secara individual maupun secara grup sosial, b) interaksi, c) aturan main atau kesepakatan-kesepakatan di antara para pihak yang terlibat tersebut (Fadhil 2018). Aspek penting dari implementasi pembangunan berkelanjutan adalah peran aktor dalam menentukan bagaimana tujuan keberlanjutan dapat dicapai dan indikator yang digunakan sebagai pijakan dalam mengukur pencapaian keberlanjutan tersebut (Fauzi 2019).

Tingkat transparansi yang berbeda memediasi caranya informasi digunakan untuk membentuk keputusan tata kelola keberlanjutan, mempengaruhi perilaku aktor, dan menentukan hasil sosial dan lingkungan. Sistem yang sangat dinamis adalah sistem yang memberi umpan balik pembelajaran (*feedback*) yang dapat membentuk kembali kebijakan dan pengaturan kelembagaan, serta perilaku para pihak yang dimotivasi oleh perubahan situasi ekonomi dan politik, serta perubahan cara menjaga keberlanjutan. Umpan balik mempengaruhi perkembangan proses dan kelembagaan, yang pada gilirannya membantu mengkonsolidasikan pengaturan tata kelola yang ada atau mempercepat penerapan ide-ide dan pendekatan baru. Gambar 6 menyajikan hubungan antara informasi rantai pasokan, transparansi, dan tata kelola keberlanjutan rantai pasokan. Tingkat transparansi yang berbeda memediasi bagaimana informasi digunakan untuk membentuk keputusan tata kelola keberlanjutan rantai pasokan, mempengaruhi perilaku aktor, dan menentukan hasil sosial dan lingkungan (Gardner *et al.* 2019).

Tata kelola komoditas pertanian dan kehutanan perlu dilakukan secara komprehensif melalui dua tahapan. Pertama, peningkatan resolusi spasial wilayah produksi yang terhubung ke rantai pasokan individual yang memungkinkan adanya pertimbangan variabilitas geografis yang lebih akurat dalam mengukur risiko dan kinerja yang terkait dengan praktik produksi yang berbeda. Kedua, identifikasi aktor-aktor kunci yang beroperasi dalam rantai pasok tertentu, termasuk produsen, pedagang, pengirim barang, dan konsumen untuk dapat membantu membedakan koalisi para aktor yang mempunyai kepentingan bersama di wilayah tertentu, dan secara bersama-sama mampu menghasilkan produk yang lebih hemat biaya dan terkoordinasi. Intervensi. Transparansi informasi dan sistem akuntabilitas yang efektif dan adil dapat memperdalam pemahaman mengenai dampak lingkungan dan sosial dari sistem produksi komoditas, bagaimana manfaat didistribusikan di antara para pelaku, dan beberapa trade-off yang terlibat dalam upaya meningkatkan keberlanjutan rantai pasokan. (Godar *et al.* 2016)

Seperti disajikan pada Gambar 6, tata kelola keberlanjutan rantai pasokan komoditas pertanian dan kehutanan memerlukan cara pandang baru tentang informasi tentang ketertelusuran rantai pasokan, transaksi keuangan di antara pelaku rantai pasokan, keberlanjutan dampaknya, kebijakan dan tindakan yang dimaksudkan untuk mengatasinya dampaknya, dan efektivitas upaya-upaya tersebut untuk memperbaiki kondisi di lapangan. Hal ini dapat membantu para pelaku menavigasi kompleksitas rantai pasok, mengidentifikasi dan menilai pilihan-pilihan untuk memitigasi dan membalikkan dampak praktik yang tidak berkelanjutan, dan memantau serta melaporkan kemajuan terhadap tujuan jangka panjang. Perbedaan ketersediaan berbagai jenis informasi, dan akses aktor yang berbeda harus memiliki informasi yang sama, dapat memiliki pengaruh yang besar cara pengambilan keputusan atas penggunaan sumber daya dan perdagangan

komoditas dibuat, sekaligus menentukan siapa yang paling berpeluang menang dan kalah dari keputusan seperti itu. Transparansi bisa sekaligus memberdayakan dan melemahkan – mampu membina kerja sama atau penegakan kepatuhan – tergantung pada alasannya mengapa dan proses dimana informasi diungkapkan dan agensi dan motivasi para aktor yang terlibat. (Gardner *et al.* 2019).



Gambar 6 Hubungan antara informasi, transparansi, dan tata kelola rantai pasok pertanian dan kehutanan berkelanjutan. Sumber: (Gardner *et al.* 2019).

Pendekatan bentang alam diterapkan secara luas sebagai upaya merekonstruksi kepentingan antar aktor. Pendekatan lanskap memberikan kerangka pengorganisasian untuk menguraikan kompleksitas lanskap, memfasilitasi dampak dari berbagai tindakan, menyusun skenario alternatif dan membangun ruang untuk negosiasi multi-pihak. Pendekatan ini tidak berupaya untuk mengatasi disparitas kekuasaan atau kepentingan yang mengakar serta tidak untuk menggantikan institusi yang memiliki kewenangan untuk menetapkan dan melegitimasi hak kepemilikan dan sumber daya. Tujuannya adalah untuk menyediakan mekanisme yang dapat memobilisasi masyarakat sipil untuk mencapai hasil penggunaan lahan yang lebih baik. Pendekatan ini memerlukan kepemimpinan yang kuat, proses

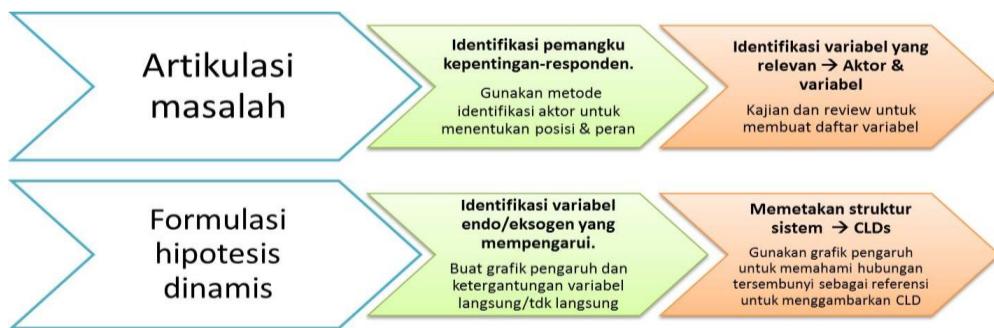
jangka panjang yang berkelanjutan dan terfasilitasi, tata kelola yang baik, anggaran yang memadai, dan kerangka kerja yang memadai untuk menilai kemajuan. Keterlibatan sektor swasta diperlukan dan semua pihak harus mempunyai kepentingan bersama yang cukup terhadap hasil yang dapat memotivasi partisipasi para pihak (Sayer *et al.* 2015).

## **2.6 Berpikir sistem: diagram hubungan sebab akibat, model dan simulasi**

Dunia memiliki banyak masalah. Banyak dari masalah ini mendekati proporsi krisis. Komunitas Dinamika Sistem memiliki sesuatu yang sangat kuat untuk berkontribusi dalam mengatasi masalah ini - sesuatu yang dapat disebut sebagai berpikir sistem atau dinamika sistem. Pendekatan pemikiran sistem adalah lensa penelitian yang mengikuti pandangan dunia holistik dan perilaku sistem non-linear dari waktu ke waktu (Richmond 1994). Di dunia yang tumbuh semakin rumit, dan saling bergantung, berpikir dalam sistem membantu pembaca menghindari kebingungan dan ketidakberdayaan, langkah pertama menuju menemukan solusi yang proaktif dan efektif (Wächter 2011). Dengan menggunakan metode pendekatan pemikiran sistem, para peneliti dapat menunjukkan koneksiitas sistem melalui pemodelan, dan menggambarkan perilaku sistem dari berbagai skenario. Proses pemodelan termasuk mengubah model konseptual kualitatif menjadi simulasi kuantitatif. Para ahli dan pemangku kepentingan berperan sangat penting untuk menerangkan hubungan variabel dalam sistem yang sedang diselidiki, yang berfokus pada pengembangan model konseptual kualitatif menggunakan diagram hubungan kausal (sebab akibat) (*Causal loop diagrams-CLD*). CLD memetakan hipotesis struktur sistem dengan menghubungkan hubungan sebab akibat antara variabel. CLD yang mudah dipandang membantu melibatkan para pemangku kepentingan selama proses pemodelan dan memfasilitasi peta pikiran mereka. CLD bukan simulasi akhir dan bukan bagian wajib dari proses pemodelan sistem dinamika sistem. Namun, CLD memungkinkan transisi yang lebih halus ke diagram stok dan aliran kuantitatif akhir yang digunakan dalam simulasi (Richmond 1994; Wolstenholme 1999; Dhirasasna dan Sahin 2019).

Dhirasasna dan Sahin (2019) menjelaskan bahwa membangun dan mengembangkan CLD menggabungkan dua langkah, yaitu artikulasi masalah dan formulasi hipotesis dinamis. Tahapan dan proses tersebut seperti disajikan pada Gambar 7. Pada tahapan artikulasi masalah, pemodel mengidentifikasi masalah penelitian dan variabel atau konsep utama. Artikulasi masalah juga disebut konseptualisasi serta identifikasi dan pendefinisian masalah. Praktik umum untuk mengartikulasikan masalah adalah mengidentifikasi dan melakukan wawancara hingga peterlibatan langsung pemangku kepentingan dalam konseptualisasi dan pengumpulan data. Hal ini dilatar belakangi bahwa pemangku kepentingan adalah entitas manusia, baik sebagai individu, kelompok atau organisasi maupun sebagai entitas non-manusia termasuk lingkungan; yang memiliki konstruksi mental seperti rasa hormat terhadap generasi masa lalu dan kesejahteraan generasi masa depan. Dalam hal ini, pemangku kepentingan memberikan pengetahuan, mengembangkan model aktual, menafsirkan hasil, dan/atau membuat kebijakan alternatif. Pelibatan tersebut bertujuan untuk membangun model konseptual, model pemangku kepentingan individu bersama, atau mencatat interaksi pemangku kepentingan dalam simulasi. Proses ini akan menghargai perspektif yang berbeda antara

pemodel dan pemangku kepentingan, sehingga dapat mengidentifikasi banyak variabel dan membuat model besar untuk mencerminkan realitas masalah sesungguhnya. Selanjutnya pada tahap kedua, perumusan hipotesis dinamis bertujuan untuk menjelaskan dinamika masalah. Perumuskan atau formulasi hipotesis dinamis disebut sebagai konseptualisasi dan konseptualisasi sistem. Mengembangkan proses hipotesis dinamis dilakukan untuk mengidentifikasi variabel endogen dan eksogen serta memetakan struktur sistem menjadi CLD.

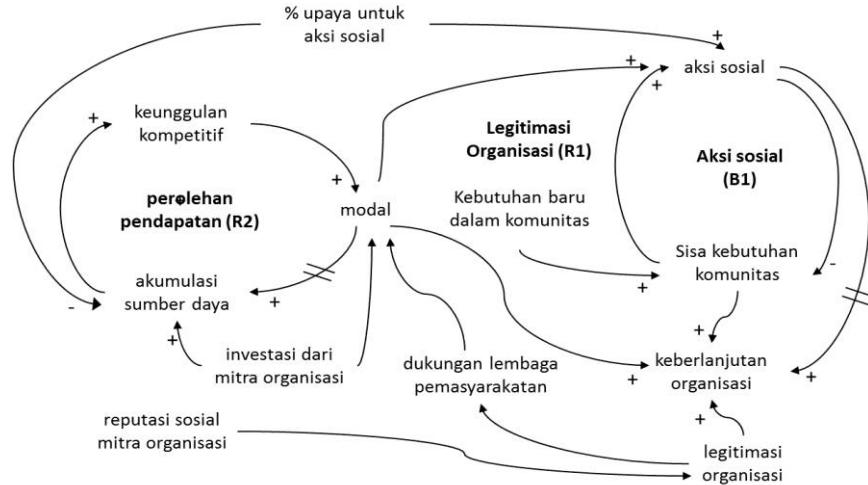


Gambar 7 Tahapan dan proses membangun dan mengembangkan CLD.

Sumber: (Dhirasasna dan Sahin 2019), diilustrasikan/modifikasi ulang.

CLD mewakili sistem dalam tiga elemen dasar: kotak, koneksi, dan putaran umpan balik. Kotak, atau simpul, mewakili variabel dalam sistem; ini bisa berupa apa saja asalkan masuk akal untuk menganggapnya naik atau turun dalam skala tertentu. Koneksi, atau tepian, mewakili pengaruh sebab akibat, dari satu titik ke titik lainnya; bisa positif (yaitu naik atau turun bersama-sama) atau negatif (yaitu berubah arah berlawanan, jika yang satu naik, yang lain turun, dan sebaliknya). Sejauh ini, cukup mirip dengan Pemetaan Kognitif Fuzzy atau Pemetaan Sistem Partisipatif. Elemen ketiga inilah yang membuat CLD lebih unik. Peta selalu menunjukkan dan fokus pada putaran umpan balik, baik dalam konstruksi peta maupun dalam visualisasinya. Lingkaran dibuat mencolok dengan menggunakan panah melengkung untuk membuat lingkaran. Loop tersebut terkadang juga diberi kode warna untuk menyorotnya atau dianotasi dengan panah kecil dan simbol '+' atau '-' untuk menyorot apakah loop umpan balik tersebut memperkuat (positif) atau menyeimbangkan (negatif). Putaran umpan balik biasanya terfokus pada 'mesin sistem inti', yang merupakan sekumpulan node yang merupakan inti dari sistem. Node ini sering kali divisualisasikan lebih jelas dibandingkan node lain di peta. Masukan yang diberikan sangat mengisyaratkan adanya dinamika dalam sistem. Merupakan hal yang umum untuk menggunakan peta untuk berpikir pada tingkat yang sedikit lebih tinggi daripada node dan edge individual, menyatukan beberapa masukan dalam sistem untuk memikirkan bagaimana hal ini dapat berjalan bersama-sama. Fokus pada umpan balik berarti CLD adalah cara yang relatif disiplin dalam memandang suatu sistem, yang menempatkan keberadaan dan dampak umpan balik pada intinya. Merupakan hal yang umum untuk melihat CLD yang sederhana, mungkin hanya lima atau sepuluh node dan CLD yang lebih kompleks dalam puluhan atau lusinan node. Seperti contoh CLD sederhana yang disajikan pada Gambar 8, node dan edge dihubungkan dengan koneksi positif dan negatif, dan bagaimana lingkaran umpan balik (*feedback loop*) dari 'perolehan pendapatan', 'legitimasi organisasi', dan 'aksi sosial' ditekankan melalui

positioning mereka, dan anotasi tambahan. 'R1', 'R2', dan 'B1' mengacu pada loop penguat dan penyeimbang. (Barbrook-Johnson dan Penn 2022).



Gambar 8 Contoh CLD sederhana; simbol garis ganda (//) menunjukkan waktu tunda. Sumber: (Barbrook-Johnson dan Penn 2022), digambar ulang.

Proses membangun dan menggunakan CLD biasanya berulang. Hal ini dapat dikembangkan dalam bentuk lokakarya partisipatif atau berdasarkan data yang biasanya kualitatif dan bukti. Secara umum, prosesnya cenderung mencakup langkah-langkah berikut (Barbrook-Johnson dan Penn 2022):

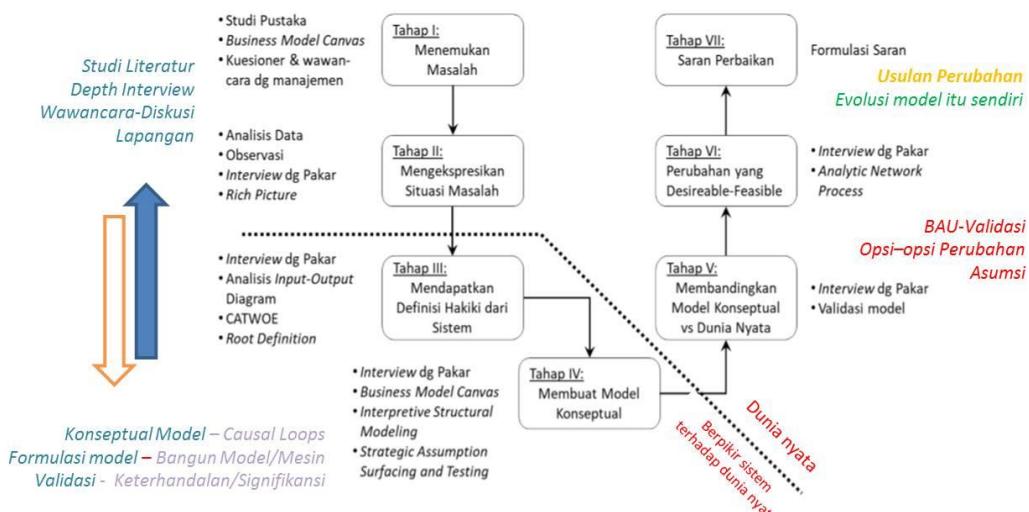
1. Kumpulkan data dan/atau bukti: pertama-tama perlu mengetahui titik awal (node) membangun peta hubungan kausal. Dalam hal ini diskusi partisipatif selama lokakarya akan menjadi kumpulan data dan informasi.
2. Menyaring data, variabel dan koneksi, membuat katalog: Kumpulan data dan informasi perlu disaring dan diekstrak menjadi variabel dan membangun koneksi potensial dari variabel tersebut, dan membuat katalog dari variabel tersebut.
3. Buat hipotesis tentang struktur dan membangun *core* (inti) dari mesin sistem: ini adalah tahap unik CLD pertama. Dengan asumsi pemahaman tentang tujuan dari memetakan hubungan kausal telah kuat, dan termasuk memahami minat dan kebutuhan pengguna. Tahap ini fokus pada apa yang mungkin menjadi inti dari 'mesin sistem'.
4. Kembangkan diagram pertama dengan mesin sistem inti dan beberapa node: membuat diagram pertama mesin sistem inti dan variabel-variabel di sekitarnya. Ini akan menjadi tahapan dengan banyak pengulangan dan pengulangan seiring dengan kristalisasi ide dan konsep. Jika mesinnya stak, mulailah membangun ulang dengan cara yang sama, baik melalui *brainstorming* atau mengekstraksi lagi dari katalog variabel teratas yang dipengaruhi oleh, atau memengaruhi, inti, dan menghubungkannya; atau dengan membangun satu variabel pada satu waktu secara lebih organik.
5. Verifikasi dan amandemen: tahap ini bisa dibilang paling penting, namun paling diremehkan. Setelah versi pertama mesin sistem inti dan node di sekitarnya terbangun, perlu memaparkannya pada kritik, masukan, dan komentar sebanyak mungkin dari pemangku kepentingan yang bekerja sama, calon pengguna, atau dengan peneliti dan pemodel lain. Semua masukan akan

- mengoreksi, bahkan memperbarui atau mengubah mesin sistem inti dan tujuan, bahkan jika perlu, membuat versi yang berbeda.
6. Perluas model sesuai kebutuhan: setelah inti system terbangun, memperluas CLD dapat dilakukan.
  7. Analisis dan penggunaan: setelah peta hubungan kausal terbangun, ada beberapa cara untuk menggunakan dan menganalisisnya untuk memperjelas model mental pemodel atau pemangku kepentingan. Analisis tematik dapat dilakukan untuk memperkaya dan memperoleh masukan melalui pertanyaan seperti ‘apakah sistem berada dalam keadaan stabil atau mungkinkah ada masukan yang memperkuat sehingga menyebabkan perubahan yang tidak terkendali?’. Merupakan hal yang umum untuk membuat plot tiruan variabel sepanjang waktu untuk mengeksplorasinya. Terakhir, proses konversi CLD ke bentuk model siap dilakukan.

Sistem apa pun yang melibatkan manusia dicirikan oleh sifat-sifat sistem penting berikut: rasionalitas terbatas, kepastian terbatas, prediktabilitas terbatas, kausalitas tak tentu, dan perubahan evolusioner. Kita perlu menggunakan pendekatan adaptif, di mana kita menjalani proses pembelajaran dan memodifikasi aturan pengambilan keputusan serta model mental kita di dunia nyata seiring berjalannya waktu. Hal ini akan memungkinkan kita untuk meningkatkan kinerja sistem dengan menetapkan tujuan perbaikan dinamis (target bergerak) untuk sistem tersebut. Terakhir, diperlihatkan bagaimana diagram hubungan sebab akibat dapat digunakan untuk menemukan titik *leverage* suatu sistem (Hjorth dan Bagheri 2006).

Semua sistem berusaha mencapai suatu tujuan dan berusaha melakukan sesuatu yang "berguna". Alasan kegunaan dalam tanda kutip adalah karena "kegunaan" suatu sistem bergantung pada sudut pandang. Tujuan suatu sistem adalah milik keseluruhan dan bukan milik komponen mana pun (Bala *et al.* 2018). Metodologi sistem lunak (SSM) adalah pendekatan untuk mengatasi segala jenis situasi yang bermasalah dan berantakan. Ini adalah proses penyelidikan yang berorientasi pada tindakan terhadap situasi bermasalah di mana pengguna belajar mulai dari mencari tahu tentang situasi tersebut, hingga mengambil tindakan untuk memperbaikinya. Pembelajaran muncul melalui proses terorganisir di mana situasi dieksplorasi menggunakan serangkaian model tindakan yang bertujuan untuk merangkum satu pandangan sebagai perangkat intelektual, atau alat, untuk menginformasikan dan menyusun diskusi tentang suatu situasi dan bagaimana hal itu bisa terjadi dan dapat diperbaiki (Dalkin *et al.* 2018; Wu *et al.* 2021; Françozo *et al.* 2022). Intervensi secara rasional didasarkan pada pemikiran system diperlukan untuk memahami kompleksitas dunia nyata melalui gagasan sistem. SSM mewujudkan pemikiran sistem dengan memberikan penjelasan tentang langkah-langkah penting dalam pemikiran yang adaptif, berfokus pada proses penyelidikan, interaksi antara teori dan praktik serta pembelajaran secara partisipatif (Checkland dan Haynes 1994).

Seperti disajikan pada Gambar 9, pemodelan sistem berawal dari bagaimana kita mencoba memahami dunia nyata dan menuangkannya menjadi sebuah model dengan beragam metode yang ada. Model itu sendiri dimaknai sebagai abstraksi atau penyederhanaan dari dunia nyata, yang mampu menggambarkan struktur dan interaksi elemen serta perilaku keseluruhannya sesuai dengan sudut pandang dan tujuan yang diinginkan (Bhatti *et al.* 2006; Holt dan Osman 2017). Sistem dinamik merupakan sebuah pendekatan kesisteman yang komprehensif dan utuh serta mampu menyederhanakan masalah yang rumit dan kompleks tanpa mengeliminasikan unsur utama dari objek yang menjadi perhatian (isee 2021). Analisis sistem merupakan kesatuan dari teori-teori dan teknik untuk mempelajari, menggambarkan dan membuat prediksi yang menekankan pada pendekatan holistik pada pemecahan masalah dan penggunaan model matematis untuk mengidentifikasi serta mengsimulasikan karakter-karakter dalam suatu sistem yang kompleks. Dalam hal ini, simulasi adalah proses penggunaan model untuk menirukan atau menggambarkan secara bertahap dari sistem yang dipelajari (Grant 1998).



Gambar 9 Tahapan dalam pemodelan dan simulasi, Sumber (Checkland dan Haynes 1994; Richmond 1994; Dhirasasna dan Sahin 2019; Barbrook-Johnson dan Penn 2022); dirangkum dan diperkaya

## 2.7 Multi Criteria Decision Making dan Strategi Keberlanjutan

Perubahan dan transformasi sistem manusia semakin dipandang sebagai ruang solusi mendasar untuk mengatasi akar permasalahan ketidakberlanjutan. Ketidakberlanjutan berakar pada ilusi kognitif dan kurangnya pemikiran teleologis. Transformasi membutuhkan kita untuk melihat dan memahami kembali ikatan manusia-dunia melalui lensa sistemik berupa inklusi dinamis, semangat, tujuan, dan nilai. Belajar berpikir dalam kaitannya dengan sistem kehidupan, fisik dan mental secara holistik adalah langkah transformasi pertama menuju paradigma keberlanjutan baru. Praktik transformatif untuk keberlanjutan akan mendapatkan momentum dengan menyatukan pemikiran sistem dalam praktik dan pemikiran dalam mempelajari alam sekitar dan segala sesuatu yang terlibat di dalamnya (*biomimicry*) yang kemudian membuka cakrawala penelitian yang menarik dalam arah ontologis tentang hakikat ilmu pengetahuan, epistemologis tentang teori ilmu,

metodologis atau aksiologi tentang bagaimana ilmu pengetahuan digunakan, dan teleologis bahwa segala sesuatu dan segala kejadian menuju pada tujuan tertentu (Davelaar 2021).

Metodologi sistem lunak (*SSM-Soft System Methodology*) adalah metode penataan masalah yang efektif dalam menangani situasi bermasalah. Untuk memodelkan persepsi yang berbeda mengenai situasi masalah, SSM mendorong para pemangku kepentingan untuk mengusulkan kemungkinan transformasi yang mungkin dapat memperbaiki situasi tersebut. Semakin banyak transformasi yang dihimpun, semakin kaya prosesnya; namun dalam praktiknya, mengelola jumlah transformasi yang lebih banyak menimbulkan sebuah tantangan (Françozo *et al.* 2022). Tidak ada keputusan yang dapat diambil tanpa mengacu pada proses pengambilan keputusan. Pengambilan keputusan, sebagai proses mental yang kompleks, adalah program pemecahan masalah yang bertujuan untuk menentukan hasil yang diinginkan dengan mempertimbangkan berbagai aspek, yang terkait pada metode pendekatan yang digunakan dan kriteria efektif untuk meng-evaluasi keputusan tersebut. Proses pengambilan keputusan bisa bersifat rasional atau irasional, dan sebaliknya dapat menggunakan asumsi implisit atau eksplisit yang dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti fisiologis, biologis, budaya, sosial, dan lain-lain. Semua aspek ini bersama dengan otoritas dan tingkat risiko yang diperhitungkan dapat mempengaruhi tingkat kompleksitas proses pengambilan keputusan. Saat ini, permasalahan yang kompleks tersebut dapat diselesaikan dengan memanfaatkan persamaan matematika, statistika manifold, matematika, teori ekonomi, dan perangkat komputer yang membantu menghitung dan memperkirakan solusi permasalahan pengambilan keputusan secara otomatis (Ho *et al.* 2010; Taherdoost dan Madanchian 2023).

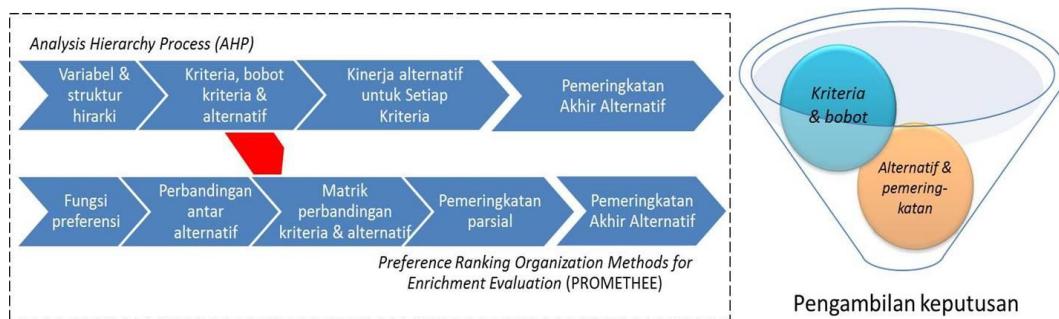
Pemikiran sistem membangun dinamika dalam mengevaluasi keberlanjutan yang melibatkan banyak entitas dan berbagai trade-off. Oleh karena itu, metode pengambilan keputusan berdasarkan multi-kriteria (*Multi Criteria Decision Making-MCDM*) sangat ideal untuk mendorong pengambilan keputusan berbasis keberlanjutan. Mengintegrasikan dinamika sistem dengan metode MCDM memungkinkan penilaian keberlanjutan dengan menangkap perubahan dinamis karena perubahan waktu yang mempengaruhi kinerja keberlanjutan dalam jangka panjang. Penggabungan ini memperkuat dinamika sistem sebagai alat bantu pengambilan keputusan, penyusunan strategi keberlanjutan dan alat evaluasi dalam analisis kebijakan. (Francis dan Thomas 2023).

Pengambilan keputusan menggunakan MCDM mencakup elemen dan konsep berbeda berdasarkan sifat masalah dalam pengambilan keputusan itu sendiri. Yang utama adalah sebagai berikut (Taherdoost dan Madanchian 2023):

- a. Alternatif adalah pilihan tindakan yang berbeda.
- b. Atribut didefinisikan sebagai karakteristik alternatif yang dapat diukur.
- c. Agregasi mengacu pada mempertimbangkan kinerja suatu alternatif berdasarkan kriteria khusus untuk memutuskan alternatif tersebut.
- d. Variabel keputusan didefinisikan sebagai komponen vektor alternatif.
- e. Ruang pengambilan keputusan direpresentasikan sebagai alternatif yang layak.

- f. Ukuran didefinisikan sebagai elemen yang digunakan untuk mengukur suatu alternatif terhadap atributnya dengan memberikan nomor atau simbol pada atribut tersebut.
- g. Kriteria didefinisikan sebagai alat untuk mengevaluasi dan membandingkan alternatif dari sudut pandang konsekuensi pemilihannya.
- h. Preferensi didefinisikan sebagai bagaimana suatu alternatif memenuhi kebutuhan pengambil keputusan mengenai atribut tertentu.
- i. Pengambilan keputusan berbeda-beda berdasarkan jenis permasalahan yang dapat mencakup permasalahan pilihan, pemeringkatan, dan pemilahan.

Selama bertahun-tahun, MCDM terbukti menjadi alat yang sangat berguna untuk pengambilan keputusan yang efektif di bidang pengelolaan air, sampah, industry, bisnis dan keuangan, sektor medis dan kesehatan, pertanian, pendidikan, pemerintahan, pengelolaan sumberdaya alam dan lingkungan, manajemen energi, kimia, logistic, transportasi, sosial, olah raga, desain dan seterusnya (Behzadian *et al.* 2010; Goswami 2020). Banyak peneliti menerapkan berbagai teknik MCDM di berbagai bidang untuk pengambilan keputusan strategis. Beberapa teknik MCDM yang paling populer antara lain *Analytic Hierarchy Process* (AHP), *ELimination Et Choix Traduisant la REalité* (ELECTRE), *Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis* (MOORA), *The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS), *COmplex PRopotional ASsessment* (COPRAS), *Additive Ratio ASsessment* (ARAS), *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* (FAHP) dan *Preference Ranking Organization Methods for Enrichment Evaluation* (PROMETHEE). Beberapanya dapat digunakan secara hybrid untuk menghasilkan sistem informasi yang lengkap (Gambar 10), seperti penggunaan hybrid teknik AHP dan Promethee, dimana AHP digunakan untuk menganalisis struktur permasalahan dan menentukan bobot kriteria, dimana teknik PROMETHEE tidak memberikan panduan untuk memberikan bobot pada kriteria namun memiliki keunggulan dalam pemeringkatan akhir pada alternatif berikut kemampuan meng-evaluasi melalui teknik penyajian sumbu keputusan secara geometrik untuk memperkaya rekomendasi dalam pengambilan keputusan (Kocmanová *et al.* 2013; Goswami 2020; Oubahman dan Duleba 2021).

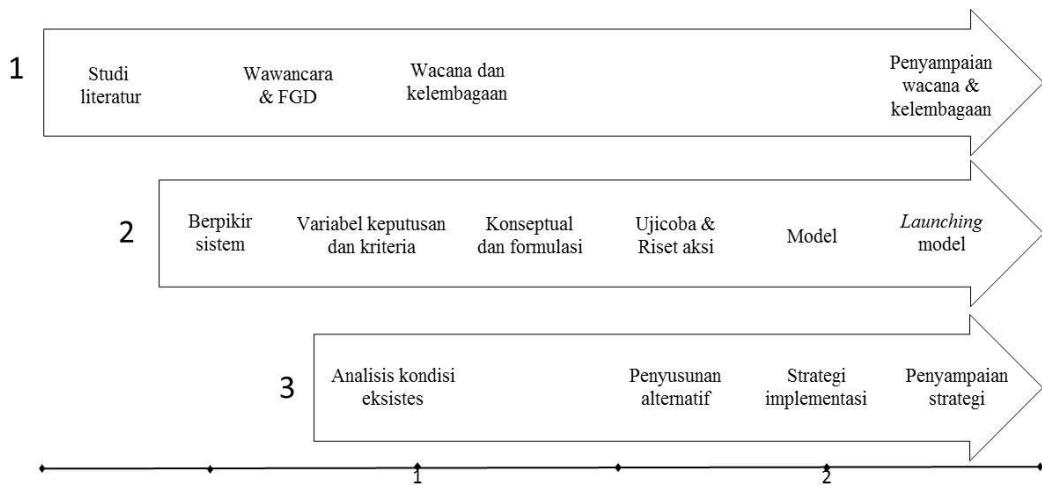


Gambar 10 Tahapan MCDM dan teknik penggabungan metode AHP dan Promethee dalam pengambilan keputusan. Sumber: (Goswami 2020; Taherdoost dan Madanchian 2023), dirangkum dan diperkaya

### III METODE

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 2,5 tahun dengan tahapan dan tata waktu seperti disajikan pada Gambar 11. Tata waktu disusun berdasarkan pencapaian masing-masing tema dan tujuan serta target waktu publikasi, yaitu: 1). penguatan wacana dan kelembagaan, 2). Penyediaan perangkat model pengambilan keputusan Multi Usaha Kehutanan dan, 3). Strategi implementasi Multi Usaha Kehutanan Berkelanjutan.

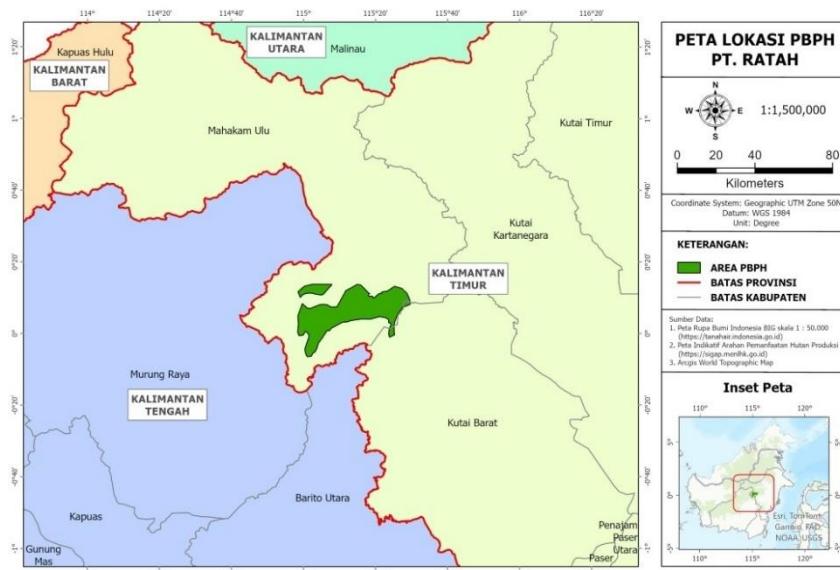


Gambar 11 Tahapan dan tata waktu pelaksanaan penelitian berdasarkan tema dan kegiatan

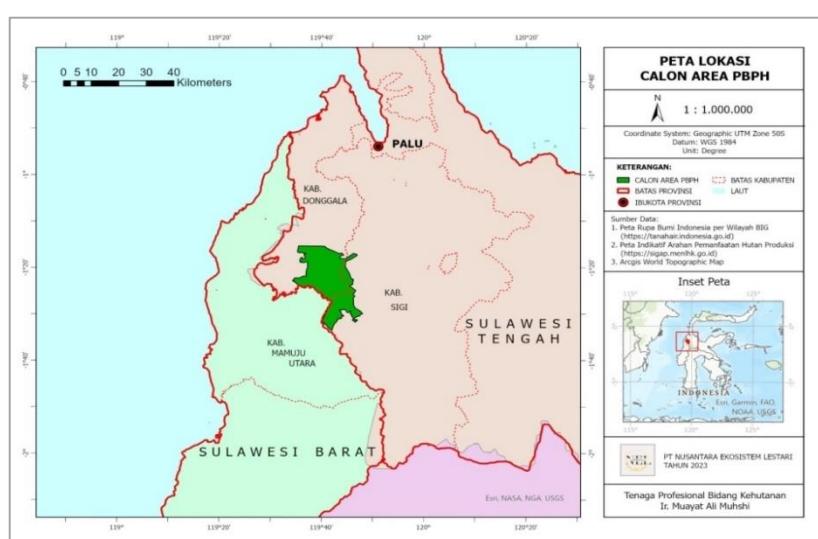
Secara umum, masing-masing tahapan menghasilkan data luaran untuk masing-masing tahapan serta dukungan data dan analisis untuk tahapan lainnya. Garis bar waktu seperti yang disajikan pada Gambar 13 adalah ilustrasi sederhana dari kompleksitas sistem dan pelaksanaan kegiatan penelitian itu sendiri. Kegiatan penelitian dimulai sejak Juli 2021 melalui studi literature untuk membangun kerangka berpikir awal terhadap kondisi eksisten, permasalahan, urgensi dan tantangan dalam implementasi Multi Usaha Kehutanan Berkelanjutan. Kerangka berpikir awal tersebut kemudian dikembangkan secara bertahap dan sistematik untuk menghasilkan sistem berpikir yang holistik, detail dan efektif; merupakan proses kontruksi dan rekontruksi secara berulang melalui metode uji, validasi dan koreksi berdasarkan umpan balik yang diterima dimasing-masing tahapan. Secara keseluruhan, langkah-langkah pewacanaan, pemilihan dan penetapan variabel dan kriteria keputusan, formulasi model serta strategi implementasi adalah proses mengubah konseptual kualitatif menjadi simulasi kuantitatif dan sebaliknya menterjemahkan hasil simulasi kuantitatif menjadi keputusan secara kualitatif (Richmond 1994; Wolstenholme 1999; Dhirasasna dan Sahn 2019).

Berdasarkan tahapan tersebut maka dilaksanakan pengumpulan data primer dan sekunder melalui 3 jenis teknik pengumpulan data, yaitu melalui studi literatur (*desk study*), lapangan (*field study*) dan riset aksi (*action research*). Studi lapangan meliputi kegiatan pengambilan data lapangan serta wawancara, diskusi terfokus (FGD) dan wawancara mendalam (*depth interview*). Sebagian wawancara,

wawancara mendalam dan FGD dilakukan secara tatap muka (*offline*) untuk pakar dan praktisi yang berdomisili di Kalimantan Timur, dan sebagian lainnya dilaksanakan secara daring (*online*) menggunakan media *zoom meeting*. Sementara itu, riset aksi dilaksanakan di dua sampel unit usaha Perizinan Berusaha Pemanfaatan Hutan (PBPH), yaitu PT. Ratah Timber, Kalimantan Timur dan PT. Nusantara Ekosistem Lestari, Sulawesi Tengah (Gambar 12 dan 13). Pengambilan data lapangan lapangan di unit sampel PT. Ratah Timber dilakukan secara langsung dalam koordinasi peneliti, sementara di unit PT. Nusantara Ekosistem Lestari, data disediakan oleh manajemen dan pelaksana teknis PT. Nusantara Ekosistem Lestari. Secara keseluruhan, penelitian selesai pada penyampaian wacana dan kelembagaan, *launching* perangkat model dan strategi implementasi melalui FGD pada bulan November 2023 yang dilaksanakan di Bogor.



Gambar 12 Lokasi unit sampel PBPH PT. Ratah Timber, Kalimantan Timur



Gambar 13 Lokasi unit sampel PBPH PT. Nusantara Ekosistem Lestari, Sulawesi Tengah

### **3.2 Jenis dan Pengumpulan Data**

Data terbagi dalam 3 kelompok data, yaitu data primer dan data sekunder serta data asumsi dan preferensi usaha (perencanaan), dimana perolehannya dilakukan dalam 3 kelompok teknik pengumpulan dan analisis data, yaitu kajian meja (*desk study*), lapangan (*fields study*) dan riset aksi (*action research*). *Desk study* dilakukan untuk tahapan analisa wacana, konseptual model dan penyusunan strategi melalui studi pustaka (*literature study*) bersumber jurnal, media masa, dokumen dan peraturan perundungan (data sekunder dan asumsi) yang diperkaya dan divalidasi dengan data hasil wawancara, diskusi mendalam dan FGD bersama pakar dan praktisi (data primer). Kegiatan wawancara dan diskusi dominan dilaksanakan secara tatap muka (*offline*), terutama untuk responden yang berdomisili di Kalimantan Timur sebagai lokasi utama penelitian. Untuk responden luar Kalimantan Timur, atas persetujuan responden, kegiatan wawancara dan diskusi dilaksanakan secara *online* menggunakan media *zoom meeting* dan *whatsapp*. Penggunaan media tersebut dimanfaatkan juga dalam mendistribusikan *term of reference* dan kuisioner, menerima kuisioner isian dan proses validasinya melalui percakapan telepon.

*Field study* dilakukan untuk pengambilan dan analisis data sampel lapangan meliputi: a). data primer terkait struktur dan komposisi tegakan, tutupan kanopi tajuk, tanah dan kesesuaian lahan, serta b) data sekunder terkait data shp peta-peta batas, tutupan lahan, topografi serta dokumen yang menyertainya. Selanjutnya *action research* dilaksanakan dalam format praktik kerja (*workshop*) untuk ujicoba dan praktek penggunaan perangkat model serta simulasi pengambilan keputusan. Semua data primer dan sekunder diolah dan digunakan sebagai data input, yang dilengkapi dengan data asumsi dan preferensi pengembangan usaha, keteknikan, ketenaga kerjaan dan finansial. Semua data asumsi dan preferensi bersumber dari pengguna yang divalidasi dari sumber-sumber data sekunder lainnya. Sementara itu, sampel pengguna dalam workshop adalah staf bidang perencana untuk praktek penggunaan perangkat model serta manajemen dan direksi dari unit sampel PBPH untuk praktek pengambilan keputusan. Riset aksi (*action research*) bertujuan untuk: a). uji validitas dan reliabilitas perangkat model, b). menerima dan mengolah umpan balik untuk koreksi dan perbaikan perangkat model, c). membangun sistem berpikir (*system thinking*) secara lebih holistik, detail dan efektif, dan d). mengukur keberterimaan dan kepuasan pengguna (*user*), baik dalam penggunaan perangkat model maupun dalam proses pengambilan keputusan. Termasuk menerima dan mengolah umpan balik tentang teknik penyajian perangkat model yang mudah dipahami dan digunakan (*userfriendly*) sekaligus menjadi media pembelajaran yang efektif dalam mengurai kompleksitas pilihan menjadi keputusan usaha.

### **3.3 Alat dan Bahan**

Alat yang akan digunakan dalam penelitian meliputi perangkat keras dan perangkat lunak, antara lain :

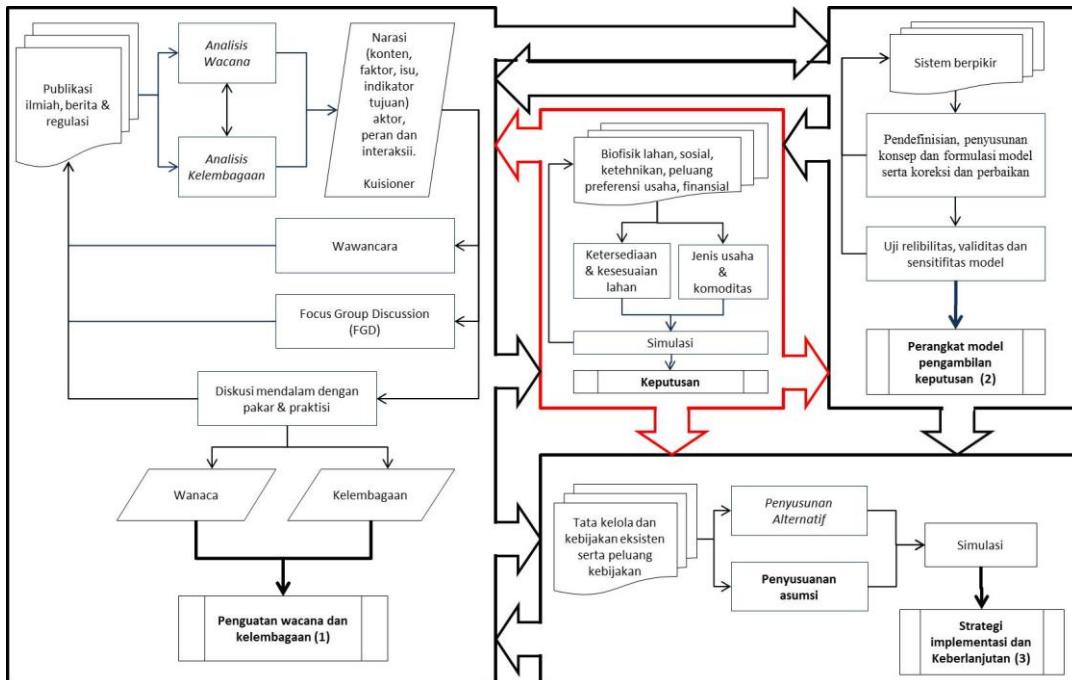
- a. Perangkat keras, antara lain alat tulis, peraga dan pendukung lainnya dalam FGD dan wawancara. Perangkat keras lainnya adalah kamera atau telepon selular dengan fitur-fitur audio visual untuk perekaman suara, gambar dan video. Rekaman audio wawancara dan video kegiatan FGD menjadi data primer.

- b. Perangkat lunak yang digunakan meliputi beberapa perangkat pengolahan data, antara lain:
- NVivo adalah perangkat lunak untuk analisis data kualitatif melalui tahapan penyaringan, ekstraksi, sintesis dan penilaian kritis terhadap teks untuk menghasilkan narasi yang kuat (Welsh 2002; Houghton *et al.* 2017). Sumber teks antara lain dari jurnal, media massa, kebijakan, rekaman audio visual hasil wawancara dan diskusi mendalam yang diubah menjadi teks (Erlingsson dan Brysiewicz 2017; QSR 2021)
  - *MacTor*, singkatan dari *Matrix of Alliance, Conflict, Tactics, Objective and Recommendation* yang digunakan sebagai bagian dalam analisis kelembagaan. Perangkat lunak ini digunakan untuk memetakan peran dan interaksi antar aktor (stakeholder) dalam memobilisasi sumberdaya yang dimiliki untuk memengaruhi (atau menghambat) secara langsung atau tidak langsung pencapaian tujuan (Fauzi 2019).
  - *Stella* adalah perangkat lunak pemodelan dan simulasi menggunakan pendekatan berpikir sistem (*System Thinking*) untuk sistem yang kompleks yang tidak dapat diidentifikasi dengan metode pemecahan masalah lainnya untuk membuat keputusan yang efektif (Grant 1998; isee 2021)
  - *Promethee*, singkatan dari *Preference Ranking Organization Methods for Enrichment Evaluation* adalah perangkat analisis untuk pengembangan strategi keberlanjutan yang fokus pada aspek bagaimana mencapai keberlanjutan dan opsi-opsi kebijakan apa saja yang bisa ditawarkan dan dipilih karena telah memenuhi kaidah keberlanjutan itu sendiri (Fauzi 2019)

Bahan yang digunakan meliputi kuisioner, peta dan data sekunder lainnya.

### **3.4 Prosedur Kerja**

Prosedur kerja seperti disajikan pada Gambar 13 mendetailkan penyelesaian tahapan kegiatan penelitian. Arah panah menggambarkan tahapan dan umpan balik yang menjelaskan keterhubungan antar kegiatan dan kelompok kegiatan. Prosedur kerja dibagi dalam 3 kelompok kegiatan utama, meliputi analisis wacana dan kelembagaan, konseptual dan formulasi model serta strategi implementasi dan keberlanjutan. Antara ketiganya terdapat kelompok kegiatan riset aksi (kotak merah) sebagai media uji dan implementasi serta memperoleh umpan balik yang konstruktif. Proses ini disusun berdasarkan kaidah berpikir sistem sebagai rangkaian proses penterjemahan konseptual kualitatif menjadi simulasi kuantitatif dan sebaliknya menterjemahkan hasil simulasi kuantitatif menjadi keputusan secara kualitatif (Richmond 1994; Wolstenholme 1999; Dhirasasna dan Sahin 2019).



Gambar 14 Diagram alir kegiatan penelitian

Keterhubungan antar kegiatan dalam penelitian ini seperti disajikan pada Gambar 14 dan dijelaskan sebagai berikut:

- Penelitian dimulai dengan studi literatur untuk penulusuran dan pengumpulan informasi dan narasi (isi percakapan) bersumber dari teks jurnal ilmiah, media masa dan aturan perundangan terkait tata kelola hutan dan multi usaha kehutanan. Empat tema awal yang digunakan sebagai kata kunci penelusuran meliputi urgensi, respon, permasalahan dan proyeksi implementasi MUK. Selanjutnya penelusuran menggunakan kata kunci yang terkandung dalam materi teks dan *link* berita yang disisipkan dalam teks.
- Kumpulan informasi sebagai bahan dan data awal diolah melalui analisis konten pendahuluan (*pre-analysis of content*) dalam membangun hipotesa. Teks diolah melalui tahapan memahami makna tersimpan dari teks (*meaning unit*), kondensasi (*condensing*), peng-kode-an (*coding*), pengelompokan (*categorizing*) dan pengklasifikasi tema (*theming*) (Erlingsson dan Brysiewicz 2013; Erlingsson dan Brysiewicz 2017). Daftar kode berikut pengkategorian dan tema ditransformasi menjadi faktor yang mewakili variabel isu dan ide dalam pengungkapan wacana, yang selanjutnya mengidentifikasi aktor yang memiliki peran formal dalam proses implementasi terkait dengan faktor tersebut (Hermans 2008; Parashar *et al.* 2021). Pre-analisis menghasilkan luaran daftar faktor dan aktor sebagai hipotesa awal. Data luaran ini menjadi bahan untuk menyusun kuisioner yang memuat kerangka pemikiran (*term of references*) dan daftar pertanyaan sebagai materi wawancara.
- Diskusi informal dengan kolega peneliti/pemodel serta pakar dilakukan untuk memahami sistem berpikir, yang kemudian dikonseptualisasi secara kualitatif dalam bentuk diagram hubungan kausal (CLD - *Causal loop diagrams*). CLD terbangun digunakan untuk mengidentifikasi variabel-variabel yang terhubung dengan faktor secara matematik kuantitatif (rumus), yang kemudian

diformulasi yang lebih halus ke bentuk model dinamis dalam bentuk diagram stok dan aliran kuantitatif akhir. Simulasi-simulasi berulang menggunakan data sekunder dan hipotetik menghasilkan umpan balik untuk pengembangan sistem berpikir yang lebih komprehensif, detail dan efektif. Umpan balik ini menjadi input untuk pengembangan CLD serta pengayaan daftar pertanyaan (kuisioner), kata kunci penelusuran hingga hipotesa terkait peran dan interaksi aktor (Richmond 1994; Wolstenholme 1999; Dhirasasna dan Sahin 2019). CLD berikut model yang terbangun pada tahapan pendahuluan ini bersifat hipotetis (*preliminary hypothetical CLD & Model*).

- d. Umpan balik yang dihasilkan dari pengembangan sistem berpikir dan simulasi menjadi data input untuk finalisasi kuisioner, yang kemudian digunakan untuk bahan wawancara dengan responden pakar. Pilihan metode wawancara mengikuti kesiapan dan kesediaan calon responden dalam dua pilihan format wawancara, yaitu personal dan grup. Wawancara mendalam (*depth interview*) dilakukan untuk validasi dan penelusuran lebih dalam terhadap tema khusus dan spesifik. Data hasil wawancara diolah menjadi data teks yang kemudian kembali diolah melalui tahapan: memahami makna tersimpan, kondensasi, peng-kode-an, pengelompokan dan tema. Informasi-informasi tambahan yang diperoleh dari proses wawancara menjadi kata kunci baru untuk penelusuran tambahan (pengayaan) data teks jurnal, media massa dan aturan kebijakan. Semua data konten, baik data awal, data wawancara dan data tambahan kemudian ditabulasi dan dianalisis melalui metode analisis konten untuk penguatan wacana Multi Usaha Kehutanan serta finalisasi daftar faktor dan aktor. Data dan informasi-informasi yang diperoleh pada poin d ini menjadi data input untuk tahapan berikutnya.
- e. Data luaran analisis konten (poin d) dianalisis lanjut dengan mendefinisikan aktor sebagai pemangku kepentingan (stakeholder) dan faktor sebagai indikator tujuan keberlanjutan, yang selanjutnya disusun dalam matrik pengaruh aktor terhadap aktor dan matrik peran aktor untuk pencapaian masing-masing indikator tujuan. Matrik kemudian diisikan oleh responden. Data isian kemudian diolah menggunakan perangkat lunak MACTOR untuk menganalisis aspek kelembagaan Multi Usaha Kehutanan.
- f. Data luaran analisis konten (poin d) kembali digunakan untuk koreksi dan pengayaan sistem berpikir dan melakukan proses yang sama dengan poin c, yang diperkaya dengan diskusi tambahan dengan responden jika proses mengalami stak. Proses ini meningkatkan status CLD dan model dari hipotesa pendahuluan menjadi CLD dan model hipotesa (*CLD and Model hypothesis*) yang siap diujicoba dalam riset aksi di Unit PBPH Sampel sebagai calon pengguna.
- g. Untuk mengukur tingkat kematangan teknologi sejak proses awal, pemilihan lokasi sampel ujicoba dilakukan melalui penawaran ke beberapa PBPH calon pengguna secara acak dengan penyampaian *term of references* melalui media e-mail. Jumlah sampel dalam penelitian ini dibatasi sebanyak 2 sampel, dimana 2 PBPH terpilih adalah 2 PBPH yang merespon dan menyatakan diri sebagai unit sampel. Dalam hal ini, selain untuk tujuan ujicoba secara riset, luaran dari riset aksi menjadi luaran bagi PBPH dalam pengambilan keputusan

berikut penyusunan atau revitalisasi dokumen rencana dari usaha tunggal (*single business*) menjadi multi usaha kehutanan (*multi-business forestry*).

- h. Semua data input dan output pada semua tahapan dan kelompok tahapan analisis wacana dan kelembagaan, konseptual dan formulasi model serta riset aksi diolah menjadi data input untuk penyusunan alternatif strategi berikut asumsi yang digunakan untuk implementasi dan keberlanjutan kebijakan multi usaha kehutanan secara nasional. Proyeksi-proyeksi manfaat dari masing-masing alternatif dihasilkan melalui simulasi menggunakan perangkat model yang telah dibangun.
- i. Penelitian diakhiri dengan penyampaian wacana dan strategi implementasi serta pengenalan (*launching*) perangkat model pada para stakeholder.

Berdasarkan uraian pada sub bab 3.1 s/d 3.3, keterhubungan antara tujuan dengan jenis, sumber data, metode analisis dan output seperti disajikan pada tabel 6 sebagai berikut.

Tabel 6 Matriks hubungan antara tujuan penelitian, data, sumber data, metode analisis, dan output yang diharapkan

No.	Tujuan	Data	Sumber Data	Metode Analisis	Output
1.	Penguatan wacana dan kelembagaan multi usaha kehutanan dalam upaya peningkatan kinerja sektor kehutanan dan pertanian Indonesia.	Teks, rekaman verbal / lisan, notulensi proses FGD dan rumusan	Jurnal/prosiding media massa & peraturan perundangan  <i>Feedback</i> sistem berpikir dan riset aksi	Analisis konten dengan NVivo	Penguatan wacana MUK  Daftar aktor & faktor
2.	Menyediakan perangkat model pengambilan keputusan Multi Usaha Kehutanan berdasarkan multikriteria keberlanjutan.	Data pengaruh antar aktor dan peran aktor untuk pencapaian tujuan	Data primer wawancara & FGD	Analisis kelembagaan dengan MACTOR.	Kelembagaan MUK

No.	Tujuan	Data	Sumber Data	Metode Analisis	Output
3	Menyediakan informasi strategi implementasi Multi Usaha Kehutanan secara Nasional.	Semua data input dan output kegiatan 1& 2 Data sekunder lainnya.	Semua sumber data kegiatan 1 & 2 Badan Pusat Statistik Statistik Kementerian	Desk study Simulasi	Strategi implementasi MUK secara Nasional

### 3.5 Analisis data

#### 3.5.1 Analisis wacana

Metode analisis wacana yang digunakan adalah kombinasi metode manual dan bantuan perangkat lunak komputer NVivo (Welsh 2002; Erlingsson dan Brysiewicz 2017; QSR 2021) dengan sumber teks, lisan dan nilai seperti disajikan pada Tabel 7. Seperti diuraikan pada diagram alir kegiatan penelitian, secara terpisah analisis wacana dilakukan mengikuti tahapan dan proses seperti disajikan pada Gambar 15, dimana analisis wacana merupakan bagian dari proses membangun sistem berpikir (*system thinking*). Luaran utama dari analisis ini adalah daftar faktor dan aktor. Faktor adalah konten isu keberlanjutan yang diperbincangkan untuk penguatan wacana Multi Usaha Kehutanan. Untuk analisis kelembagaan, faktor didefinisikan sebagai indikator tujuan. Sementara itu, untuk analisis sistem, faktor didefinisikan sebagai variabel kunci.

Tabel 7 Jenis data sebagai bahan analisis wacana

Teks	Lisan	Percakapan	Nilai
Artikel Ilmiah	Aktor / responden 1	Focus Group Discussion (FGD)	<i>Depth interview</i> dengan stakeholder kunci
Berita	Aktor / responden 2		
Regulasi (aturan perundangan)	Aktor / responden ke-n	Rumusan FGD	
Vademekum			



Gambar 15 Tahapan dan proses analisis wacana

Pengolahan data menggunakan perangkat lunak NVivo dengan tahapan: memasukkan/import teks, eksplorasi, kodefikasi, memanggil, refleksi, visualisas dan memo (QSR 2021). Kodefikasi dan penomoran dilakukan untuk manajemen teks sesuai sumber data dan tema, seperti contoh yang disajikan pada Tabel 8. Koding, kategori dan tema di tabulasi dan divisualisasi dalam bagan kue (*pie chart*) yang kemudian diwacanakan dalam narasi lengkap. Beberapa kondensasi dikutip (*quote*) untuk mendeskripsikan penguatan wacana Multi Usaha Kehutanan pada masing-masing tema.

Tabel 8 Kodefikasi dan penomoran teks berdasarkan tema

Kode	Sumber	Sorotan	Kondesasi	Koding	Kategori	Tema
<b>Contoh</b>						
J.1.Sus	DOI: 10.1080 /03066150.2013.873029	Proyek Food Estate di Papua telah menyebabkan perampasan tanah yang luas, disertai dengan dampak sosial dan ekologi yang menghancurkan (Ito <i>et al.</i> 2014).	Food estate berdampak sosial dan ekologi secara serius	Komunitas Degradasi	Tanggung jawab sosial Perhatian lingkungan	Manfaat/ dampak sosial, ekonomi dan lingkungan
M.4.Opt	Kompas, 25-10- 2022	Lahan konsesi rata-rata adalah lahan yang miskin hara dengan keasaman tinggi yang memerlukan perlakuan khusus yang menimbulkan biaya tinggi	Teknik budidaya dan investasi untuk peningkatan produktifitas lahan	Kesesuaian lahan Teknik budidaya Investasi	Kesesuaian lahan Penggunaan Lahan Dampak ekonomi	Penggunaan dan produktifitas lahan Manfaat/dampak sosial, ekonomi dan lingkungan

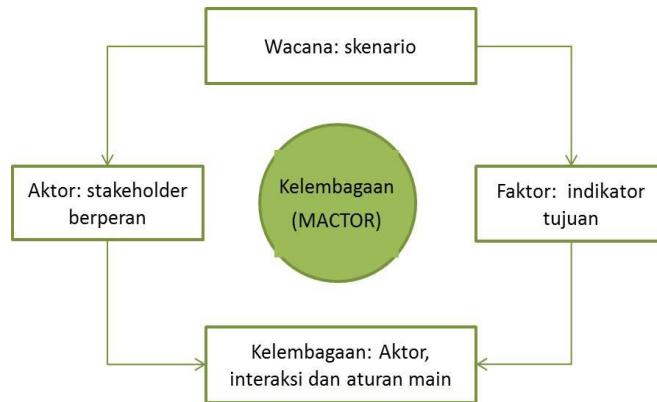
Analisis wacana meliputi juga pengayaan perspektif secara *ex-ante* untuk memetakan peluang, hambatan, kesiapan dan strategi implementasi masa depan. Dalam hal ini, wawancara mengandung 4 pertanyaan kunci (kuisisioner form 1 terlampir), antara lain :

1. Bagaimana urgensi dan prospek penerapan MUK secara Nasional ?
2. Kendala regulasi dan teknis apa yang menghambat ?
3. Bagaimana kesiapan para pihak untuk implementasi MUK ?
4. Strategi apa yang diperlukan untuk implementasi MUK ?

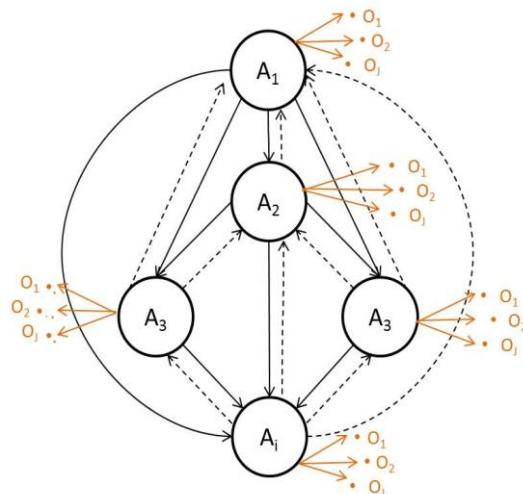
### 3.5.2 Analisis kelembagaan

Daftar aktor dan faktor sebagai bagian aspek penting kelembagaan dianalisis lebih lanjut untuk memetakan interaksi aktor dan faktor melalui pendekatan *La Prospective* menggunakan perangkat lunak MACTOR (Fadhil 2018; Fauzi 2019). Seperti disajikan pada Gambar 16, analisis wacana membangun skenario pencapaian tujuan keberlanjutan Multi Usaha Kehutanan dalam kelembagaan yang efektif oleh aktor yang berperan (aktor) dan indikator tujuan (faktor). Masing-

masing aktor ( $A_i$ ) memiliki *salience* terhadap masing-masing indikator tujuan ke-i ( $O_j$ ) yang menggambarkan prioritas yang mengukur seberapa besar perannya untuk pencapaian indikator tujuan tersebut dan seberapa besar manfaat yang diperoleh untuk pencapaian tujuan keseluruhan (*outcome*) aktor tersebut. Seperti contoh yang diilustrasikan pada Gambar 17, pencapaian *outcome* dari aktor ke-1 ( $A_1$ ) adalah agregat dari perannya terhadap pencapaian masing-masing indikator tujuannya ( $O_j$ ) ditambah dengan kekuatan relatifnya mempengaruhi (dan dipengaruhi) aktor ke-i ( $A_i$ ) secara langsung dan tidak langsung melalui aktor lain ( $A_2, A_3, A_4$ ).



Gambar 16 Tahapan analisis dengan teknik MACTOR.



Gambar 17 Peta hubungan langsung dan tidak langsung aktor dan indikator tujuan serta antar aktor

Relasi hubungan antar aktor dan indikator tujuan (faktor) ini disebut dengan interaksi aktor-faktor (*actor-factor interaction*), yang diukur menggunakan skor pengaruh dan peran (Tabel 9 dan 10). Perangkat lunak MACTOR menyelesaikan perhitungan melalui proses algoritma matematika untuk menyajikan informasi potensi aliansi, konflik, taktik, tujuan dan rekomendasi melalui penyajian matriks pengaruh langsung dan tidak langsung (MDII-matrix of *indirect and direct influence*) dan bobot agregat indikator tujuan (3MAO-matrix of *actor-objecitive order 3*) serta relasi konvergensi, divergensi dan ambivalensi. Secara lengkap, kerangka analisis berdasarkan tahapan berikut (Lakner *et al.* 2018; Fauzi 2019; Fetoui *et al.* 2020; Mafruhah *et al.* 2020):

1. Mendefinisikan indikator tujuan dan aktor
2. Memetakan posisi aktor dalam indikator tujuan yang dirumuskan (level dukungan atau penolakan)
3. Menentukan prioritas tujuan setiap aktor
4. Menganalisis keseimbangan kekuatan untuk setiap aktor
5. Menganalisis bentuk keseimbangan kekuatan (konvergensi dan divergensi)
6. Menyusun rekomendasi.

Daftar aktor dan tujuan kemudian disusun menjadi matrix seperti dsajikan pada Tabel 9 dan Tabel 10, meliputi matrik pengaruh aktor terhadap aktor lain ( $A_i$ ) dalam pencapaian visi implementasi Multi Usaha Kehutanan dan peran aktor dalam pencapaian masing-masing tujuan dalam daftar tujuan ( $O_j$ ) (Tabel 11).

Tabel 9 Format matrik pengaruh aktor terhadap pencapaian indikator tujuan Multi Usaha Kehutanan (*MAO-matrix of Actor-Objective*)

Aktor/Tujuan	$O_1$	$O_2$	$O_3$	..... $O_j$
$A_1$				
$A_2$				
$A_3$				
..... $A_i$				

Sumber : Interaksi dan tujuan : Mactor (Fauzi 2019)

Peran aktor terhadap pencapaian tujuan berdasarkan skor -4 s.d 4, meliputi netral (0), peran mendorong (+) atau menghambat (-) dengan ketentuan (Godet 2006; Fauzi 2019) sebagai berikut :

1. Netral; nilai skor 0
2. Indikator tujuan mendukung prosedur operasional aktor (+1); indikator tujuan mengganggu prosedur operasional aktor (-1)
3. Indikator tujuan mendukung keberhasilan pekerjaan aktor (+2); indikator tujuan mengganggu prosedur operasional aktor (-2)
4. Indikator tujuan mendukung pencapaian misi aktor (+3); indikator tujuan mengganggu pencapaian misi aktor (-3)
5. Indikator tujuan mendukung eksistensi aktor (+4); indikator tujuan mengganggu eksistensi aktor (-4).

Tabel 10 Format matrik pengaruh aktor terhadap aktor lain (*MDI-matrix of Direct Influence*) dalam implementasi MUK

Aktor/Aktor	$A_1$	$A_2$	$A_3$	..... $A_n$
$A_1$				
$A_2$				
$A_3$				
..... $A_n$				

Sumber: Interaksi dan tujuan : Mactor (Fauzi 2019)

Pengaruh aktor terhadap aktor lain berdasarkan skor 0-4 dengan ketentuan (Godet 2006; Fauzi 2019) sebagai berikut :

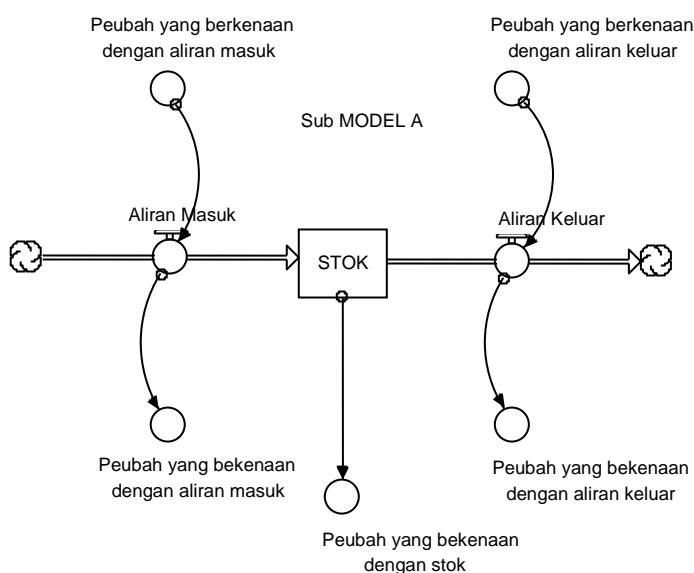
1. Tidak ada pengaruh; nilai skor 0
2. Memengaruhi prosedur operasional; nilai skor 1
3. Memengaruhi pekerjaan; nilai skor 2
4. Memengaruhi misi aktor; nilai skor 3
5. Memengaruhi eksistensi aktor; nilai skor 4

Dua matrik tersebut digunakan sebagai materi utama wawancara, FGD dan diskusi terkait analisis kelembagaan (kuisioner form 2 terlampir).

### 3.5.3 Analisis sistem dinamik dan pemodelan

Luaran dari analisis sistem dan dinamik adalah diagram hubungan kausal (CLD-causal loop diagrams) dan model. Analisis menggunakan perangkat lunak Stella. Langkah-langkah seperti disampaikan Barbrook-Johson dan Penn (2022) secara umum dikelompokkan berdasarkan 3 langkah berikut:

1. Konseptual model, merupakan gambaran pemikiran yang menerangkan hubungan variabel dalam sistem yang kemudian disusun dalam bentuk CLD. CLD adalah abstraksi sistem sebagai hipotesis struktur sistem berpikir yang menghubungkan diagram hubungan sebab akibat antara variabel. CLD tahap awal untuk transisi yang lebih halus ke diagram stok dan aliran kuantitatif (*flow*) dalam bentuk model.
2. Formulasi model, dilakukan dengan membangun diagram stok dan *flow* untuk selanjutnya dibuat formulasi matematis dari diagram tersebut berdasarkan struktur sistem berpikir yang digambarnya melalui CLD. Seperti disampaikan sebelumnya, dalam prakteknya, formulasi model kuantitatif akan memberi *feedback* untuk koreksi konseptual model kualitatif (CLD) dan sebaliknya untuk membangun CLD dan model yang komprehensif, detail dan efektif (Gambar 18).



Gambar 18 Notasi dan struktur dasar yang menjadi konsep awal dalam membangun model sesuai dengan tujuannya.

Model dibangun dengan menggunakan beberapa notasi untuk menggambarkan stok, aliran masuk, aliran keluar, sumber, buangan, aliran informasi dan peubah-peubahnya

3. Reliabilitas dan validitas model. Keterhandalan (*reliability*) menggunakan pendekatan nilai *cronbach alpha* ( $\alpha$ ) yang mengukur variabilitas nilai skor keterhandalan uji ke- $i$  hingga  $k$  tahapan uji pada sampel pengujian ke- $x$  hingga  $X$  jumlah pengujian, dimana jika  $s_i^2$  adalah keragaman skor individual masing-masing tahapan dan  $s_X^2$  adalah keragaman dari jumlah skor seluruh tahapan, maka *cronbach alpha* ( $\alpha$ ) adalah:

$$\alpha = \left( \frac{k}{k-1} \right) \times \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^k s_i^2}{s_X^2} \right)$$

Nilai  $\alpha$  dalam rentang 0-1, dimana jika  $\alpha$  mendekati 1 menunjukkan keterhandalan tinggi (McHugh 2012; Amirrudin *et al.* 2020; Kennedy 2022).

Validasi menggunakan uji penyimpangan antara nilai rata-rata simulasi terhadap nilai aktual (*MAE-mean absolute error*). Jika  $P_i$  adalah hasil prediksi sub model untuk objek ke- $i$  dan  $O_i$  adalah hasil observasi atau data aktual objek ke- $i$  hingga  $n$  jumlah objek amatan, maka selisih kesalahan ( $e_i$ ) dan rata-rata kesalahan absolut (*MAE*) adalah:

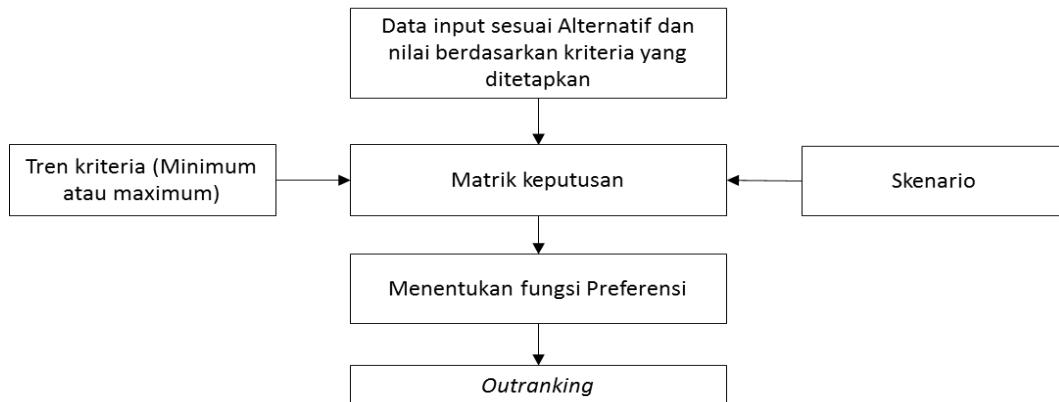
$$e_i = \frac{P_i - O_i}{O_i}; MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n}$$

Model dikatakan valid jika nilai error tidak melebihi 0.1 nilai observasi / aktual (Willmott dan Matsuura 2005).

### 3.5.4 Analisis Keberlanjutan

CLD dan model Multi Usaha Kehutanan terbangun dari pemikiran sistem yang holistik, detail dan efektif. Dalam riset aksi maupun penggunaan oleh pengguna lain secara lebih luas (*user*), CLD difungsikan sebagai alat bantu pembelajaran (*learning process*) untuk memahami sistem dan kemudian menyusun alternatif pilihan usaha serta penggunaan lahan berdasarkan beragam variable keputusan dan *trade-off* (Kocmanová *et al.* 2013; Goswami 2020; Oubahman dan Duleba 2021). Sementara itu, perangkat model terbangun difungsikan sebagai alat bantu mengolah semua data input melalui proses simulasi masing-masing alternatif untuk menghasilkan data luaran dalam beragam satuan pada masing-masing indikator tujuan keberlanjutan. Data tersebut mendeskripsikan secara parsial nilai manfaat dari masing-masing indikator untuk masing-masing alternatif. Untuk memperoleh nilai manfaat keseluruhan masing-masing alternatif, operasi matematika (penjumlahan antar indikator dalam alternatif yang sama) belum bisa dilakukan, karena masing-masing nilai indikator memiliki satuan nilai dan arah manfaat yang berbeda. Data asal yang termasuk kelompok data dalam skala ratio dengan satuan dan arah manfaat yang berbeda, perlu ditransformasikan ke kelompok data dalam skala ordinal dengan satuan dan arah manfaat yang sama sehingga operasi matematika penjumlahan antar indikator bisa dilakukan. Perangkat lunak Promethee digunakan sebagai alat bantu proses transformasi

tersebut sekaligus menyediakan secara visual pemeringkatan berikut fitur-fitur analisis lebih lanjut dalam pengambilan keputusan, penyusunan strategi dan evaluasi keberlanjutan melalui metode pengambilan keputusan berdasarkan multi-kriteria (*Multi Criteria Decision Making-MCDM*) (Ho *et al.* 2010; Fauzi 2019; Davelaar 2021; Francis dan Thomas 2023; Taherdoost dan Madanchian 2023). Tahapan kerja penggunaan perangkat ini seperti disajikan pada Gambar 19.



Gambar 19 Tahapan dan proses analisis keberlanjutan melalui metode Promethee (Fauzi 2019)

Daftar tujuan ( $O_n$ ) yang diformulasikan sebagai variable penting keputusan diubah sebagai indikator keputusan ( $i_n$ ) yang dikelompokkan kedalam kriteria-kriteria keberlanjutan ( $C_n$ ) untuk membentuk kriteria dan indikator keberlanjutan ( $C_n i_n$ ). Nilai-nilai  $C_n i_n$  yang diolah sebagai nilai luaran dalam proses simulasi ditabulasi dalam format matrik seperti disajikan pada Tabel 11 dan diolah melalui perangkat lunak Promethee. Promethee akan memproses data sebagai bahan pembahasan, meliputi pemeringkatan, kontribusi kriteria terhadap skor masing-masing alternatif, uji sensitifitas melalui perubahan bobot kriteria dan pengembangan skenario jika terjadi perubahan nilai alternatif untuk beberapa kriteria, sebagai contoh akibat perubahan kebijakan, kenaikan harga komoditas dan lain lain (Fauzi 2019).

Tabel 11 Format matrix data input untuk analisis strategi keberlanjutan alternatif dan nilai berdasarkan kriteria ekologi, ekonomi dan sosial hasil simulasi model terhadap masing masing alternatif

Alternatif	Kriteria ke-1 ( $C_1$ )	....	Kriteria ke-n ( $C_n$ )
	$C_1 i_1 \dots C_1 i_n$	....	$C_n i_1 \dots \dots C_n i_n$
A 1			
A 2			
Alternatif ke-i ( $A_i$ )			
Min / Max			
Preferensei			
Ambang			
Bobot			

Sumber : Strategi keberlanjutan: Promethee (Fauzi 2019)

## **IV GAMBARAN UMUM KARAKTERISTIK WILAYAH PENELITIAN**

Riset aksi dalam penelitian ini dilaksana di dua unit sampel, terdiri dari PT. Ratah Timber dan PT Nusantara Ekosistem Lestari. PT. Ratah Timber adalah perusahaan yang telah memiliki izin usaha dalam mainstream Izin Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan Kayu pada Hutan Alam (IUPHHK-HA). Arahan dalam izin berjalan ini adalah melaksanakan 3 sistem silvikultur (Multi Sistem Silvikultur), yaitu Tebang Pilih Tanam Indonesia (TPTI), Tebang Pilih Tanam Jalur (TPTJ) dan Tebang Habis Permudaan Buatan (THPB). Sementara itu, PT. Nusantara Ekosistem Lestari adalah satu perusahaan baru yang sedang dalam proses pengajuan Perizinan Berusaha Pemanfaatan Hutan (PBPH) untuk wilayah konsesi di Sulawesi Tengah. Sehingga demikian, riset aksi di PT. Ratah Timber bertujuan untuk penyusunan rencana revitalisasi izin usaha, sementara itu di PT. Nusantara Ekosistem Lestari untuk penyusunan izin baru. Data gambaran umum yang disampaikan adalah data hasil pengolahan dan analisis spasial dari sumber data sekunder dan primer. Pengolahan dan analisis tersebut menjadi bagian dari tahapan penelitian riset aksi, terutama dalam penyusunan alternatif pilihan usaha.

### **4.1 PT. Ratah Timber Holding**

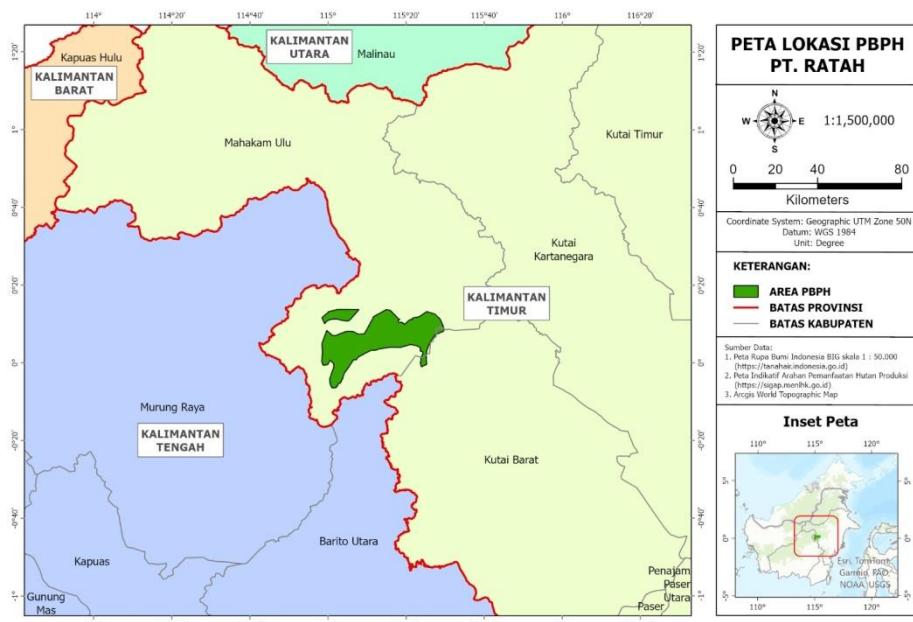
#### *4.1.1 Profil PBPH*

PT Ratah Timber Holding (RTH) adalah perusahaan swasta Nasional dalam kelompok Perizinan Berusaha Pemanfaatan Hutan (PBPH) yang tercatat melalui Berita Negara Nomor 23 jo 137 Tahun 1971 dan perubahan Akta Notaris Yulida Vincesthesia, SH Nomor 05 dan pengesahan Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia Nomor : AHU.29944.AH.01.02.Tahun 2008 tanggal 3 Juni 2008. PT Ratah Timber memiliki pengalaman investasi pengelolaan hutan yang cukup panjang mengikuti regulasi-regulasi pengelolaan hutan secara lestari. Dimulai sejak tahun 1970 melalui Keputusan Pemberian Hak Pengusahaan Hutan berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian Nomor; 526/Kpts/Um/11/1970 dengan luas area kelola  $\pm$  125.000 ha. Performa kelola yang baik menghasilkan kepercayaan dalam bentuk izin perpanjangan pertama melalui Keputusan Menteri Kehutanan Nomor: 95/Kpts-II/2000 tanggal 22 Desember 2000 *serta* izin perpanjangan kedua melalui Keputusan Menteri Kehutanan Nomor: SK359/Menhut-II/2009 tanggal 18 Juni 2009 dalam bentuk Izin Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan Kayu pada Hutan Alam (IUPHHK) dengan luas + 93.425 selama jangka waktu 45 tahun, terhitung sejak tanggal 8 November 2010 hingga 7 November 2045. Saat ini PT Ratah Timber melaksanakan izin usaha berdasarkan Persetujuan Rencana Karya Usaha (RKU) Pemanfaatan Hasil Hutan Kayu dalam Hutan Alam pada Hutan Produksi berbasis IHMB Periode Tahun 2021-2030. Berdasarkan izin usaha melalui Keputusan Menteri LHK Nomor: SK.483/MenLHK-PHPL/UHP/HPL.1/2/2020 tersebut, PT Ratah Timber melaksanakan 2 sistem silvikultur yaitu: a). Tebang Pilih Tanam Indonesia dengan etat luas maksimum  $\pm$  21.254 ha/10 tahun dan etat volume maksimum  $\pm$  988.266,48 m<sup>3</sup>/10 tahun, dan b). Tebang Habis Permudaan Buatan pada areal berpenutupan non hutan seluas  $\pm$  1000 ha. Di samping itu, PT Ratah

Timber diarahkan untuk melakukan penanaman dengan teknik Silvikultur Intensif (SILIN) melalui system silvikultur TPTJ seluas  $\pm$  13.877,4 ha.

#### 4.1.2 Lokasi Konsesi

Secara geografis konsesi PBPH PT Ratah Timber terletak pada  $114^{\circ}55'$  -  $115^{\circ}30'$  Bujur Timur dan  $0^{\circ}2'$  LS -  $0^{\circ}15'$  LU. Berdasarkan letak administrasi pemerintahan, areal tersebut berada dalam wilayah Kecamatan Long Hubung dan Kecamatan Laham, Kabupaten Mahakam Ulu, Provinsi Kalimantan Timur. Berdasarkan wilayah pemangkuhan hutan PT Ratah Timber termasuk dalam wilayah Kesatuan Pemangkuhan Hutan Produksi (KPHP) XXIV Damai, Dinas Kehutanan Provinsi Kalimantan Timur. Menurut wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS), konsesi PBPH PT Ratah Timber berada dalam wilayah DAS Mahakam yang tersebar pada Sub DAS Ratah. Lokasi konsesi PT RTH seperti disajikan pada Gambar 20.



Gambar 20 Peta lokasi unit sampel kawasan PT Ratah Timber Holding, Sumber: data olahan

#### 4.1.3 Tutupan hutan

Tutupan lahan dalam konsesi PT Ratah Timber terdiri dari 13.656,85 ha hutan primer, 77.482,67 ha hutan sekunder dan 2.285,45 non hutan. Hutan primer terdiri dari 2 kelas potensi awal tegakan hutan (PATH) dan hutan sekunder dalam 4 kelas PATH dan non hutan dalam 1 kelas PATH. PATH adalah potensi kayu alami per ha di tahun nol waktu analisis yang dihitung berdasarkan rumus 1 terhadap semua pohon berdiameter  $\geq 50$  cm up untuk semua kelompok jenis, yaitu meranti, rimba campuran, rimba campuran lainnya, kayu indah serta jenis dilindungi dan tidak komersil (Suryanto, Nurrochmat, Purnomo, *et al.* 2010; Suryanto dan Wahyuni 2015).

$$PATH_i = \left( \sum_{j,k=1}^n \frac{1}{4} \rho(D_j)^2 x TBC_{jk} x JP_{jk} x AB_k \right) x FexFp \dots \text{rumus 1}$$

$\text{PATH}_i$  adalah potensi awal tegakan hutan,  $\rho$  adalah  $P_i$ ,  $D_j$  adalah dimater tengah pada kelas diameter ke- $j$ ,  $TBC_{jk}$  adalah tinggi bebas cabang pada kelas diameter ke- $j$  dan kelompok jenis ke- $k$ ,  $JP_{jk}$  adalah jumlah pohon pada kelas diameter ke- $j$  dan kelompok jenis ke- $k$ ,  $AB$  adalah angka bentuk pada kelas diameter ke- $j$  dan kelompok jenis ke- $k$ ,  $Fe$  adalah faktor eksplorasi dan  $Fp$  adalah faktor pengaman. Asumsi yang digunakan untuk  $Fe$  dan  $Fp$  pada analisis ini adalah berturut-turut 0,7 dan 0,8.

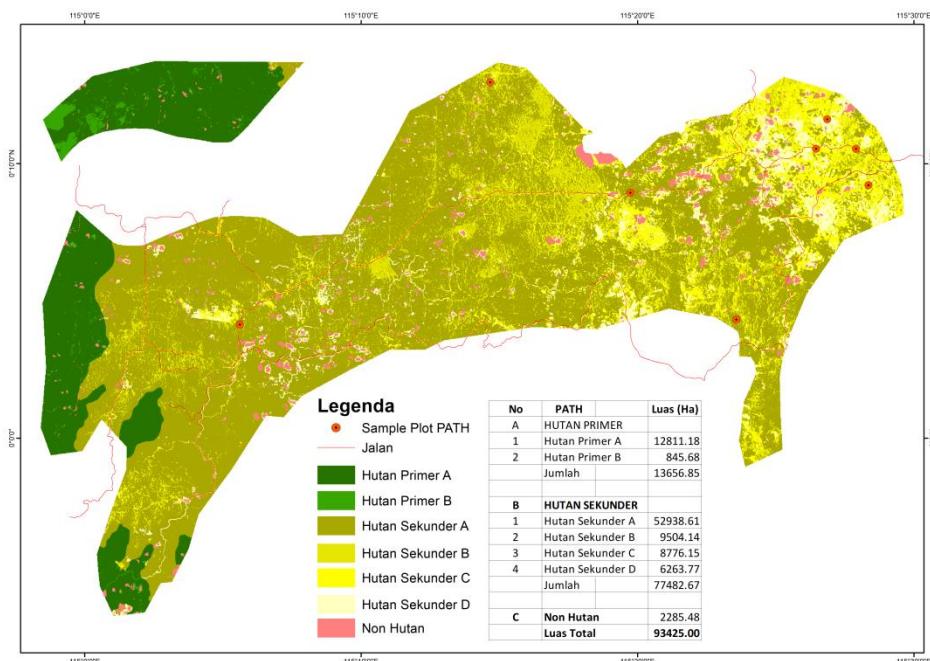
Tabel 12 Sebaran tutupan lahan berdasarkan 5 kelas PATH

No.	Tutupan Lahan dan PATH	Luas (ha)	Potensi rata-rata <sup>1</sup>
1.	Hutan Primer A; PATH > 60 m3/ha	12.811,18	66,04 m3/ha
2.	Hutan Primer B <sup>2</sup> ; PATH $\leq$ 60 m3/ha	845,68	<sup>3</sup> 55,95 m3/ha
3.	Hutan Sekunder A; PATH > 60 m3/ha	52.938,61	62,01 m3/ha
4.	Hutan Sekunder B; PATH 40 s.d 60 m3/ha	9.504,14	46,69 m3/ha
5.	Hutan Sekunder C; PATH 20 s.d 40 m3/ha	8.776,15	26,01 m3/ha
6.	Hutan Sekunder D; PATH $\leq$ 20 m3/ha	6.263,77	12,46 m3/ha
7.	Non Hutan; PATH = 0 m3/ha	2.285,48	0,00 m3/ha
Jumlah		93.425,00	52,73 m3/ha

<sup>1</sup>PATH berdasarkan perhitungan volume pohon berdiameter  $\geq$  50cm up untuk semua kelompok jenis;

<sup>2</sup>termasuk Hutan Primer C dan D dalam spot-spot kecil, diindikasikan hutan primer rawang/kerangas,

<sup>3</sup>potensi rata-rata khusus PATH Hutan primer B yang dominan. Sumber: data olahan dari data peta tutupan lahan serta data *groundcheck* struktur dan komposisi tegakan



Gambar 21 Peta sebaran tutupan lahan berdasarkan rona PATH,  
Sumber: data olahan

Seperti disajikan pada Tabel 12 dan Gambar 21, berdasarkan analisis spasial melalui tahapan interpretasi rona, digitasi penentuan titik sampel *groundcheck* (9 titik), pengukuran dan pengolahan data struktur dan komposisi tegakan serta sejarah pengelolaan, dapat diketahui bahwa sebaran hutan primer A dan B serta Hutan sekunder A dan B terdapat di bagian barat yang jauh dari akses jalan umum dan pemukiman, sementara Hutan Sekunder C, D terdapat di bagian timur yang

memiliki aksesibilitas dekat jalan umum, pemukiman serta kantor site hutan PT. Ratah Timber.

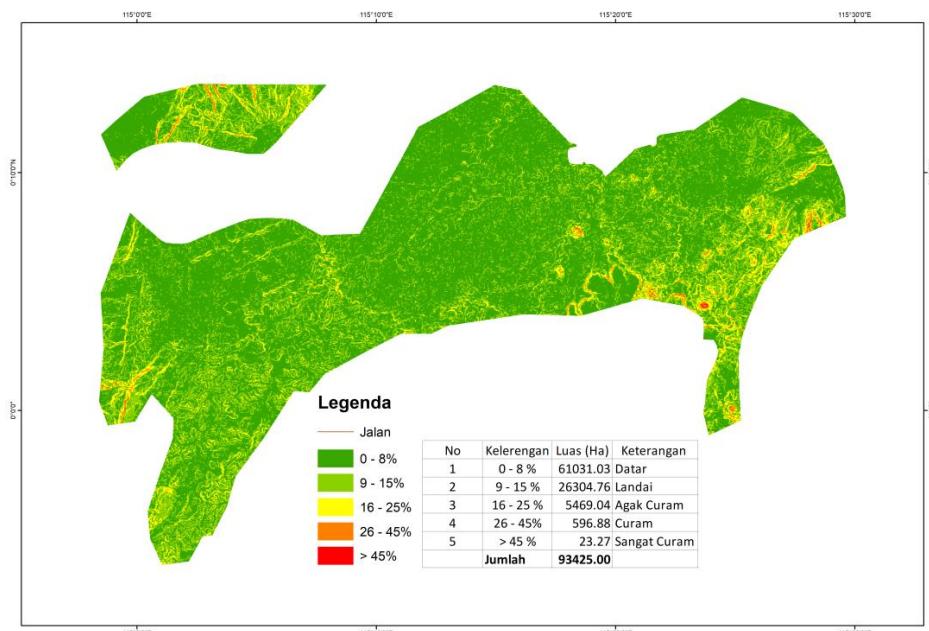
#### 4.1.4 Topografi

Hasil analisis kelas lereng berdasarkan peta Topografi (Gambar 22) yang diinterpolasi dengan tutupan lahan berdasarkan distribusi PATH disajikan pada Tabel 13. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dapat diketahui bahwa lahan didominasi pada kelas kelerengan datar hingga landai dengan sebaran yang cenderung terdistribusi merata untuk masing-masing PATH.

Tabel 13 Sebaran lahan berdasarkan kelas kelerengan di masing-masing PATH

Klasifikasi dan Kelerengan	PATH (ha)							
	HP A	HP B	HS A	HS B	HS C	HS D	NH	Jumlah
Datar, 0 s.d 8 %	8367	558	34582	6209	5732	4091	1492	61031
Landai, 9 s.d 5%	3608	238	14905	2676	2470	1763	645	26305
Agak C, 16 s.d 25%	750	20	3114	556	514	367	148	5469
Curam, 26 s.d 50%	63	30	338	63	60	43	0	597
Sangat C, >40%	23	0	0	0	0	0	0	23
	12811	846	52939	9504	8776	6264	2285	93425

Sumber: analisis spasial berdasarkan *overlaying* peta topografi dan peta sebaran PATH



Gambar 22 Peta topografi di areal kerja PT. Ratah Timber,  
Sumber: PT. Ratah timber

Hasil analisis kelas lereng berdasarkan Peta Topografi dan Data SRTM Radar Interval Kontur 25 meter yang diinterpolasi dengan tutupan lahan berdasarkan distribusi PATH disajikan pada Tabel 3.5. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dapat diketahui bahwa lahan didominasi pada kelas kelerengan datar hingga landai dengan sebaran yang cenderung terdistribusi merata untuk masing-masing PATH.

#### 4.1.5 Hidrologi dan iklim

Konsesi PBPH PT Ratah Timber berada di dalam satu Daerah Aliran Sungai (DAS) dengan beberapa sub DAS, yaitu : Sub DAS Mahakam Ulu, Sub DAS Ratah, Sub DAS Hubung, Sub DAS Long Gelawang, Sub DAS Benturak, Sub DAS Nyerubungan, Sub DAS Pari dan Sub DAS Jerumai. Berdasarkan studi SEMDAL diperoleh data bahwa kondisi debit sesaat dan kandungan sedimen dari beberapa titik sungai-sungai di areal kerja PT Ratah Timber, disajikan pada Tabel 14.

Tabel 14 Debit Sungai dan Kandungan Sedimen

No.	Stasiun Pengamatan	Debit (m <sup>3</sup> /detik)	Residu Total (mg/l)	Sedimen (ton/thn)
1.	S. Mahakam	Nd	17,0	-
2.	S. Benturak	1.290	8,0	0,89
3.	S. Benturak Ilir	5.435	24,0	11,27
4.	S. Nyerubung Ilir	19.210	12,0	19,82
5.	S. Ratah Hulu	26.540	7,0	17,20
6.	S. Ratah Hilir	30.784	120,0	319,17
7.	S. Pari	7.184	8,5	5,28

Sumber : Studi SEL PT Ratah Timber

Menurut sistem klasifikasi Schmidt and Fergusson, iklim, di areal kerja IUPHHK-HA PT RATAH TIMBER termasuk iklim sangat basah atau tipe A dengan jumlah bulan basah adalah 12 bulan (nilai Q = 0%). Berdasarkan data statistik Mahakam Ulu Dalam Angka 2019 dan Cabang dinas Pertanian Long Iram, Curah hujan bulanan adalah antara 370 – 560 mm/bulan, 5.409 mm/tahun atau rata-rata 450,75, dimana semua bulan adalah bulan basah . Suhu berada pada kisaran 25,8 – 26,9 °C dan kelembaban 82,5 – 86,4 %.

#### 4.1.6 Demografi dan perekonomian desa sekitar

Di sekitar konsesi PBPH PT RATAH TIMBER terdapat 12 kampung, antara lain Kampung Mamahak Teboq, Sirau, Lutan, Datah Bilang Ilir, Datah Bilang Ulu, Datah Bilang Baru, Long Hubung dan Long Hubung Ulu, Muara Ratah, Danum Paroy, Long Gelawang, dan Nyaribungan. Berdasar administrasi pemerintahan, kampung-kampung tersebut termasuk ke dalam 2 (dua) wilayah kecamatan (kec.), yakni Kec. Long Hubung dan Kec. Laham, Kabupaten Kutai Barat, Provinsi Kalimantan Timur. Semua kampung berada di luar konsesi izin yang dapat dijangkau melalui jalur air dan darat dengan waktu tempuh 2-10 jam. Dominan kampung adalah kampung tradisional yang terisolir dengan penduduk asli Dayak dari etnis Bahau, Kenyah, Punan dan Bakumpai. Diantaranya terdapat suku pendatang dari etnis Jawa, Bugis, Banjar, Toraja, dan lain-lain. Suku-suku pendatang ini umumnya bekerja sebagai aparatur sipil Negara, pedagang dan tenaga kerja di perusahaan disekitarnya. Total jumlah penduduk adalah 9.223 jiwa yang terdiri dari 2.414 keluarga.

Mata pencaharian dominan adalah bertani ladang, dengan kisaran 45 – 90% pada masing-masing desa. Umumnya memiliki mata pencaharian tambahan sebagai pemburu, peramu dan pencari ikan. Komoditas utama pertanian meliputi padi ladang, Karet dan Kakao. Komoditas lainnya adalah ubi-ubian, sayuran, pisang, kacang dan wijen. Beberapa komoditas lain, terutama durian dan rotan

diusahakan melalui pemungutan pada hutan/tanah ulayat. Durian ini adalah jenis durian Melak yang popular di Kalimantan Timur. Komoditas padi ladang dilakukan melalui sistem rotasi ladang berpindah, sementara itu, komoditas lainnya dalam sistem ladang tetap dengan praktik ekstensifikasi. Luas ladang padi yang dibuka umumnya seluas 1 – 3 ha yang kembali pada rotasi ke-3 atau lebih, tergantung dengan jumlah anggota keluarga masing-masing keluarga. Walaupun sejauh ini tidak terjadi permasalahan konflik lahan dari praktik-praktik pertanian tersebut, namun program-program pemberdayaan perlu dioptimalkan untuk pengembangan teknologi dan komoditas yang dapat memenuhi kebutuhan hidup sebagai akibat pertambahan jumlah penduduk dan gaya hidup.

#### *4.1.7 Potensi pemanfaatan lahan untuk pengembangan Multi Usaha Kehutanan*

Pendekatan untuk analisis potensi ketersediaan dan kesesuaian lahan untuk pengembangan MUK dalam riset ini adalah dengan metode skoring. Tahapan yang dilakukan meliputi; a) digitasi peta tutupan lahan dengan hasil *groundcheck* potensi sesuai nilai skor pada Tabel 15, b). digitasi peta topografi sesuai skor pada Tabel 16, c). tumpang susun dan penjumlahan nilai skor sesuai jumlah nilai skor pada Tabel 17, dan d). deliniasi dan penapisan areal berpotensi lindung, keterlanjuran, konflik, jasa lingkungan serta area untuk penelitian dan pengembangan (Suryanto *et al.* 2018; Suryanto dan Sayektinginsih 2020).

Tabel 15 Klasifikasi dan nilai skor PATH

No.	Klasifikasi	PATH	Skore
1.	PATH A	> 60 m <sup>3</sup> /ha	140
2.	PATH B	40 s.d 60 m <sup>3</sup> /ha	105
3.	PATH C	20 s.d 40 m <sup>3</sup> /ha	70
4.	PATH D	<20 m <sup>3</sup> /ha	35
5.	Non Hutan	0	0

Sumber : Suryanto *et al.* 2018; Suryanto dan Sayektinginsih 2020

Tabel 16 Klasifikasi dan nilai skore topografi

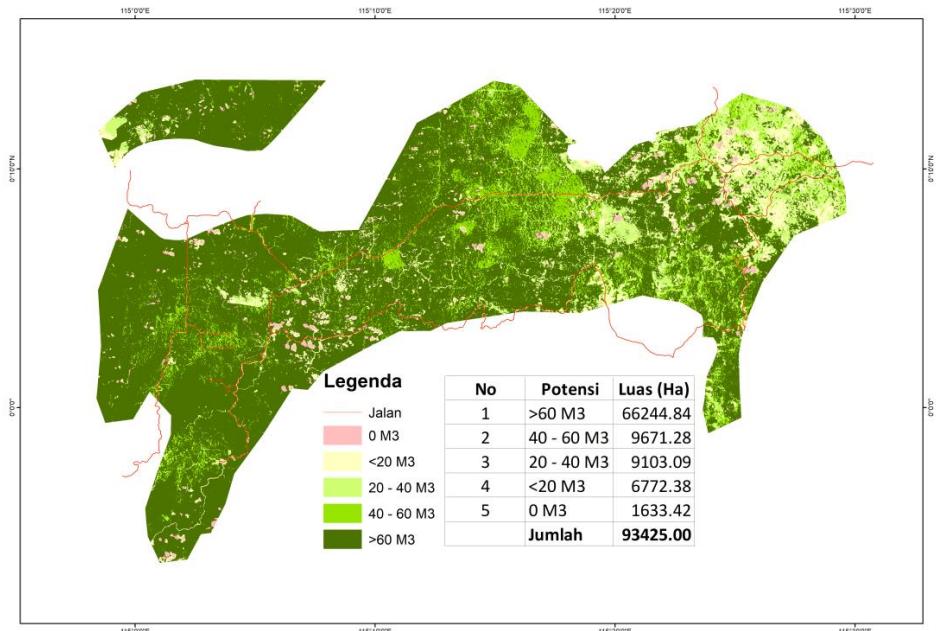
No.	Klasifikasi	Kelerengan	Skore
1.	Datar	0 s.d 8 %	15
2.	Landai	9 s.d 5%	30
3.	Agak Curam	16 s.d 25%	45
4.	Curam	26 s.d 50%	60
5.	Sangat Curam	>40%	75

Sumber : Suryanto *et al.* 2018; Suryanto dan Sayektinginsih 2020

Tabel 17 Jumlah nilai skore dan arahan kesesuaian pemanfaatan lahan

No.	Jumlah Nilai Skore	Arahan kesesuaian lahan
1.	>200 dan/atau kelerengan >40%	Kawasan Lindung
2.	155 s.d 200	Kelola Hutan Alam
3.	100 s.d 154	Kelola Hutan Alam Intensif
4.	<100	Budidaya

Sumber : Suryanto *et al.* 2018; Suryanto dan Sayektinginsih 2020, dikoreksi.



Gambar 23 Peta sebaran PATH di konsesi PBPH PT Ratah Timber

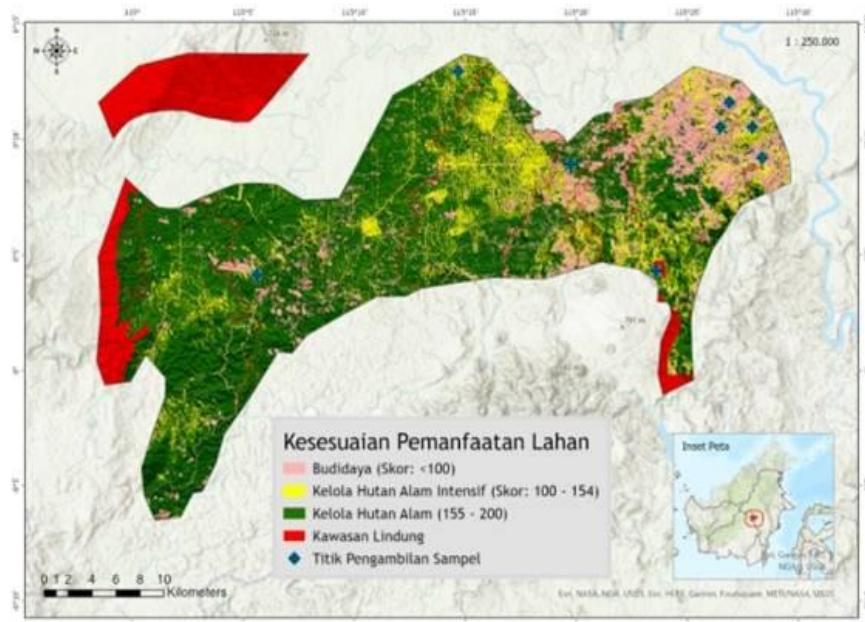
Berdasarkan analisis spasial lanjutan terhadap peta tutupan lahan yang didigitasi dengan hasil analisis vegetasi bersumber dari data primer pengukuran / inventarisasi tegakan pada 9 titik sampel terstruktur yang diinterpolasi dengan data IHMB tahun 2019, dapat diketahui bahwa potensi awal tegakan hutan (PATH) di konsesi izinusaha PT Ratah Timber masih didominasi oleh potensi tegakan tinggi (>60 m<sup>3</sup>/ha), terutama pada bagian barat (Gambar 23 dan Tabel 19). Sementara itu, bagian kawasan sebelah timur yang memiliki aksesibilitas tinggi serta dekat pemukiman dan kantor site PT Ratah Timber umumnya adalah PATH dengan potensi <60m<sup>3</sup>/ha (sedang, rendah dan sangat rendah).

Tabel 18 Distribusi PATH pada beberapa tutupan lahan di PT Ratah Timber

No.	PATH <sup>1</sup>	Luas (ha)	Percentase (%)
1.	> 60 m <sup>3</sup> /ha	66.244,84	79,90
2.	40 s.d 60 m <sup>3</sup> /ha	9.671,28	10,36
3.	20 s.d 40 m <sup>3</sup> /ha	9.103,09	9,74
4.	<20 m <sup>3</sup> /ha	6.772,38	7,25
5.	0	1.633,42	1,75
<b>Jumlah</b>		<b>93.425,00</b>	<b>100,00</b>

1 Hasil digitasi tutupan lahan dan hasil pengolahan data primer inventarisasi tegakan dalam 9 struktur tegakan (kelas diameter 10, 20, 30 ... 90up) dan 5 komposisi tegakan (kelompok jenis Meranti, Rimba campuran, Rimba campuran lainnya, Kayu Indah dan Kayu dilindungi&/tidak komersil)

Proses tumpang susun antara peta PATH dan topografi berdasarkan metode penjumlahan nilai skore dan penapisan kawasan lindung berdasarkan kesensialannya sebagai kawasan lindung menghasilkan peta yang disajikan pada Gambar 24, yang sebaran dan distribusi luasnya disajikan pada Tabel 19.



Gambar 24 Peta arahan kesesuaian lahan berdasarkan jumlah nilai skor dan penapisan area lindung

Tabel 19 Distribusi dan luas ketersediaan berdasarkan berdasarkan jumlah nilai skore arahan kesesuaian lahan dan penapisan kawasan lindung

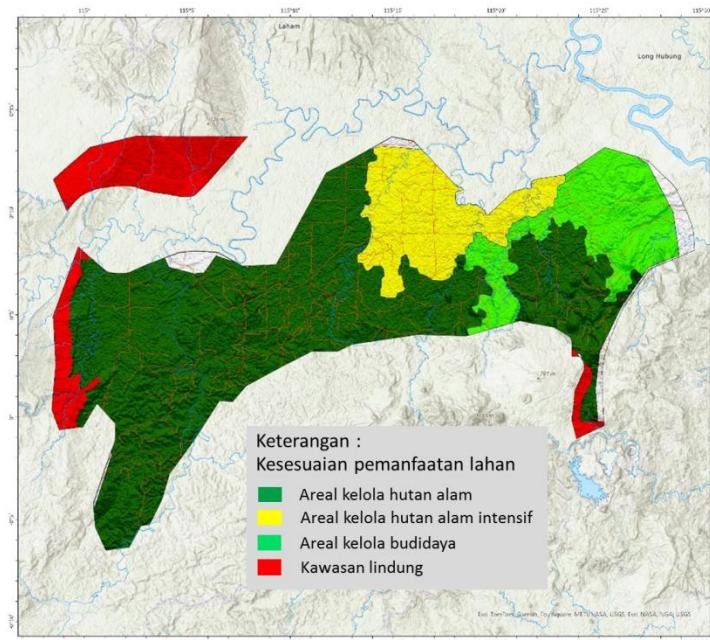
No.	Arahan Kesesuaian Pemanfaatan Lahan	Luas
1.	Kelola Hutan Alam	59.140,95
2.	Kelola Hutan Alam Intensif	12.381,26
3.	Budidaya	13.010,79
4.	Kawasan Lindung <sup>1</sup>	8.892,00
Jumlah		93.425,00

Sumber: data primer pengolahan data dan analisis spasial. <sup>1</sup> proses penapisan berdasarkan sejarah dan potensinya sebagai kawasan lindung

Langkah terakhir analisis spasial lanjutan adalah pengelompokan dan delineasi serta penapisan kawasan lindung, area litbang, keterlanjuran, sisa dan konflik menghasilkan peta arahan kesesuaian pemanfaatan lahan untuk pengembangan Multi Usaha Kehutanan seperti disajikan pada Gambar 25 dan Tabel 20.

Berdasarkan tahapan analisis yang dilakukan, fragmentasi kawasan di PT Ratah Timber tergolong rendah dimana potensi ketersediaan kawasan untuk *mainstream* kelola hutan alam masih cukup tinggi, yaitu sebesar 70,9%. Sejumlah 59,1% bagian kawasan (55.063 ha) dapat diarahkan untuk pilihan usaha kelola hutan alam melalui sistem silvikultur hutan alam dan 11,8% (11.742 ha) untuk pilihan usaha kelola sistem silvikultur hutan alam intensif. Dua unit kelola ini berpotensi sebagai *core business* yang melanjutkan izin usaha berjalan. Potensi usaha budidaya Jabon dan Serei Wangi yang menjadi preferensi awal direksi untuk pengembangan usaha berpotensi diusahakan di sejumlah 12.084 ha kawasan tersedia untuk budidaya. Hal ini didukung dengan hasil pengujian dan analisis sifat fisik dan kimia tanah dari sampel tanah yang diambil, dimana faktor pembatas pH, K-potensial dan P-potensial dapat dikelola dengan penambahan kapur, kompos dan pupuk dalam jumlah sedang (hasil pengujian terlampir). Mengalokasi dan

menapis sejumlah 10,7% bagian kawasan untuk lindung, penelitian dan pengembangan serta 4,8% area keterlanjutan dan konflik melengkapi konsep usaha secara proposional, *clear* dan *clean*. Gambaran umum ini menjadi informasi awal potensi ketersediaan dan kesesuaian lahan di konsesi PBPH PT Ratah untuk pengembangan Multi Usaha Kehutanan, baik berdasarkan preferensi awal maupun pengembangan usaha komoditas lainnya. Potensi ini akan diuji melalui simulasi yang disajikan pada Bab VI.



Gambar 25 Peta arahan kesesuaian pemanfaatan lahan untuk pengembangan MUK dalam konsesi PBPH PT. Ratah Timber

Tabel 20 Distribusi dan luas ketersediaan bersih berdasarkan arahan kesesuaian pemanfaatan lahan untuk pengembangan Multi Usaha Kehutanan di konsesi izinusaha PT Ratah Timber

No.	Arahan Rencana Pemanfaatan Lahan	Luas Delineasi	Penapisan II		Luas Bersih
			Litbang	Keterlanjurannya dll	
1.	Kelola HA	59.140,95	1.000	1.182	55.063
2.	Kelola HA Intensif	12.381,26			11.742
3.	Budidaya	13.010,79	100	3.362	12.084
4.	Kawasan Lindung	8.892,00	760		8.132
5.	Penelitian & Pengembangan				1.860
6.	Keterlanjuran & sisa				4.544
			1.860	4.544	93.425

Sumber : data primer pengolahan data dan analisis spasial



Gambar 26 Beberapa kegiatan *groundcheck*: a). perencanaan titik groundcheck, b). pengambilan sampel tanah, c). pengukuran struktur dan komposisi dan d). pengukuran lebar tajuk pohon

## 4.2 PT. Nusantara Ekosistem Lestari

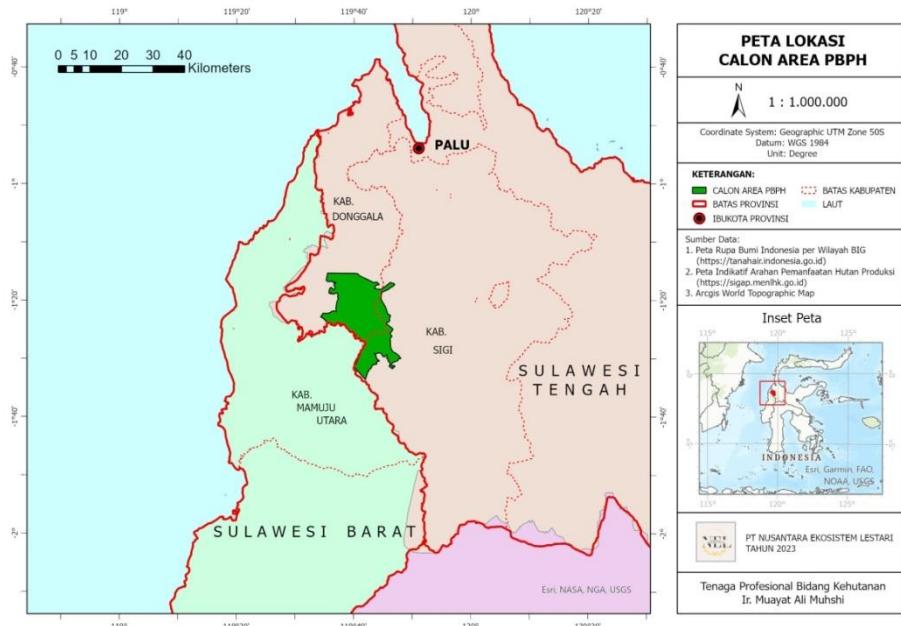
### 4.2.1 Profil PBPH

PT Nusantara Ekosistem Lestari, disingkat dengan PT. NEL adalah perusahaan baru yang kepemilikan terdiri dari direksi yang memiliki pengalaman investasi bidang pengelolaan hutan, khususnya jasa lingkungan. Minat investasi didorong oleh regulasi-regulasi yang membuka peluang berusaha melalui Undang-undang No. 11 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja (UUCK) Jo Perpu No.2 tahun 2022, Peraturan Pemerintah No 5, 22 dan 23 Tahun 2021 serta Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2021. Preferensi usaha dibangun berdasarkan kondisi tipologi kawasan yang diajukan dan menyasar pada peluang pasar pangan, jasa penyedia air dan pembayaran jasa lingkungan (*PES-payment ecosystem services*) melalui multi usaha pemulihan dan pemanfaatan jasa lingkungan serta penyedia Hasil Hutan Kayu (HHK) dan Hasil Hutan Bukan Kayu (HKB).

### 4.2.2 Lokasi Konsesi

Secara geografis areal izin pemanfaatan yang dimohon terletak pada  $119^{\circ}34'18''$  BT -  $119^{\circ}46'59''$  BT dan  $1^{\circ}15'20''$  LS -  $1^{\circ}33'37''$  LS. Berdasarkan administrasi pemerintahan, areal tersebut berada dalam dua wilayah, yaitu Kabupaten Donggala dan Kabupaten Sigi, Provinsi Sulawesi Tengah. Berdasarkan

wilayah pemangkuan hutan, areal izin pemanfaatan yang dimohon berada dalam dua wilayah Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH), yaitu KPH Banawa Lalundu (Unit VII) dan KPH Kulawi (Unit VIII), Dinas Kehutanan Provinsi Sulawesi Tengah. Menurut wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS), areal izin pemanfaatan yang dimohon berada dalam Wilayah Sungai Palu-Lariang, DAS Lariang. Lokasi konsesi PT RTH seperti disajikan pada Gambar 27.



Gambar 27 Peta lokasi unit sampel kawasan PT NusantaraEkosistem Lestari, Sumber: data olahan

#### 4.2.3 Tutupan hutan

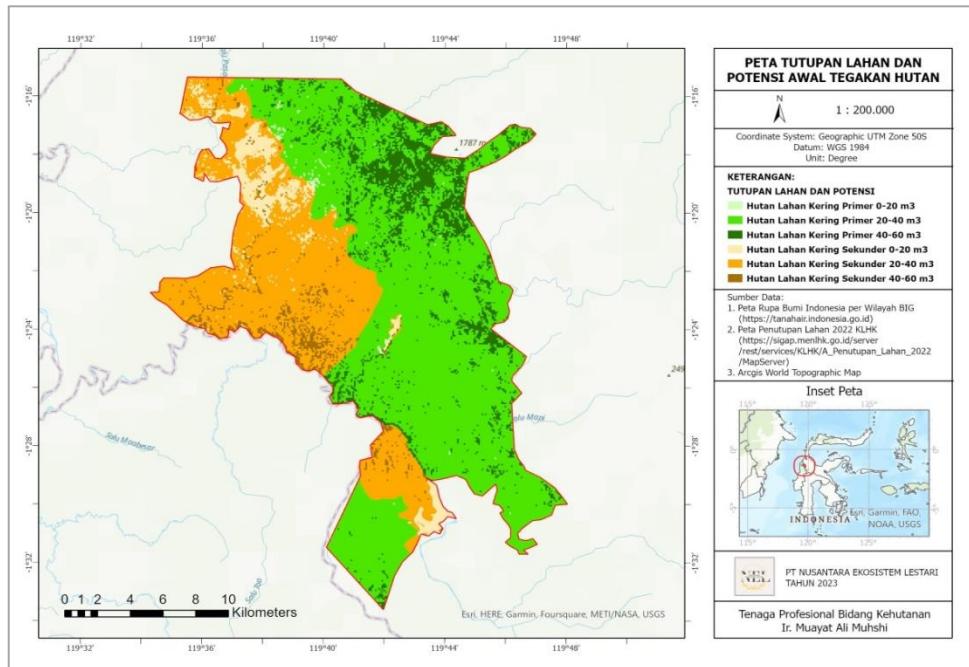
Berdasarkan pengolahan dan analisa citra menggunakan metode pendugaan melalui *google earth engine* (GEE) yang diinterpolasi dengan database struktur dan komposisi tegakan Sulawesi Tengah, dapat diketahui bahwa tutupan lahan terdiri dari  $\pm 26.395,36$  ha hutan primer dan  $\pm 13.861,59$  ha hutan sekunder. Masing-masing hutan primer dan sekunder terfragmentasi dalam 3 kelas PATH.

Tabel 21 Sebaran tutupan lahan berdasarkan 5 kelas PATH

No.	Tutupan Lahan dan PATH	Luas (ha)	Potensi rata-rata <sup>1</sup>
1.	Hutan Primer A; PATH > 60 m3/ha	-	-
2.	Hutan Primer B; PATH 40 s.d 60 m3/ha	4.431,01	43,35 m3/ha
3.	Hutan Primer C; PATH 20 s.d 40 m3/ha	21.838,10	24,70 m3/ha
4.	Hutan Primer D; PATH $\leq$ 20m3/ha	125,56	12,46 m3/ha
5.	Hutan Sekunder A; PATH > 60 m3/ha	-	-
6.	Hutan Sekunder B; PATH 40 s.d 60 m3/ha	1.104,16	43,35 m3/ha
7.	Hutan Sekunder C; PATH 20 s.d 40 m3/ha	10.799,32	24,70 m3/ha
8.	Hutan Sekunder D; PATH $\leq$ 20m3/ha	1.958,80	12,46 m3/ha
9	Non Hutan; PATH = 0 m3/ha	-	-
Jumlah		40.256,95	26,63 m3/ha

<sup>1</sup> berdasarkan penafsiran rona citra yangdiinterpolasi dengan databse struktur dan komposisi tegakan hutan Sulawesi Tengah

Seperti disajikan pada Tabel 21 dan Gambar 28, tutupan lahan dominan dalam kelas PATH 20 s.d 40 m<sup>3</sup>/ha, yaitu dalam kelas potensi rendah. Rata-rata potensi keseluruhan termasuk rendah, yaitu sebesar 26,63m<sup>3</sup>/ha.



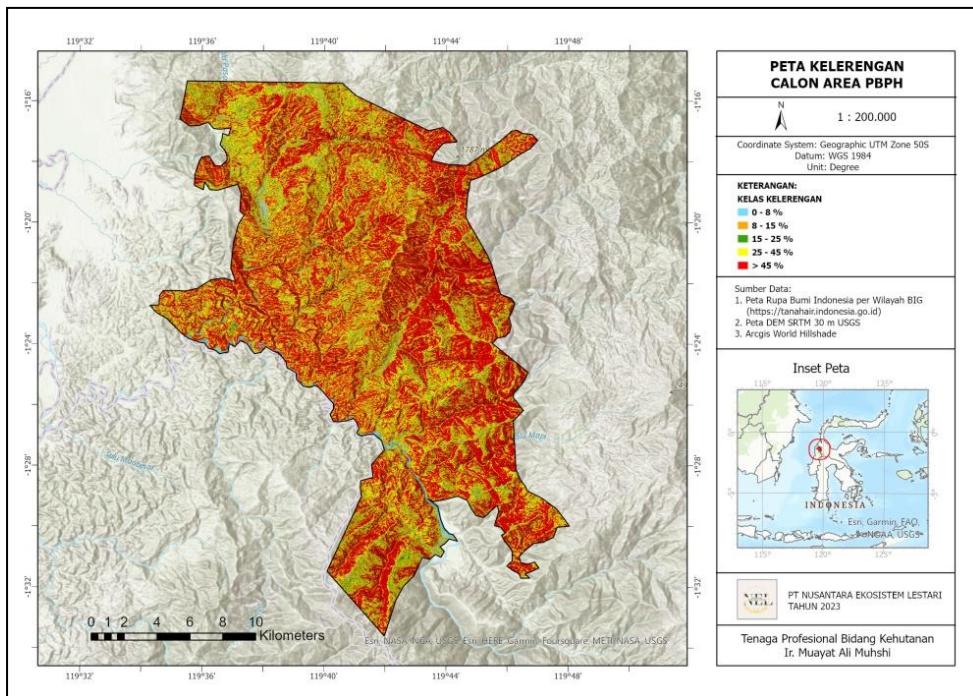
Gambar 28 Peta sebaran tutupan lahan berdasarkan rona PATH,  
Sumber: data olahan

#### 4.2.4 Topografi

Hasil analisis kelas lereng berdasarkan pengolahan peta rupa bumi, peta DEM SRTM Radar Interval Kontur 25 meter dan *ArcGIS World Hillshade* yang diinterpolasi dengan tutupan lahan berdasarkan distribusi PATH disajikan pada Tabel 22 dan Gambar 29. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dapat diketahui bahwa lahan didominasi pada kelas kelerengan curam hingga sangat curam dengan sebaran yang cenderung terdistribusi merata untuk masing-masing PATH.

Tabel 22 Sebaran lahan berdasarkan kelas kelerengan di masing-masing PATH

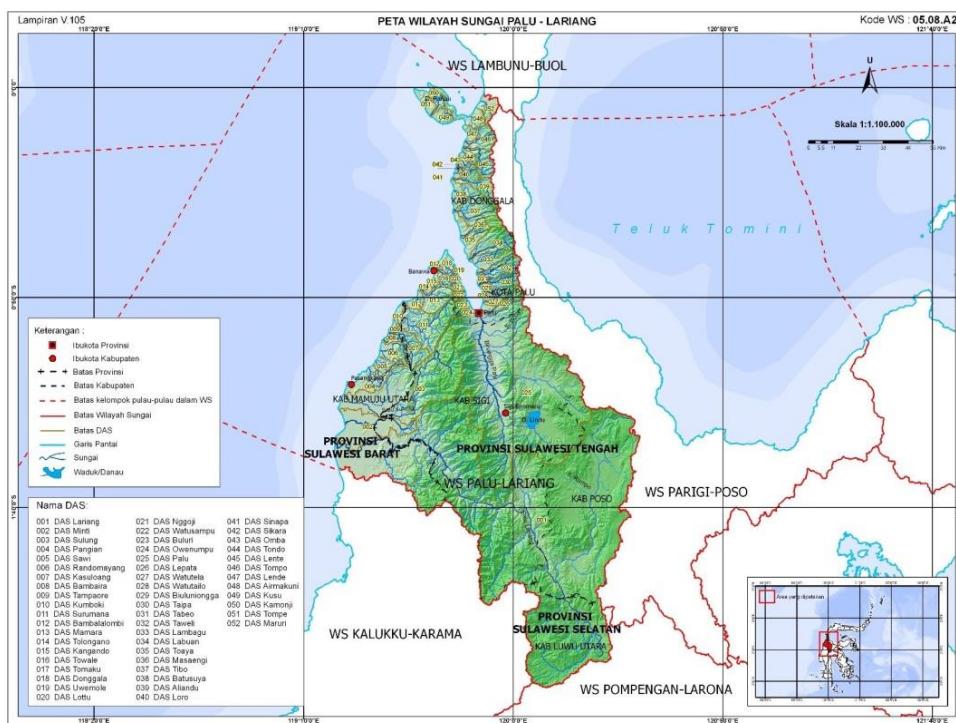
PATH	Kelerengan				
	Datar	Landai	Agak Curam	Curam	Sangat Curam
0-8%	9-15%	16-25%	25-45%	>45%	
HP B	81,22	114,84	282,81	1.157,08	2.705,06
HP C	201,55	573,08	1.541,98	6.651,01	12.870,47
HP D	1,52	4,27	12,39	46,83	60,54
HS B	95,28	62,84	94,00	240,13	611,90
HS C	184,04	448,60	1.052,26	3.466,55	5.647,87
HS D	119,97	179,05	298,04	684,52	677,20
Jumlah	683,60	1.382,67	3.281,50	12.246,13	22.663,04



Gambar 29 Peta topografi di areal kerja PT. Nusantara Ekosistem Lestari, Sumber: data olahan

#### 4.2.5 Hidrologi dan Iklim

Area izin pemanfaatan yang dimohon termasuk dalam Wiayah Sungai Palu-Lariang, Daerah Aliran Sungai (DAS) Lariang.



Gambar 30 Peta DAS dalam Wilayah Sungai Palu Lariang, Sumber: Direktorat Sumber Daya Air, Kementerian PUPR

Luas Das Lariang adalah 724.224 ha, atau sebesar 49.87% dari 1.452.121 ha luas Wilayah Sungai Palu Lariang. Peta Wilayah Sungai Palu-Lariang seperti disediakan pada Gambar 30, di ambil dari dokumen Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Palu – Lariang, Balai Wilayah Sungai Sulawesi III, Direktorat Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Berdasarkan analisis dari sumber data yang sama membangun preferensi usaha jasa penyedia air, yang mengambil 5 peluang 7 sasaran pengelolaan pengelolaan sumber daya air wilayah sungai Palu – Lariang, yaitu : memenuhi kebutuhan air minum, meningkatkan kualitas air, meningkatkan efisiensi penggunaan air, menerapkan pengelolaan sumber daya air secara terpadu, serta melindungi dan memulihkan ekosistem yang berhubungan dengan air. Baseline kualitas air kualitas dan pemenuhan ketersediaan air di dua Kabupaten yang terhubung dengan area izin yang dimohon seperti disajikan pada Tabel 23 dan 24.

Tabel 23 Kualitas Air Sungai yang terhubung dengan Areal Izin Pemanfaatan

Baku Mutu II			
Rerata	Maks	Indeks Pencemaran	Kategori
0,27	0,55	0,43	Memenuhi BMA

Sumber: Direktorat Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Tabel 24 Target Pemenuhan Air di dua Kabupaten yang terkait dengan lokasi Areal Izin Pemanfaatan yang dimohon

No.	Kabupaten/Kota	Pemenuhan Air Layak Minum (%)
1	Kota Palu, Kabupata Sigi	80.5
2	Kabupaten Donggala	49.81

Sumber: Direktorat Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Berdasarkan hasil interpolasi data curah hujan dari BPS Kabupaten Donggala dan Sigi Tahun 2023, jumlah curah hujan di tahun 2022 mencapai 875 mm yang terjadi selama 206 hari. Menurut sistem klasifikasi Schmidt and Fergusson, iklim di area izin pemanfaatan yang dimohon termasuk beriklim kering dengan jumlah bulan kering 8 bulan dan bulan lembab adalah 4 bulan. Tidak ada bulan basah dengan jumlah hujan >200 mm.

#### 4.2.6 Demografi dan perekonomian desa sekitar

Berdasarkan wilayah administrasi, area izin pemanfaatan yang dimohon berada dalam 4 wilayah administrasi desa, yaitu desa Lalundu, Pantalobete dan Tinauka yang berada dalam Kecamatan Rio Pakava, Kabupaten Donggala serta Desa Banggaiba, Kecamatan Kulawi, Kabupaten Sigi. Seperti disajikan pada Tabel 25, total jumlah penduduk 4 desa tersebut adalah 4.968 jiwa. Secara rata-rata, 68 % penduduk dalam kelompok usia angkatan kerja (15 s,d 64 tahun). Hampir 100% penduduk telah dapat meng-akses fasilitas energi listrik, namun demikian, akses menuju sekolah / tempat pendidikan dan fasilitas kesehatan adalah sulit hingga sangat sulit. Walaupun tingkat pengangguran hanya 2,85%, desa di sekitar tergolong desa miskin.

Tabel 25 Data kependudukan desa-desa disekitar konsesi

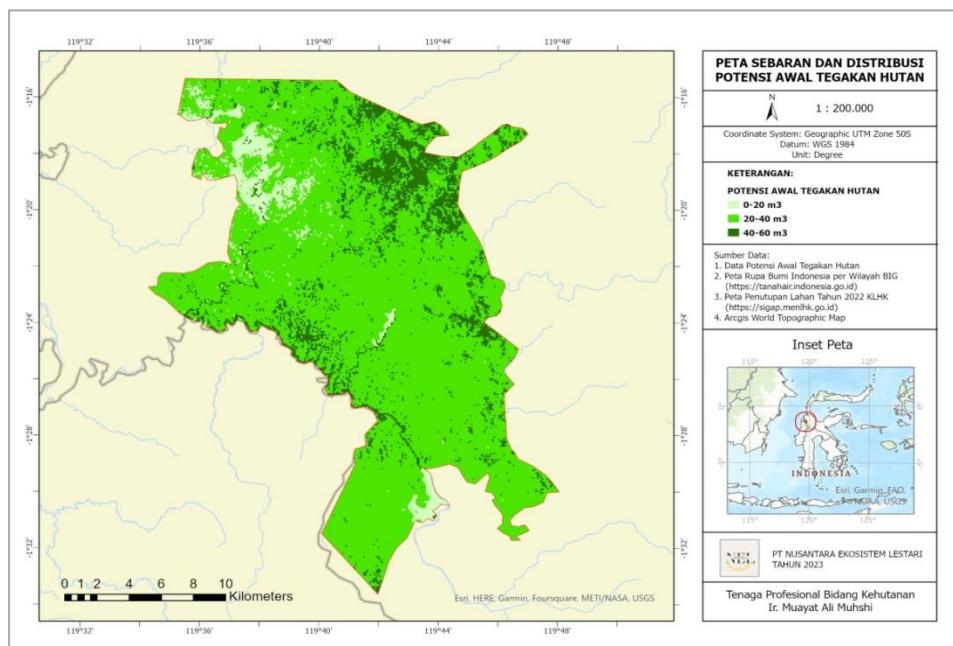
Kabupaten / Kecamatan	Desa	Penduduk			Jumlah	Luas (Km2)	Kepadatan (jiwa/km2)
		Laki-laki	Perempuan	Seks Ratio*			
Rio Pavaka; Kab Donggala	Lalundu	1196	1050	109	2246	255.37	9
	Pantlobete	446	406	113	852	109.77	8
	Tinauka	703	653	107	1356	79.25	17
Kulawi;Kab Sigi	Banggaiba	271	243	110	514	257.4	2
Jumlah					4968	701.79	7

Sumber : Kecamatan Rio Pavaka dan Kecamatan Kulawi dalam Angka 2021

Penduduk di 4 desa di sekitar area konsesi termasuk sebagai Komunitas Adat Terpencil (KAT). Dominan penduduk berasal dari suku Moma dan Kulawi, merupakan suku minoritas di antara suku lain di Sulawesi Tengah. Pemungutan hasil hutan dan perladangan adalah bentuk pemanfaatan subsistem masyarakat dalam pemanfaatan hutan. Kopi dan kakao adalah dua komoditas ladang yang dominan diusahakan di Kecamatan Rio Pakava dan Kulawi. Komoditas lain dipungut/diusahakan adalah madu, nunu pisang, pandan, rotan, bambu, damar, kulit kayu gemor, anggrek, aren, tanaman obat obatan, bawang merah hutan dan lain lain serta perladangan cabe rawit. Data konflik tidak teridentifikasi namun potensi dihipotesakan tersedia.

#### 4.2.7 Potensi pemanfaatan lahan untuk pengembangan Multi Usaha Kehutanan

Berdasarkan analisis spasial lanjutan terhadap peta tutupan lahan yang didigitasi menggunakan metode nilai kerapatan tegakan (Gambar 31 dan Tabel 26), dapat diketahui bahwa potensi awal tegakan hutan (PATH) didominasi oleh potensi tegakan rendah (20 s.d 40 m<sup>3</sup>/ha).



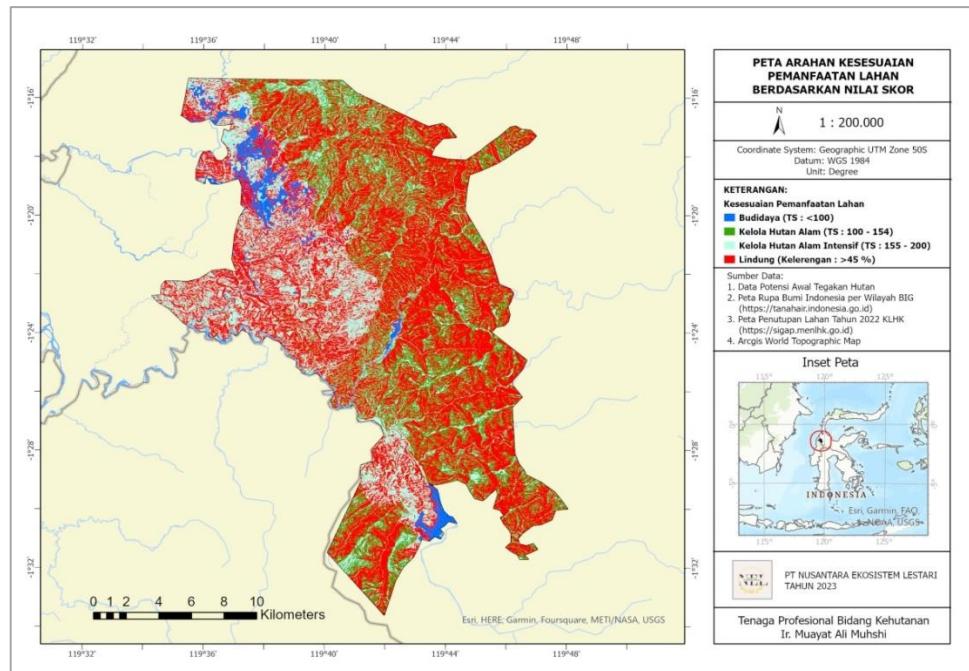
Gambar 31 Peta sebaran PATH di konsesi PBPH PT NEL

Tabel 26 Distribusi PATH pada beberapa tutupan lahan di PT Ratah Timber

No.	PATH <sup>1</sup>	Luas (ha)	Persentase (%)
1.	> 60 m3/ha	-	-
2.	40 s.d 60 m3/ha	5.535,17	13,75
3.	20 s.d 40 m3/ha	32.637,43	81,08
4.	<20 m3/ha	2.084,35	5,17
5.	0	-	-
Jumlah		40.256,95	100,00

- 1 Hasil digitasi tutupan lahan dan interppolasi database tegakan dalam 9 struktur tegakan (kelas diameter 10, 20, 30 ... 90up) dan 5 komposisi tegakan (kelompok jenis Meranti, Rimba campuran, Rimba campuran lainnya, Kayu Indah dan Kayu dilindungi&/tidak komersil)

Proses tumpang susun antara peta PATH dan topografi berdasarkan metode penjumlahan nilai skore menghasilkan peta yang disajikan pada Gambar 32, yang sebaran dan distribusi luasnya disajikan pada Tabel 27.



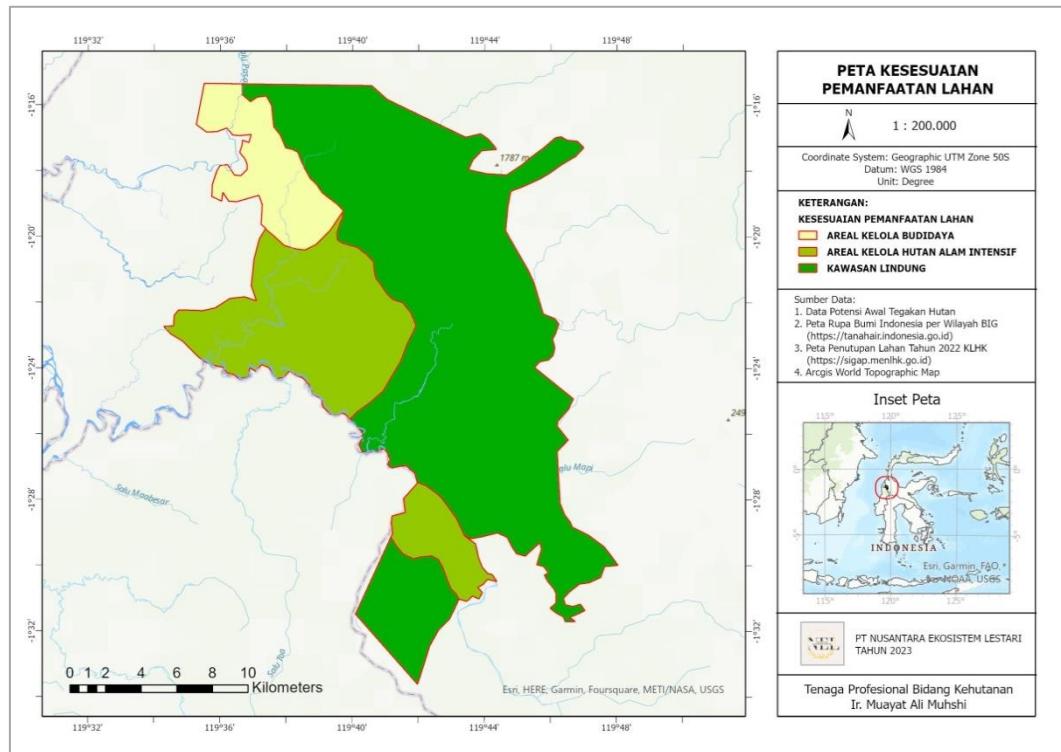
Gambar 32 Peta arahan kesesuaian lahan berdasarkan jumlah nilai skor penapisan area lindung

Tabel 27 Distribusi dan luas ketersediaan berdasarkan jumlah nilai skore arahan kesesuaian lahan dan penapisan kawasan lindung

No.	Arahan Kesesuaian Pemanfaatan Lahan	Luas
1.	Kelola Hutan Alam	8.095,05
2.	Kelola Hutan Alam Intensif	8.033,22
3.	Budidaya	1.465,64
4.	Kawasan Lindung <sup>1</sup>	22.663,04
Jumlah		40.256,95

Sumber: data primer pengolahan data dan analisis spasial. <sup>1</sup> proses penapisan berdasarkan sejarah dan potensinya sebagai kawasan lindung

Terakhir, berdasarkan analisis spasial lanjutan yang dilakukan melalui proses pengelompokan dan delineasi serta penapisan area penelitian dan pengembangan (litbang), keterlanjuruan, sisa dan konflik serta nilai esensial lingkungan dan visi misi pemulihian lingkungan menghasilkan peta arahan kesesuaian pemanfaatan lahan untuk pengembangan Multi Usaha Kehutanan seperti disajikan pada Gambar 33 dan Tabel 28.



Gambar 33 Peta arahan kesesuaian pemanfaatan lahan untuk pengembangan dalam konsesi PBPH PT. Nusantara Ekosistem Lestari

Tabel 28 Distribusi dan luas ketersediaan bersih berdasarkan arahan kesesuaian pemanfaatan lahan untuk pengembangan Multi Usaha Kehutanan di konsesi izin usaha PT NEL

No.	Arahan Rencana Pemanfaatan Lahan	Luas Delineasi	Penapisan II		Luas Bersih
			Litbang	Keterlanjuruan dll	
1.	Kelola HA	-	-	-	-
2.	Kelola HA Intensif	9.781,03	-	-	9.781,03
3.	Budidaya	3.453,33	-	-	3.453,33
4.	Kawasan Lindung	27.022,59	-	-	27.022,59
5.	Penelitian & Pengembangan	-	-	-	-
6.	Keterlanjuruan & sisa	-	-	-	-
			40.256,95	-	40.256,95

Sumber : data primer pengolahan data dan analisis spasial

Seperti disajikan pada Gambar 3.9, seluruh area kesesuaian untuk kelola hutan alam terdistribusi sangat acak dalam spot-spot kecil pada area yang dominan untuk kesesuaian lindung yang bertopografi sangat curam, sehingga tidak direkomendasikan untuk izin pemungutan hasil hutan kayu alam pada bagian

kawasan tersebut. Proses delineasi menghasilkan jumlah luas kesesuaian pemanfaatan lahan untuk kawasan lindung bertambah menjadi 27.022,59 ha. Demikian juga untuk arahan budidaya, bertambah hingga luas 3.453,33 ha. Karena potensi konflik tidak tersedia maka area keterlanjuran adalah nihil. Demikian untuk alokasi penelitian dan pengembangan, melalui preferensi usaha pemulihan dan pemanfaatan jasa lingkungan maka seluruh area untuk preferensi tersebut dapat difungsikan sebagai area penelitian dan pengembangan. Proses-proses ini menghasilkan 3 jenis arahan pemanfaatan, yaitu kelola hutan alam intensif, pemanfaatan kawasan melalui budidaya dan kawasan lindung. Opsi pemanfaatan jasa lingkungan dapat dilakukan kawasan lindung, atau dua jenis arahan pemanfaatan lainnya. Gambaran umum ini menjadi informasi awal potensi ketersediaan dan kesesuaian lahan di konsesi PT NEL untuk pengembangan Multi Usaha Kehutanan, baik berdasarkan preferensi awal maupun pengembangan usaha komoditas lainnya. Potensi ini akan diuji melalui simulasi yang disajikan pada Bab VI.

## V WACANA DAN KELEMBAGAAN MULTI USAHA KEHUTANAN<sup>1</sup>

### 5.1 Pendahuluan

Tahun 1953 adalah tahun penting dimana pengurusan hutan Indonesia dimulai dengan hukum penguasaan tanah-tanah Negara (GOI-Government of Indonesia 1953) serta kewenangan pengelolaan tanah-tanah Negara yang ditetapkan sebagai hutan kepada Jawatan Kehutanan (Nurjaya 2005). Empat narasi digunakan untuk mengatur kewenangan pengelolaan, antara lain kesesuaian, optimasi, konsesi dan pembatasan (GOI-Government of Indonesia 1953). Selanjutnya pada tahun 1957, tata kelola hutan mengadopsi prinsip multiguna (*multi-purpose*), dijabarkan dalam 4 tujuan, yaitu : a). perlindungan tanah dan air, b). penyediaan kayu dan hasil hutan lainnya, c). pendidikan dan d). penyadar-tahanan tentang arti, fungsi, dan manfaat hutan (GOI 1957). Sebagai Negara baru saat itu, eksploitasi dipilih sebagai cara tata kelola hutan dalam wacana pembangunan Nasional berorientasi pertumbuhan ekonomi dan sentralistik (Nurjaya 2005). Pada Tahun 1967 dan 1968, penguasaan Negara atas lahan hutan dijabarkan ke dalam 4 fungsi dan 3 peruntukan, yaitu fungsi lindung, produksi, suaka alam dan wisata serta peruntukan hutan tetap, hutan cadangan dan hutan lainnya (ROI-Republic of Indonesia 1967). Kelestarian hutan, kelestarian perusahaan (ekonomi) dan kelonggaran dipilih sebagai wacana utama (*mainstream*) tata kelola untuk menarik minat investasi, termasuk melonggarkan pembatasan luas dan lama waktu penggunaan lahan (ROI-Republic of Indonesia 1967; ROI 1967; ROI 1968). Namun secara teknis sejak 1970, narasi eksploitasi tetap mewarnai “cara” tata kelola (GOI 1970; Hidayat 2016), yang kemudian menjadi titik awal tata kelola hutan berorientasi kayu hingga 3 decade berikutnya (Indrawan 2008). Perubahan lanskap hutan sebagai akibat tuntutan kebutuhan manusia atas lahan hutan dari waktu ke waktu (Bengston 1994; Fernández *et al.* 2008; Seymour dan Busch 2016; Pilli dan Pase 2018) telah diramalkan melalui narasi inventarisasi dan perencanaan hutan (ROI-Republic of Indonesia 1967), yang pada tahun 1982 menghasilkan kesepakatan penggunaan lahan ke dalam 4 fungsi penggunaan lahan (Ministry of Agricultural 1982). Konflik-konflik tenurial mewarnai kesepakatan, diantaranya dinegosiasi melalui 334 amar Mahkamah Agung (Setiawan *et al.* 2017) dan nampaknya akan terus berlangsung (Santoso 2008; Gaveau *et al.* 2013; Riggs *et al.* 2016; Purnomo *et al.* 2020). Sejauh ini luas kesepakatan penggunaan lahan di Indonesia adalah: a). Hutan Konservasi dengan luas 21,9 juta, b). Hutan Lindung dengan luas 29,6 juta ha, c). Hutan Produksi dengan luas 68,8 juta ha dan, d). Areal Penggunaan Lain dengan luas 67,4 juta ha (MoEF 2019a). Pada tahun 1999, diskursus tentang tenurial, komunitas adat, perhutanan sosial, keanekaragaman hayati, kebakaran dan lain-lain memperbarui tata kelola kedalam 7 narasi, yaitu: kemanfaatan, kelestarian, kerakyatan, keadilan, kebersamaan, keterbukaan dan

---

<sup>1</sup> Bab V ini secara keseluruhan berkaitan dengan tujuan 1 yang dipresentasi dan dipublikasikan di *3rd International Seminar of Natural Resources and Environmental Management 2023, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1266 (2023) 012030 doi:10.1088/1755-1315/1266/1/012030* dengan judul: *Defining the objectives and roles of Indonesian production forest governance through the multi-business forestry policy narrative*

keterpaduan (ROI 1999). Secara naratif, tata kelola berorientasi kayu mulai ditinggalkan, namun telah menjadi budaya dalam praktek-praktek illegal selama hampir 2 dekade berikutnya. Performa tata kelola yang memburuk tersebut melahirkan 7 narasi, yaitu : deforestation, okupasi, keterlanjuran, kemitraan, agroforestry, pinjam pakai lahan dan restorasi (Sahide dan Giessen 2015).

Jika dikalkulasi, maka sebesar 120,4 juta ha atau 64,1% dari 191,9 juta ha luas daratan Indonesia difungsikan sebagai hutan. Dominansi hutan dalam hal ini memenuhi perspektif lingkungan hidup sebagai salah satu dari 17 negara pemilik mega-biodiversitas dunia (von Rintelen *et al.* 2017; CBD 2020). Beberapa narasi global terkait lingkungan hidup telah ikut diratifikasi dalam narasi kebijakan, antara lain perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, cagar alam dan budaya, proteksi tumbuhan, konservasi sumberdaya alam, keanekaragaman hayati, perubahan iklim, lahan basah, pencegahan gurunisasi, hutan alam tropis, pengawetan tumbuhan dan satwa, protokol keamanan hayati dan lainnya (ROI 1982; GOI 1986; GOI 1991; ROI 1994a; ROI 1994b; GOI 1995; GOI 1998; GOI 1999a; GOI 1999b). Namun demikian, sorotan khusus perlu menjadi perhatian dalam perspektif tata kelola hutan dalam fungsi produksi. Kinerja pengelolaan sejauh ini menurun karena 24,4 juta ha tidak berhutan dan 40 juta ha tidak diusahakan dari 68,8 juta ha alokasi hutan produksi (MoEF 2017a; MoEF 2017b; Suryanto *et al.* 2018; MoEF 2019a; Suryanto dan Sayektinginsih 2020), perdagangan sektor kehutanan Indonesia terhadap nilai perdagangan dunia hanya sebesar 3,59%, bahkan lebih kecil dari Jerman, Finlandia dan Swedia yang memiliki luas hutan yang hanya 12,4-30,4% luas hutan Indonesia (FAO 2020; GFRA 2020). Kinerja rendah tersebut ikut menyumbang penyebab kontribusi sektor kehutanan yang hanya sebesar 0,6% dalam PDB Nasional (BPS-Statistics Indonesia 2019; MoEF 2019b; BPS-Statistics Indonesia 2020a; BPS-Statistics Indonesia 2020b). Selanjutnya dalam perspektif kependudukan dan pertanian, Indonesia merupakan negara dengan populasi penduduk terbesar ke-4 dunia dengan jumlah penduduk sebesar 273,5 juta jiwa (UNPF 2021) dan laju pertumbuhan sebesar 1,31% per tahun (BPS-Statistics Indonesia 2020a). Dengan 13% PDB dan 36,8 juta jiwa penduduk saat ini bergantung dan bekerja di sektor pertanian, alokasi luas lahan pertanian hanya sebesar 51,3 juta ha dengan rasio 0,19 ha/kap, dibawah rata-rata negara-negara maju yang tergabung dalam anggota G-8 (*Group of Eight*), yaitu sebesar 0,39 ha/kap. Produk pertanian Indonesia memiliki daya saing yang rendah untuk komoditas strategisnya, dan mengalami difisit untuk 6 dari 9 kelompok komoditas pangan (Nurfatriani *et al.* 2015; Martauli 2018; Andrianto *et al.* 2019; Nurfatriani *et al.* 2019; Sindy dan Salam 2019; FAO 2020; Prajanti *et al.* 2020a; Purnomo *et al.* 2020; Rum dan Rijoly 2020a; Sugiharti *et al.* 2020). Kondisi-kondisi demikian diantaranya menyebabkan kerawanan pangan tinggi dan ketahanan pangan yang rendah dan berada di urutan 65 dunia (Susilastuti 2017; Izraelov dan Silber 2019; EIU 2021).

Saat ini wacana Multi-business Forestry (Mb-F) ditawarkan untuk memperkuat kinerja tata kelola hutan dalam penyediaan multi produk dan jasa lingkungan, antara lain; kayu, hasil hutan bukan kayu (HHBK), bahan pangan, ekowisata, konservasi, tata air dan lain-lain. Sebagai sebuah wacana yang membawa narasi *multipurpose forest* (Simončič dan Bončina 2015; Kindler 2016; Nölte *et al.* 2018), wacana MUK menghadapi perdebatan terkait isu deforestasi (Tsujino *et al.* 2016;

Miyamoto 2020), okupasi dan perubahan tutupan lahan (Maladi 2013; Margono *et al.* 2014; Suwarno *et al.* 2018), penebangan liar dan kebakaran (Schmitz 2016; Carlson *et al.* 2018) serta ekologi, sosial dan ekonomi (Szulecka *et al.* 2016; Kassa *et al.* 2017; Sharma *et al.* 2018). Termasuk perdebatan terkait jenis komoditas dan bentuk pemanfaatan lahan, apakah agroforestry dalam mainstream *land sharing* atau dalam bentuk unit usaha terpisah antar komoditas dalam mainstream *land sparing* (Kremen 2015; Paul dan Knoke 2015; Phalan 2018; Loconto *et al.* 2020). Melalui penggunaan analisis isi dan kelembagaan, penelitian ini bertujuan mendefinisikan tujuan (*objectives*), peran dan interaksi para pihak dalam penguatan wacana dan kelembagaan Multi Usaha Kehutanan.

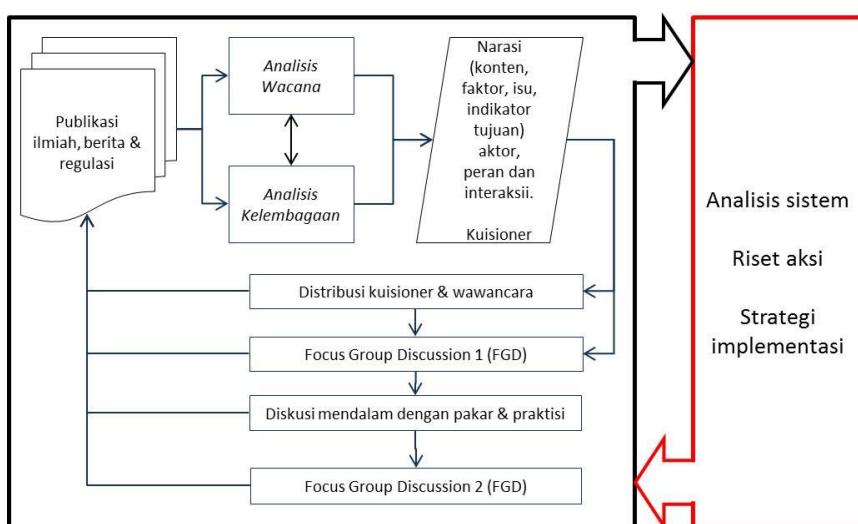
## 5.2 Metode Analisis Isi dan Kelembagaan Multi Usaha Kehutanan

### 5.2.1 Jenis dan Sumber Data

Data sekunder terdiri dari data teks yang bersumber dari jurnal/prosiding, media massa dan dokumen peraturan perundangan. Sementara itu, data primer adalah rekaman verbal / lisan yang diubah menjadi teks hasil wawancara, diskusi mendalam dan FGD bersama pakar dan praktisi serta catatan ide (note) percakapan selama riset aksi.

### 5.2.2 Teknik Pengumpulan Data

Seperti disajikan pada Gambar 34, analisis konten dan kelembagaan merupakan bagian dari keseluruhan tahapan penelitian disertasi dalam membangun sistem berpikir (*system thinking*). Pengumpulan data dilakukan menggunakan teknik penelusuran teks berita, jurnal dan peraturan perundangan yang diakses secara *online* serta wawancara, diskusi mendalam dan diskusi grup terfokus (FGD). Wawancara, diskusi mendalam dan FGD dilakukan secara tatap muka dan *online* menggunakan media *zoom meeting*. Umpam balik yang diterima mengulang proses untuk tujuan validasi, konfirmasi atau menambah kuantitas penelusuran, wawancara dan diskusi mendalam, khususnya pada konten isu baru yang spesifik. Termasuk umpan balik berupa dokumentasi (pencatatan) ide dan permasalahan yang ditangkap dari diskusi dan percakapan dalam analisis sistem dan riset aksi.



Gambar 34 Potongan diagram alir kegiatan penelitian Disertasi,  
sub kegiatan analisis konten dan kelembagaan

### 5.2.3 Tahapan Analisis

Penelitian dimulai dengan mengumpulkan, mempelajari dan mengoleksi materi jurnal, berita, peraturan dan perundangan yang melatarbelakangi diskursus multi-usaha kehutanan. Berita bersumber dari 5 koran dan majalah Nasional yang diakses secara online, yaitu: Kompas, Media Indonesia, Detik, Forest digest dan Mongabay selama 2020-2022. Sementara jurnal, peraturan dan perundangan adalah investigasi atas isi berita, sehingga tidak terikat tahun terbit. Berita maupun jurnal, peraturan dan perundangan kemudian ditabulasi melalui tahapan memahami makna tersimpan (pemaknaan), kondensasi, peng-kodean, peng-kategorian dan perumusan tema (Erlingsson dan Brysiewicz 2017). Daftar kode berikut pengkategorian dan tema yang dihasilkan dalam proses ini diidentifikasi-kan sebagai kandidat faktor. Selanjutnya mengidentifikasi aktor yang memiliki peran formal dalam proses implementasi terkait dengan faktor tersebut (Hermans 2008; Parashar *et al.* 2021). Tahap ini adalah analisis konten tahap 1, menghasilkan luaran kandidat faktor dan aktor (Gambar 32).

Konten dan informasi yang diperoleh melalui tahap 1 digunakan sebagai materi untuk membangun 4 pertanyaan kunci diskursus meliputi urgensi, respon, permasalahan dan strategi implementasi (*what's next*) Multi Usaha Kehutanan. Wawancara dan wawancara mendalam dilakukan paska distribusi kusioner direspon dengan pilihan format wawancara perorangan atau diskusi group terfokus (FGD) dalam format tatap muka (*offline*) atau daring (*online*). Masing-masing dilakukan selama 1 jam penuh. Rekaman diskusi kemudian diubah menjadi text, yang kemudian diolah melalui proses yang sama (pemaknaan, kondensasi, kode, kategori dan tema) dan ditambahkan ke data konten sebelumnya. Konten dan informasi tambahan yang diperoleh dari proses wawancara serta catatan ide dalam riset aksi dan analisis sistem selanjutnya digunakan sebagai kata kunci baru untuk penelusuran tambahan (pengayaan) data teks jurnal, media massa dan aturan kebijakan. Tahap ini adalah analisis konten tahap 2, yang selanjutnya semua konten kemudian ditabulasi dengan mengidentifikasi jenis konten dan menghitung jumlah masing-masing konten. Perangkat lunak NVivo digunakan sebagai alat bantu proses pengolahan dan menyajikan visualisasi grafik yang menarik. Proses yang sama dengan analisis konten tahap 1, daftar kode berikut pengkategorian dan tema diidentifikasi-kan sebagai faktor dan mengidentifikasi-kan aktor yang memiliki peran formal terkait faktor. Tahap ini adalah analisis konten tahap 2, menghasilkan luaran faktor dan aktor.

Daftar faktor kemudian yang selanjutnya ditransformasi sebagai indikator tujuan (objectives) berikut aktor disusun menjadi 2 matrik, yaitu a). Matriks Aktor-Tujuan (MAO-*Matrix of Actor-Objective*) dan b). Matriks Pengaruh Langsung (MDI-*Matrix of Direct Influence*) aktor terhadap aktor lain (Tabel 10 dan 11, Bab III halaman 36-37). Matrik disajikan dalam form data isian yang kemudian diisi oleh responden aktor sesuai bobot prioritas (*salience*) terhadap indikator tujuan dan bobot pengaruhnya terhadap aktor lain untuk pencapaian tujuan keseluruhan (*outcome*) responden aktor tersebut. Responden aktor diwakili oleh 1-5 sampel aktor yang mewakili masing-masing aktor dalam daftar. Nilai bobot aktor adalah nilai tengah dari data isian sampel yang mewakili masing-masing kelompok aktor.

Data bobot *salience* dan pengaruh ini kemudian diinput ke perangkat lunak MACTOR untuk menyelesaikan perhitungan algoritma matematika dan menyajikan matrik pengaruh langsung dan tidak langsung (MDII-*matrix of indirect and direct influence*) dan bobot agregat indikator tujuan (3MAO-*matrix of actor-objective order 3*) serta relasi konvergensi, divergensi dan ambivalensi. Penelitian diakhiri dengan kegiatan FGD tahap 2 (*Focus Grup Discussion*) yang berujuan dengan penguatan wacana melalui *launching* Penguatan wacana Multi Usaha Kehutanan dilakukan.



Gambar 35 Beberapa kegiatan wawancara: a). wawancara tatap muka, b). wawancara daring (*online*), c). wawancara kelompok kecil, dan d). wawancara kelompok terfokus (FGD)

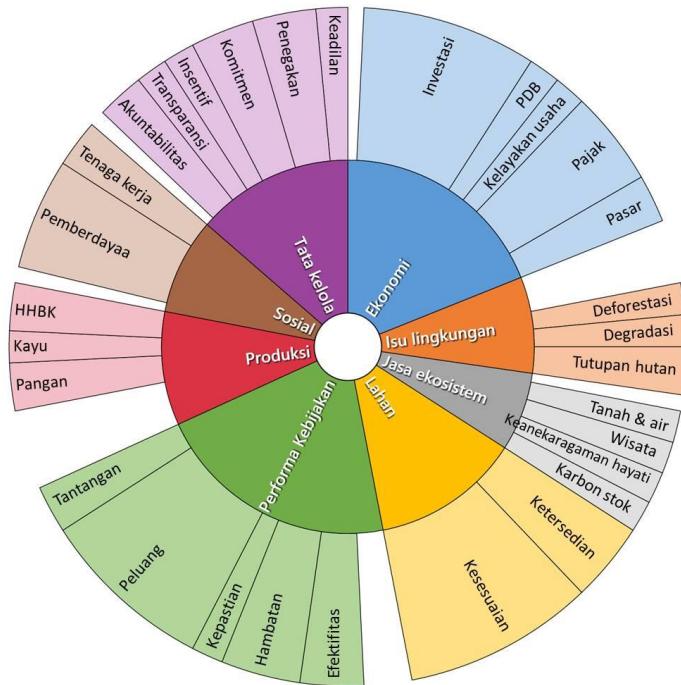
### 5.3 Hasil dan Pembahasan

#### 5.3.1 Isu dan konsep

Total dihasilkan 386 kondensasi dari sumber berita, interview, jurnal artikel serta aturan dan perundangan. Isi diskursus meliputi 29 isu, yang dikelompokkan kedalam 8 kategori (Tabel 29 dan Gambar 36).

Tabel 29 Daftar isu terkait diskursus Multi Usaha Kehutanan

Kategori	Isu ( <i>coding</i> )
Performa kebijakan Tata kelola	Peluang, Hambatan, Tantangan, Kepastian, Efektifitas Penegakan, Komitmen, Akuntabilitas, Transparansi, Insentif, Keadilan
Lahan	Ketersediaan, Kesesuaian
Produksi	HHBK, Pangan, Kayu
Ekonomi	Investasi, Pajak, Pasar, PDB, Kelayakan
Sosial	Pemberdayaan, Tenaga kerja
Isu lingkungan	Tutupan hutan, Degradasi, Deforestasi
Jasa ekosistem	Tanah dan Air, Wisata, Karbon stok, Kenaekaragaman hayati
Sumber : data olahan	



Gambar 36 Grafik kue (*pie chart*) isu dan kategori

Isu dan kategori terbagi dalam 3 tema pembahasan, yaitu : a). Performa kebijakan dan tata kelola, b). pemanfaatan lahan dan produktifitas dan c). manfaat ekonomi dan tanggung jawab sosial-lingkungan.

a. Performa kebijakan dan tata kelola,

Peluang berusaha dan hambatan kebijakan adalah dua isu dominan yang dibicarakan dalam kelompok isu kinerja / perfoma kebijakan. Sorotan khusus dalam kategori ini adalah “bagaimana cara ikut dan klaim kinerja” serta “*old fashion*”. Secara sejarah, tata guna hutan kesepakatan telah menjadi kesepakatan bahwa ruang kerja sektor non kehutanan hanya di areal penggunaan lain. Penggunaan lahan di wilayah yang disepakati sebagai hutan hutan produksi, hutan lindung dan konservasi memerlukan mekanisme-perijinan khusus, diantaranya pinjam pakai, perhutanan sosial, tanah objek reformasi agraria dan pelepasan kawasan hutan (MoEF 2021b; Nurrochmat *et al.* 2023). Walaupun berbiaya tinggi (Smith *et al.* 2003; Peluso dan Lund 2011; Enrici dan Hubacek 2016; Berliani *et al.* 2018; Capri *et al.* 2021; Cisneros *et al.* 2021; Kartodihardjo dan Cahyono 2021; Prakasa *et al.* 2022), mekanisme-mekanisme tersebut menjadi popular karena memenuhi aspek *de jure* dan *de facto* kepastian berusaha. Multi Usaha Kehutanan (MUK) tidak bersifat menghapus tapi menjadi pilihan mekanisme baru di antara mekanisme yang ada atau pilihan melanjutkan usaha dengan ijin lama, yang mana diperlukan diskresi untuk menstimulasi pertumbuhan usaha baru (GOI 2021; MoEF 2021a).

“MUK memerlukan sinkronisasi antar sektor secara khusus karena stakeholder terlanjur terikat dengan wilayah kerja dan indikator kinerjanya masing-masing”.

“MUK akan berhadapan dengan *old fashion* bisnis berorientasi kayu dan menghabiskan sisa ijin lama”

“MUK memerlukan dikresi untuk menstimulasi pertumbuhan usaha baru sektor-sektor non kehutanan di kawasan hutan”

Sinkronisasi menjadi diskursus karena melibatkan berbagai pihak mulai dari pemerintah, swasta, dan kelompok masyarakat yang masing-masing memiliki wilayah kerja dan indikator kinerja berbeda. Selain itu, MUK akan mengubah pola usaha pemegang izin pemanfaatan hasil hutan kayu di sisa waktu izin dari satu usaha menjadi multiusaha. Hal ini memerlukan rangsangan, khususnya dalam hal pemasaran dan persaingan usaha.

Dalam kategori tata kelola, diskursus bersifat normative tentang tata kelola bersih (*good governance*) dan berhubungan dengan kategori isu pemanfaatan lahan (*landuse*). Sorotan khusus terkait dua kategori ini adalah “*land banking*”, “komitmen” dan “keadilan”.

“Banyak konsesi yang tidak dikelola oleh pemegang izin sehingga menghambat investasi lain terhadap lahan dalam konsesi tersebut”.

“MUK sebagai integrated usaha perlu memastikan kesiapan, komitmen dan kapabilitas pelaku usaha”

“Distribusi izin pemanfaatan lahan dilakukan secara proposional dan afirmatif”

“MUK memerlukan perubahan kultur budidaya dan peningkatan kapasitas SDM”

MUK memiliki potensial konflik interest antar stakeholder pemerintahan, dimulai dari penyusunan roadmap, program, kegiatan dan anggaran hingga penilaian dan klaim kinerja. Diskursus terkait penilaian dan klaim kinerja penggunaan lahan untuk sektor usaha non kehutanan dalam MUK merekomendasikan 2 usulan, yaitu:

- Kinerja bersama; pelaksanaan program/kegiatan/anggaran dicatat sebagai kinerja sektor kehutanan dan sektor usaha non kehutanan yang diusahakan dan sektor lain yang mendukung. Sebagai contoh, usaha pertanian hortikultura yang diusahakan dalam mekanisme Mb-F dicatat sebagai kinerja kementerian lingkungan hidup dan kehutanan serta kementerian pertanian maupun kementerian pekerjaan umum. Resiko kinerja bersama adalah perhitungan ganda (*double counting*), terutama untuk pencatatan manfaat/dampak dan hasil produksi komoditas yang diusahakan.
- Kinerja terpisah; kinerja yang dapat diklaim kementerian lingkungan hidup dan kehutanan terbatas pada penyediaan lahan, sementara itu, manfaat/dampak dan hasil produksi komoditas yang diusahakan dapat diklaim sebagai kinerja kementerian yang mengurus bidang usaha komoditas tersebut. Resiko kinerja terpisah ini adalah mis-koordinatif, terutama dalam penyusunan program, kegiatan dan penganggaran, termasuk mis-koordinasi dalam pemberian layanan dan bimbingan teknis.

b. Pemanfaatan lahan dan peningkatan produksi,

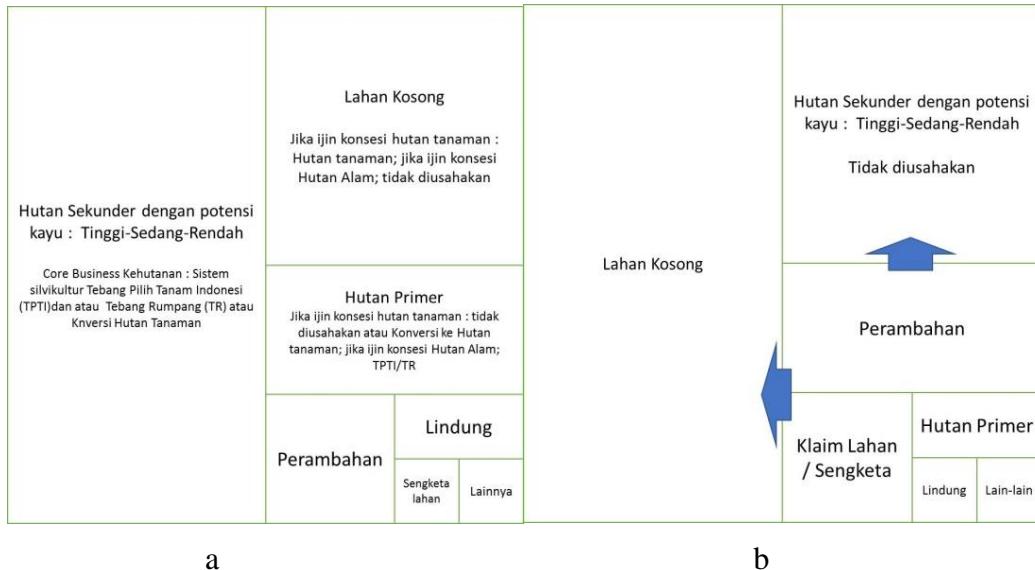
Diskursus Multi Usaha Kehutanan mewacanakan peningkatan tata kelola pemanfaatan lahan dan peningkatan produktivitas hutan yang dikelola

pemegang izin pengelolaan. Bentuk pemberahannya berupa penataan ruang sesuai dengan usaha yang akan dijalankan agar tidak ada ruang yang tidak terkelola. Penataan berbagai usaha akan mengundang investasi lain pada lahan berizin yang sama sehingga diperlukan komitmen dan kapasitas serta kemampuan pihak-pihak yang terlibat. Salah satu bentuknya adalah izin penggunaan lahan yang dilakukan secara proporsional dan afirmatif serta penguatan kapasitas sumber daya manusia. MUK akan menggabungkan beberapa pola izin menjadi satu dokumen sehingga mekanisme pengajuan izin, pemantauan evaluasi pemanfaatan lahan hutan akan berbeda. Kesiapan pemerintah diperlukan agar hal tersebut tidak menjadi kendala.

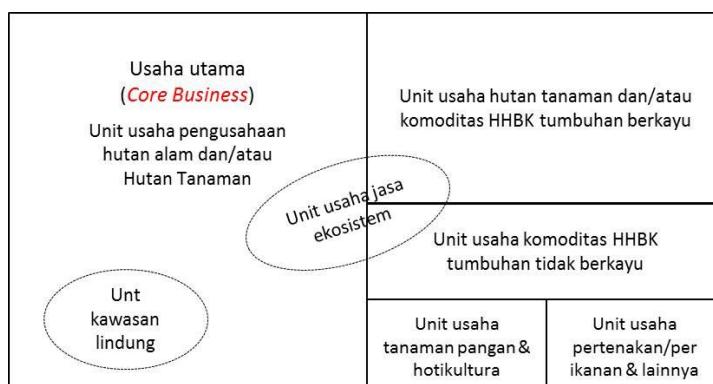
*Land banking* yang menjadi salah satu sorotan khusus, dalam perspektif penggunaan lahan hutan telah bergeser dari tujuan kesejahteraan (Tejawati *et al.* 2021). Hingga tahun 2017 terdapat 181 pemilik ijin konsesi seluas 8,34 Mha dalam status tidak aktif melaksanakan izin penggunaan lahan, sementara itu, 40 Mha tidak diusahakan. Dalam hal ini, keputuan-keputusan dalam penggunaan lahan perlu mempertimbangkan pasar dan produktifitas lahan serta peningkatan nilai hutan yang akan diperoleh dari kondisi awal (*baseline*) (Gusti dan Kindermann 2011; Suryanto dan Sayektinginsih 2020). Untuk itu, MUK mendorong penerapan prinsip tata kelola dan pemanfaatan lahan secara adaptif, berorientasi komitmen, multi skala dan manfaat, negosiasi antar pihak secara transparan, jernih, partisipatif, resiliensi dan bertanggung jawab serta peningkatan kapasitas (Sayer *et al.* 2013; Hadiprasetya dan Kim 2022).

Fragmentasi hutan Nasional dalam 4 tutupan hutan menggambarkan kondisi aktual di satuan unit-unit lahan dan konsesi, dengan rata-rata ketersediaan hutan berpotensi rendah hingga tidak berhutan sebesar 37,2%. Pada unit lahan tanpa ijin konsesi bisa mencapai 67%, dan secara ekstrim, jumlah luas lahan yang saat ini efektif diusahakan dihutan produksi hanya sebesar 14.62% (Suryanto, Nurrochmat, Priyono, *et al.* 2010; Suryanto dan Sayektinginsih 2020). Diskursus mewacanakan kekuatiran peningkatan level fragmentasi karena sebagian areal konsesi tidak memiliki kelayakan untuk diusahakan dengan menggunakan *mainstream* usaha pemungutan kayu sehingga mendorong peningkatan luas perambahan dan klaim lahan dari ketersediaan kawasan yang tidak berhutan dan tidak diusahakan tersebut (Gambar 37).

Kondisi aktual fragmentasi menggambarkan tipologi ketersediaan kawasan yang cukup tinggi untuk diusahakan melalui Multi Usaha Kehutanan. Diskursus menghasilkan konsep *land sparing* dalam tata kelola ruang pemanfaatan lahan untuk optimasi peningkatan nilai hutan (Gambar 38), yang mana konsep *land sharing* menjadi pilihan yang teknikal dari *land sparing*. Konsep ini mengadopsi teori *multi-purpose forest* melalui 2 atau lebih kegiatan usaha dan komoditas berbasis lahan yang sesuai dengan kondisi fragmentasi dan tipologi masing masing cluster lahan dalam satu ijin konsesi.



Gambar 37 *Baseline* kondisi aktual fragmentasi di unit konsesi: a) di unit lahan aktif, dan b). di unit lahan tidak aktif atau tidak memiliki ijin konsesi



Gambar 38 Konsep tata ruang pemanfaatan lahan melalui MUK

Diskursus memastikan bahwa alternatif unit usaha kelola hutan alam dan/atau unit usaha hutan tanaman dan/atau unit kelola kawasan lindung sebagai *core business* MUK untuk mempertahankan eksistensi tutupan hutan. Pilihan-pilihan *core business* tersebut, baik secara sendiri-sendiri atau kombinasi diantaranya mengakomodir perhatian publik terhadap isu lingkungan dan jasa ekositem. Tolok ukur yang digunakan adalah dan meminimalisasi kekuatiran terkait dampak lingkungan (deforestasi dan degradasi) dengan minimal jumlah tutupan hutan dan jasa ekosistem hutan untuk perlindungan tanah, air, penyimpanan karbon, keanekaragaman hayati dan wisata yang dipertahankan sama dengan kondisi *baseline*. Penambahan/peningkatan nilai hutan, baik dalam hal jasa penyediaan barang produksi maupun manfaat secara sosial, ekonomi dan lingkungan diperoleh melalui pengayaan jenis usaha di bagian kawasan yang memiliki potensi rendah dan kosong melalui pembangunan hutan tanaman maupun HHBK dan jasa lingkungan yang sesuai dengan preferensi dan tipologi (Kangas *et al.* 2005; Corona dan Marchetti 2007; Simončič dan Bončina 2015; Nölte *et al.* 2018).

c. Manfaat ekonomi dan tanggung jawab sosial-lingkungan

Diskursus untuk 6 kategori isu berikutnya adalah teknis tentang tujuan dan indikator manfaat MUK dalam perspektif cipta kerja, ketahanan pangan dan lingkungan (Payn *et al.* 2015; Lasminingrat dan Efriza 2020; Loconto *et al.* 2020; Sugiharti *et al.* 2020; EIU 2021; Mahardika 2021; Sunarto *et al.* 2021; Neta *et al.* 2022). Beberapa sorotan khususnya diantaranya “kesesuaian”, “produktifitas”, “investasi”, “kelayakan usaha” dan “lingkungan”. Termasuk tentang bagaimana menilai aspek keberlanjutan MUK (Fauzi 2019; Blicharska *et al.* 2020).

“Biaya tinggi pada lahan yang umumnya miskin hara”

“Peningkatan nilai ekonomi hutan, penyediaan bahan baku, ekspor, lapangan pekerjaan dan penerimaan Negara”

“Menambah pembiayaan, perubahan dokumen dan ijin lingkungan”

“Pemilihan jenis komoditas memerhatikan persaingan pasar, monopoli dan oligopoly”.

“Multi usaha dalam satu bentang lahan dan satu ijin memerlukan satu AMDAL dan feasibility yang terukur secara multikriteria dan komprehensif”.

Diskursus lain adalah terkait pembiayaan tinggi. Penggunaan lahan yang intensif dan berulang memerlukan penambahan pembiayaan dalam mempertahankan kesuburan tanah, termasuk biaya persiapan lahan dan penerapan teknologi yang intensif, baik untuk pilihan jenis usaha budidaya tumbuhan atau pilihan jenis usaha budidaya peternakan, perikanan dan jasa lingkungan. Walaupun demikian, diskursus sampai pada antusiasme bahwa MUK dapat mendorong peningkatkan nilai ekonomi hutan, pasokan bahan baku, ekspor, lapangan kerja dan penerimaan negara.

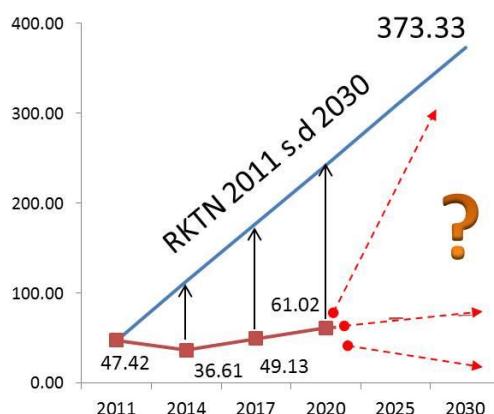
Antusiasme dalam diskursus dilatarbelakangi oleh isu sentral ketahanan pangan Nasional dan performa sektor Kehutanan dalam tata kelola. Ketahanan pangan Indonesia pada tahun 2021 berada pada indeks 59,5 dan menduduki peringkat ke-65 dunia yang berpotensi menjadi ancaman kerawanan pangan diwaktu akan datang (EIU 2021). Selain memiliki daya saing yang rendah pada komoditas strategisnya, Indonesia juga mengalami defisit perdagangan pada 6 kelompok komoditas pangan (Nurfatriani *et al.* 2015; Martauli 2018; Andrianto *et al.* 2019; Nurfatriani *et al.* 2019; Sindy dan Salam 2019; FAO 2020; Prajanti *et al.* 2020a; Purnomo *et al.* 2020; Rum dan Rijoly 2020a; Sugiharti *et al.* 2020). Neraca perdagangan 9 kelompok pangan seperti disajikan pada Table 30 menjelaskan bahwa total surplus perdagangan sebesar \$ 16,62 miliar tidak menggambarkan kekuatan sektor pertanian Indonesia karena sebesar 154,4% surplus di topang oleh kelompok komoditas lemak dan minyak sayur (*fats and oils*, terutama minyak kelapa sawit) dan kelompok komoditas perikanan (FAO 2020). MUK diyakini sebagai alternatif kebijakan yang efektif untuk menciptakan sistem pangan yang lebih baik melalui pengembangan riset, infrastruktur, keterjangkauan dan keamanan pangan (Newton *et al.* 2013; Hudson *et al.* 2013; Badan Ketahanan Pangan 2020; EIU 2021).

Tabel 30 Neraca Ekspor – Impor pangan Indonesia berdasarkan kelompok komoditas utama (USD Juta)

Kelompok Pangan	Ekspor	Impor	Selisih	Neraca +/-	Neraca Total
Minyak Sayur (Sawit dll)	20.100	169	19.931		
Ikan	4.420	308	4.112	25.660	
Lainnya	4.639	3.022	1.617		
Padi, Jagung, Kedelai, Gandum & biji-bijian	873	4.211	-3.338		
Buah-buahan dan Sayuran	1.203	3.377	-2.174		
Gula dan Madu	265	2.126	-1.861		16.622
Telur dan kebutuhan harian lainnya	39	952	-913	-9.038	
Daging dan turunannya	17	750	-733		
Minuman	134	153	-19		
<b>Jumlah</b>	<b>31.690</b>	<b>15.068</b>	<b>16.622</b>		

Sumber : *Food and Agricultural Organization Statistics* (FAO 2020)

Sementara itu, antusiasme dalam diskursus disektor kehutanan, sesuai hipotesa awal, dilatarbelakangi oleh isu sentral kinerja rendah. Melalui Rencana Kehutanan Nasional, pemerintah Indonesia memproyeksi pertumbuhan produksi kayu Nasional dari angka *baseline* 47,42 juta m<sup>3</sup>/year pada tahun 2011 menjadi 373,33 juta m<sup>3</sup>/year pada tahun 2030 (BPS-Statistics Indonesia 2016; BPS-Statistics Indonesia 2018; BPS-Statistics Indonesia 2019; MoEF 2019b; BPS-Statistics Indonesia 2020b). Berdasarkan itu, jika ditarik garis imajiner proyeksi pertumbuhan produksi kayu 2011 s.d 2030 dan realisasi produksi kayu pada tahun 2011, 2014, 2017, 2020, pada periode pertama, gab antara proyeksi dan realisasi justru menunjukkan trend yang semakin melebar (Gambar 39). Tren ini menimbulkan pertanyaan dan antusiasme: apakah realisasi produksi dapat menukik drastis ke atas, tetap melandai atau bahkan justru turun?



Gambar 39 Gab antara realisasi produksi kayu dengan garis imajiner angka target produksi kayu di Indonesia

### 5.3.2 Faktor dan aktor

Narasi yang diwakili 29 konten isu merupakan variabel penting yang membangun konseptual kualitatif dari kompleksitas multi usaha kehutanan. Analisis lebih lanjut menghasilkan 10 faktor sebagai indikator tujuan keberlanjutan. Sepuluh indikator tujuan diformulasikan melalui artikulasi isu melalui logika matematika, pemodelan dan simulasi kuantitatif yang dikonfirmasi dengan saran dan umpan balik (*feedback*) responden pakar (Richmond 1994; Wolstenholme 1999; Hermans 2008; Ostrom 2009; Ostrom 2011; Dhirasasna dan Sahin 2019; Parashar *et al.* 2021). Kajian dan review terhadap 29 isu menghasilkan 10 indikator tujuan seperti disajikan pada Tabel 31.

Konten isu dalam kategori performa kebijakan dan tata kelola tidak diidentifikasi sebagai indikator tujuan. Isu-isu yang teridentifikasi dalam kelompok ini merupakan variable input untuk proses sinkronisasi, koreksi dan perumusan kebijakan secara makro yang mengatur norma, standar, prosedur dan kriteria maupun memonitor dan mengevaluasi pelaksanaan dan dampak kebijakan-kebijakan terkait multi usaha kehutanan (Dunn 2003; Ostrom 2009). Selain itu, konten isu pasar dan wisata merupakan variable antara yang menjadi dasar pertimbangan dan preferensi untuk pencapaian indikator tujuan. Isu lainnya dapat dikuantifikasikan sebagai indikator tujuan, yang beberapa diantaranya merupakan gabungan dari beberapa konten isu diwakili oleh satu indikator tujuan.

Tabel 31 Kajian, review dan kuantifikasi konten isu menjadi indikator tujuan keberlanjutan multi usaha kehutanan

Isu	Indikator tujuan keberlanjutan	Pendekatan kuantifikasi	Keterangan
Peluang, Hambatan, Tantangan, Kepastian, Efektifitas	-	-	Variabel makro kebijakan
Penegakan, Komitmen, Akuntabilitas, Transparansi, Insentif, Keadilan	-	-	Tolok ukur dalam sistem monitoring dan evaluasi dari implementasi kebijakan makro
Ketersediaan, Kesesuaian	Pemanfaatan dan produktifitas lahan	Persentase luas pemanfaatan lahan efektif diusahakan	Terkait dengan diskursus rendahnya pemanfatan lahan
Kayu	Sediaan hasil produksi kayu	Volume produksi kayu dalam m <sup>3</sup>	Sesuai dengan pilihan jenis usaha dan komoditas diusahakan
Pangan	Sediaan hasil produksi HHBK Pangan	Volume produksi HHBK non pangan dan pangan dan/atau turunannya dalam ton	Terkait isu Nasional ketahanan pangan dan peningkatan kinerja sektoral
HHBK	Sediaan hasil produksi HHBK Non Pangan	Nilai investasi, resiko dan kelayakan usaha (Investasi bersih, NPV, BCR, IRR dan jangka pengembalian modal)	Informasi terkait nilai investasi, resiko dan kelayakan usaha
Investasi, Kelayakan,	Investasi dan kelayakan usaha	Total penerimaan Negara (PBB, Ppn, PNBP, iuran, provisi dll) dan dana pemberdayaan (CSR)	Informasi manfaat ekonomi yang diterima Negara dan masyarakat sekitar konsesi
Pajak, PDB, Pemberdayaan,	Penerimaan Negara dan manfaat sosial		

Isu	Indikator tujuan keberlanjutan	Pendekatan kuantifikasi	Keterangan
Pasar	-	-	Variabel makro kebijakan dan preferensi
Tenaga kerja	Penyerapan tenaga kerja	Jumlah tenaga kerja yang diserap	Terkait isu Nasional penyediaan lapangan kerja
Tutupan hutan, Degradasi, Deforestasi, Keanekaragaman hayati	Keanekaragaman hayati	Percentase tutupan tajuk dari tegakan alami hutan dan/atau tanaman	Tutupan tajuk ( <i>canopy crown</i> ) digunakan untuk pendekatan perubahan habitat sebagai ruang hidup keanekaragaman hayati
Tanah dan Air,	Konservasi tanah dan air	Jumlah air yang dimanfaatkan dalam satuan kiloliter	Variabel pemanfaatan air lebih dapat dikuantifikasi
Wisata	-	-	Bersifat kualitatif sesuai daya tarik
Karbon stok,	Isu perubahan iklim	Jumlah karbon tersimpan dalam tegakan	Supply informasi isu Nasional penurunan emisi

Kajian dan review lebih lanjut terhadap konten isu dan sumber daya yang menjadi objek isu (Hegger *et al.* 2012; Dhirasasna dan Sahin 2019; Fauzi 2019; Parashar *et al.* 2021) mengidentifikasi 11 aktor (stakeholder) yang memiliki peran formal dalam konteks pengurusan dan implementasi. Daftar aktor yang teridentifikasi disajikan pada Tabel 32.

Tabel 32 Aktor dan peran formal

Aktors	Peran formal
Kementerian Lingkungan hidup dan kehutanan	Kewenangan penyelenggaraan urusan pemerintah bidang lingkungan hidup dan kehutanan
Dinas kehutanan	Pelaksana tugas penyelenggaraan urusan bidang kehutanan di daerah: penatagunaan, pengusahaan dan perlindungan, tata niaga kayu dll
Dinas lingkungan hidup	Pelaksana tugas penyelenggaraan urusan bidang lingkungan di daerah: pengendalian dampak, pengawasan lingkungan dll
Dinas tanaman pangan dan hortikultura	Pelaksana tugas penyelenggaraan urusan bidang pertanian sub bidang tanaman pangan dan hortikultura di daerah.
Dinas perkebunan	Pelaksana tugas penyelenggaraan urusan bidang pertanian sub bidang komoditas unggulan perkebunan di daerah.
Dinas peternakan	Pelaksana tugas penyelenggaraan urusan bidang pertanian sub bidang peternakan di daerah.
Dinas kelautan dan perikanan	Pelaksana tugas penyelenggaraan urusan bidang kelautan dan perikanan di daerah.
Dinas pariwisata	Pelaksana tugas penyelenggaraan urusan bidang pariwisata dan ekonomi kreatif di daerah.
Pakar	Advis/saran teknis dan kebijakan berdasarkan sains dan pengetahuan
Dunia usaha	Pelaku usaha
Asosiasi dan lembaga swadaya	Advokasi

### 5.3.3 Kelembagaan

Secara lengkap, aktor dan faktor sebagai indikator tujuan keberlanjutan Multi Usaha Kehutanan disajikan dalam daftar dan label seperti pada Tabel 33.

Tabel 33 Daftar aktor, indikator tujuan dan label

Aktor	Label	Indikator tujuan keberlanjutan	Label
Kementerian Lingkungan hidup dan kehutanan	KLHK	Pemanfaatan dan produktifitas lahan	LuP
Dinas kehutanan	DKh	Sediaan hasil produksi kayu	SHPK
Dinas lingkungan hidup	DLH	Sediaan hasil produksi HHBK pangan	SHPP
Dinas tanaman pangan dan hortikultura	DPH	Sediaan hasil produksi HHBK Non Pangan	SHPNP
Dinas perkebunan	DPk	Serapan tenaga kerja	STK
Dinas peternakan	DPt	Penerimaan Negara dan manfaat sosial	PNMS
Dinas perikanan	DPi		
Dinas pariwisata	DPw	Investasi dan kelayakan usaha	IKU
Pakar	Exp	Keaneka ragaman hayati	Kehati
Dunia usaha	DUM	Isu perubahan iklim	PI
Asosiasi dan lembaga swadaya masyarakat	ALsm	Konservasi tanah dan air	KTA

Pada Gambar 40 disajikan matrik bobot peran aktor terhadap indikator tujuan (2MAO) dan bobot pengaruh antar aktor (MDI) yang diisi oleh 36 responden dari 11 kelompok responden. Distribusi responden per kelompok responden meliputi KLHK, pakar dan ALsm masing-masing 5 responden; DKh, DLH, DPH, DPk, DPt dan DUM masing-masing 3 responden; DPi 2 responden dan DPw 1 responden. Bobot peran dan pengaruh yang ditabulasi adalah nilai tengah dari masing-masing kelompok. Rentang jenjang jabatan responden pemerintahan meliputi direktur (eselon 2), kepala dinas, kepala KPH, dan kepala bidang/seksi. Sementara itu, rentang gelar pendidikan responden pakar (*expert*) meliputi Profesor dan Doktoral. Untuk responden dunia usaha, asosiasi dan LSM adalah perwakilan dunia usaha di asosiasi (asosiasi), bergelar doktor (LSM) dan direksi (dunia usaha).

2MAO	LuP	SHPK	SHPP	SHPNP	PNMS	STK	IKU	Kehati	KTA	PI	MDI										
											KLHK	DKh	DLH	DPH	DPk	DPt	DPw	DPi	Exp	DUM	ALsm
KLHK	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	0	4	4	3	3	3	3	3	3	4	3
DKh	3	2	3	3	4	2	2	3	3	3	2	0	3	3	3	2	2	3	3	4	2
DLH	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	0	3	4	3	2	3	3	4	2
DPH	2	0	4	2	4	3	3	4	4	4	2	2	3	0	3	3	1	2	3	4	2
DPk	3	1	3	3	4	3	3	4	4	4	2	2	3	3	0	2	1	1	3	4	2
DPt	4	0	4	3	3	3	3	0	2	2	1	1	2	3	2	0	0	2	3	3	2
DPi	3	0	4	3	4	4	4	2	2	2	2	2	2	1	1	1	0	2	3	3	2
DPw	2	1	1	1	2	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	0	2	3	2
Exp	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	0	4	4
DUM	2	3	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	0	2	
ALsm	4	2	2	2	4	3	3	4	2	4	1	1	1	1	1	1	1	3	4	0	

Gambar 40 Nilai tengah peran dan pengaruh

Terkait dengan metode analisis menggunakan pendekatan analis Mactor, diperoleh beberapa catatan penting yang memerlukan pengembangan atau improvisasi dalam proses pelaksanaan wawancara, antara lain:

1. Potensi bias dalam memahami konteks pengaruh. Bentuk pengaruhnya terhadap aktor lain cenderung dipahami sebagai bentuk interaksi formal terkait tugas dan fungsi lembaganya secara normative dan keseluruhan (*general*). Dalam hal ini, ada kecenderungan aktor mengukur pengaruh tidak berdasarkan subjek kebijakan (multi usaha kehutanan) yang diperbincangkan.
2. Potensi bias dalam menentukan tolok ukur bobot. Potensi ini diantaranya juga disebabkan oleh adanya potensi bias dalam memahami konteks, sehingga menyebabkan bias dalam mengaktualisasi tolok ukur bobot secara spesifik untuk menetapkan tolok ukur atas bobot prosedur (1), kegiatan (2), misi (3) dan eksistensi (4).

Saran pengembangan atau improvisasi untuk teknik wawancara, antara lain:

- a. Melengkapi form kuisioner dengan *term of references* yang menjelaskan tema utama yang melatarbelakangi diskursus multi usaha kehutanan. Bangun suasana diskusi dalam proses wawancara hingga responden memahami konteks diskursus, potensi peran dan potensi pengaruh.
- b. Siapkan penjelasan tambahan tentang tolok ukur yang spesifik. Contoh dalam penelitian ini (Tabel 34) adalah dengan pendekatan 3 kelompok tolok ukur dan level kekuatan pengaruh/dipengaruhi, sementara itu, untuk tolok ukur peran didekati melalui peluang pemenuhan keseluruhan/sebagian dari strategi, program/kegiatan, anggaran dan SDM dilembaganya serta dalam dua level tolok ukur: dapat diusulkan dan dapat dilaksanakan.
- c. Lakukan simulasi-simulasi wawancara dengan responden bayangan untuk menguji keterhandalan kuisioner dan pembelajaran proses wawancara.

Tabel 34 Pendekatan tolok ukur bobot pengaruh dan peran

Jenis	Level 1	Kecendrungan / potensi	Level 2	Bobot
Pengaruh	Nihil	Nihil	Nihil	0
	Prosedur	dipengaruh / mengikut	Sangat lemah	1
	Kegiatan		Lemah	2
	Misi	mempengaruhi / mengajak	Kuat	3
	Eksistensi		Sangat Kuat	4
Peran	Nihil	Nihil		0
	Prosedur	Memenuhi sebagian dari strategi, program/kegiatan, anggaran dan SDM	Pengusulan	1
	Kegiatan		Pelaksanaan	2
	Misi	Memenuhi seluruh strategi, program/kegiatan, anggaran dan SDM	Pengusulan	3
	Eksistensi		Pelaksanaan	4

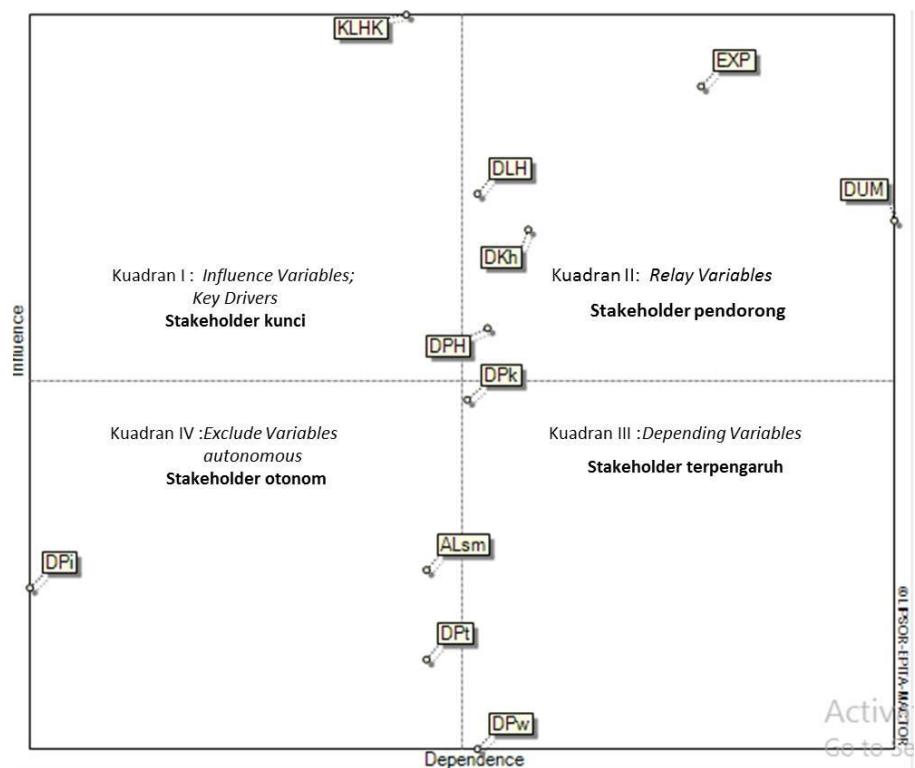
#### *Posisi aktor*

Berdasarkan pengolahan data secara algoritma pengaruh langsung dan tidak langsung antar aktor menghasilkan matrik derajat kekuatan mempengaruhi ( $I_i$ -influence) dan ketergantungan ( $D_i$ -dependence) (Gambar 41), yang kemudian disajikan dalam peta kuadran mempengaruhi dan ketergantungan (Gambar 42).

MDII	KLHK	DKh	DLH	DPH	DPK	DPI	DPW	Exp	DUM	ALsm	=	
KLHK	22	25	25	24	24	22	17	23	29	33	22	244
DKh	21	22	23	22	22	21	16	22	25	27	21	220
DLH	21	22	23	23	23	21	16	22	26	29	21	224
DPH	20	21	21	22	21	21	16	20	24	25	20	209
DPK	19	20	20	21	21	21	16	20	22	23	19	201
DPt	18	18	17	17	17	17	14	16	19	19	17	172
DPi	19	19	17	17	17	17	16	18	19	19	18	180
DPw	17	17	15	16	16	16	15	16	17	17	16	162
Exp	23	25	24	24	23	22	17	23	29	32	23	236
DUM	21	22	24	23	22	21	17	22	27	28	22	221
ALsm	18	20	18	18	18	17	16	18	18	21	16	182
Di	197	209	204	205	203	199	160	204	226	245	199	2251

© LIPSOR-EPIITA-MACTOR

Gambar 41 Matrik pengaruh langsung dan tidak langsung antar aktor dalam pencapaian tujuan keberlanjutan MUK

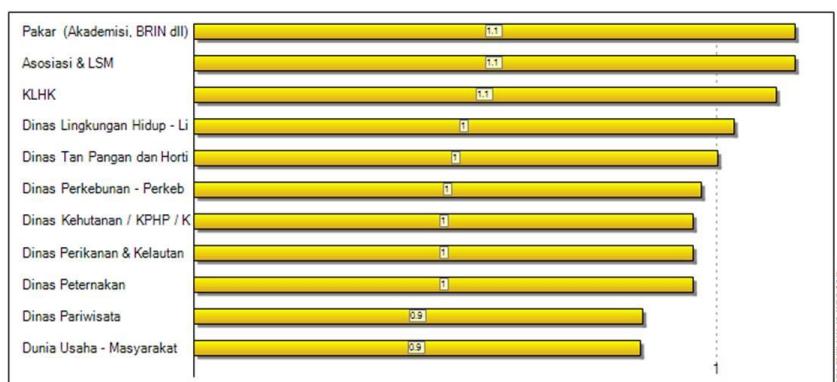


© LIPSOR-EPIITA-MACTOR

Gambar 42 Kuadran pengaruh dan ketergantungan aktor

Seperti yang disajikan pada Gambar 39 dan 40, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) adalah stakeholder kunci (kuadran I) yang memiliki pengaruh dan independensi tinggi dalam pencapaian tujuan keberlanjutan Multi Usaha Kehutanan. Jumlah skor pengaruh langsung dan tidak langsungnya adalah 244 dan jumlah skor ketergantungannya sebesar 197. Peran existensinya meliputi pemberian izin serta penetapan norma, standard, prosedur dan kegiatan (MoEF 2021c; MoEF 2021d; MoEF 2021e; MoEF 2021f; MoEF 2021a) dan pelaksana tugas UU dan Peraturan Pemerintah terkait Cipta Kerja, Kehutanan dan Lingkungan Hidup (GOI 2021; MoEF 2021b; Nurrochmat *et al.* 2023). Selanjutnya stakeholder

Dinas Kehutanan (DKh) dan Dinas Lingkungan Hidup (DLH) sebagai pelaksana tugas lingkungan hidup dan kehutanan di level Sub Nasional serta dunia usaha sebagai pengusul dan penerima manfaat ekonomi dan sosial berada dalam kuadran II (pendorong). Berdasarkan daya saing maksimum pengaruh dan umpan balik; tiga stakeholder di kuadran II, yaitu stakeholder pakar, asosiasi/lsm dan dinas lingkungan hidup memiliki potensi pengaruh yang kompetitif dalam perannya masing-masing (Gambar 43). Stakeholder kunci (KLHK) dapat mengoptimalkan peran dan umpan balik stakeholder pakar dalam menyediakan saran teknis dan kebijakan maupun penilaian, monitoring dan evaluasi berdasarkan sains dan pengetahuan. Berikut mengundang peran asosiasi dalam memberi peran kompetitif dalam memberi advokasi. Beberapa asosiasi tersebut diantaranya APHI (pengusaha hutan), ASGARIN (gaharu), ASKINDO (kakao), AEKI (kopi) serta ASPIDI (ternak), SCI (perikanan) dan lain-lain.

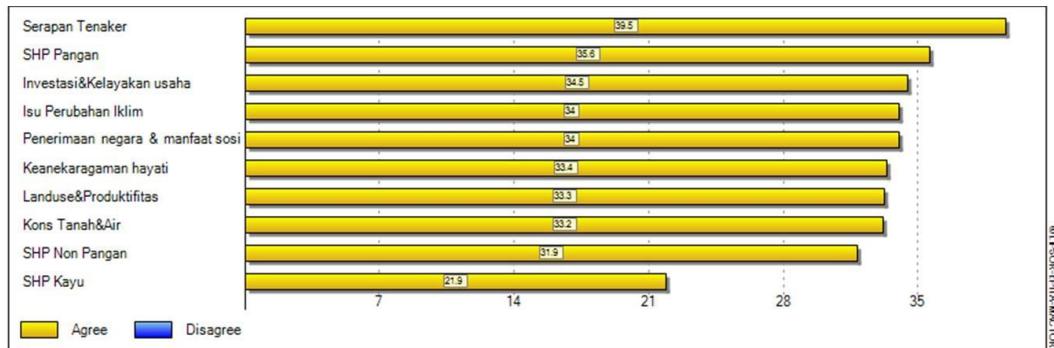


Gambar 43 Histogram daya saing pengaruh dan umpan balik aktor  
Relasi aktor terhadap indikator tujuan keberlanjutan MUK

Pengolahan data menggunakan pendekatan analisis MACTOR ini selanjutnya menghasilkan matriks posisi bernilai (3MAO) seperti disajikan pada Gambar 44. Matrik 3MAO ini posisi masing-masing aktor pada setiap indikator tujuan keberlanjutan MUK berdasarkan derajat opini, hirarki indikator tujuan, dan daya saing antar aktor dalam pencapaiannya.

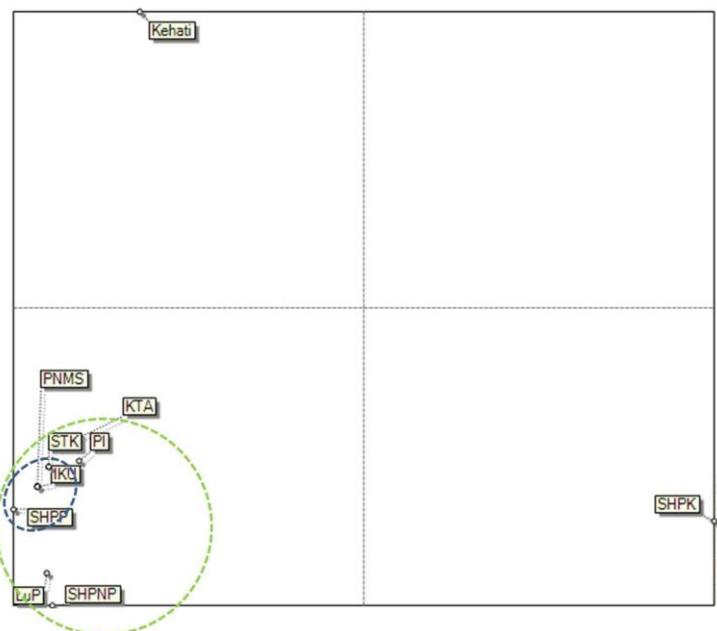
3MAO	LuP	SHPK	SHPP	SHPNP	STK	PNMS	Iku	Kehati	KTA	PI	Mobilisation
	KLHK	5.3	5.3	4.0	4.0	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	50.7
DKh	3.3	2.2	3.3	3.3	4.4	2.2	2.2	3.3	3.3	4.4	32.0
DLH	2.3	3.4	3.4	3.4	3.4	2.3	3.4	3.4	3.4	3.4	32.0
DPH	2.0	0.0	4.1	2.0	4.1	3.1	3.1	4.1	4.1	3.1	29.7
DPk	2.9	1.0	2.9	2.9	3.9	2.9	2.9	3.9	3.9	2.9	30.1
DPt	3.1	0.0	3.1	2.3	2.3	2.3	2.3	0.0	1.6	1.6	18.7
DPi	2.8	0.0	3.8	2.8	3.8	3.8	3.8	1.9	1.9	1.9	26.4
DPw	1.4	0.7	0.7	0.7	1.4	2.1	1.4	1.4	1.4	1.4	12.6
Exp	4.6	4.6	4.6	4.6	3.4	3.4	3.4	4.6	4.6	4.6	42.5
DUM	2.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	2.0	2.0	2.0	30.8
ALsm	3.4	1.7	1.7	1.7	3.4	2.6	2.6	3.4	1.7	3.4	25.8
Number of agreements	33.3	21.9	35.6	31.9	39.5	34.0	34.5	33.4	33.2	34.0	
Number of disagreements	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Degree of mobilisation	33.3	21.9	35.6	31.9	39.5	34.0	34.5	33.4	33.2	34.0	

Gambar 44 Matrik posisi aktor terhadap indikator tujuan keberlanjutan MUK

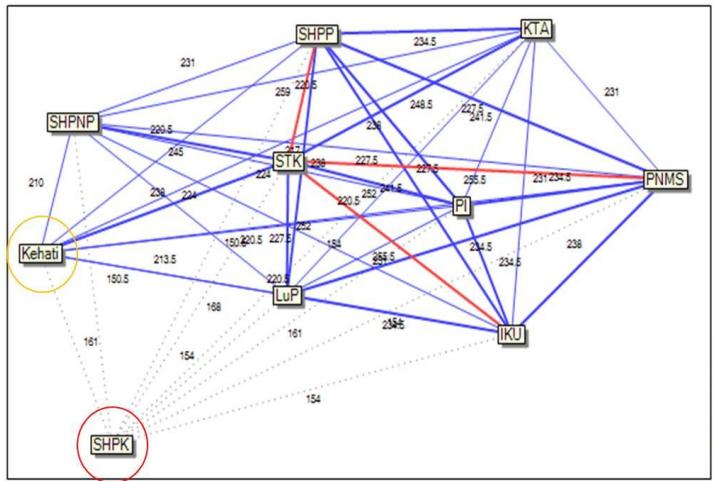


Gambar 45 Resultante peran aktor terhadap indikator tujuan

Berdasarkan relasi, posisi dan mobilisasi peran aktor terhadap indikator-indikator tujuannya, dapat diketahui bahwa indikator tujuan penyerapan tenaga kerja (STK) sebagai tujuan bersama dengan hirarki tertinggi (Gambar 45). Diikuti oleh indikator sediaan hasil produksi pangan (SHP Pangan), investasi dan kelayak usaha (IKU), isu perubahan iklim dan peningkatan penerimaan Negara melalui pajak, provisi dan lain-lain serta manfaat sosial melalui pemberdayaan dan distribusi dana *corporate social responsibility* (CSR) bagi masyarakat sekitar (PNMS). Semua stakeholder bersepakat untuk semua indikator tujuan yang ditetapkan, dalam hal ini tidak ada stakeholder yang tidak bersepakat (menentang) terhadap indikator-indikator tujuan yang ditetapkan. Berdasarkan peta kedekatan hubungan antar indikator tujuan (Gambar 46) dapat dijelaskan bahwa secara resultante, mobilisasi stakeholder terhadap indikator tujuan penyerapan tenaga kerja (STK), investasi dan kelayak usaha (IKU), penerimaan Negara dan manfaat social (PNMS) serta sediaan hasil produksi pangan (SHPP) dapat mendorong pencapaian indikator tujuan lainnya.

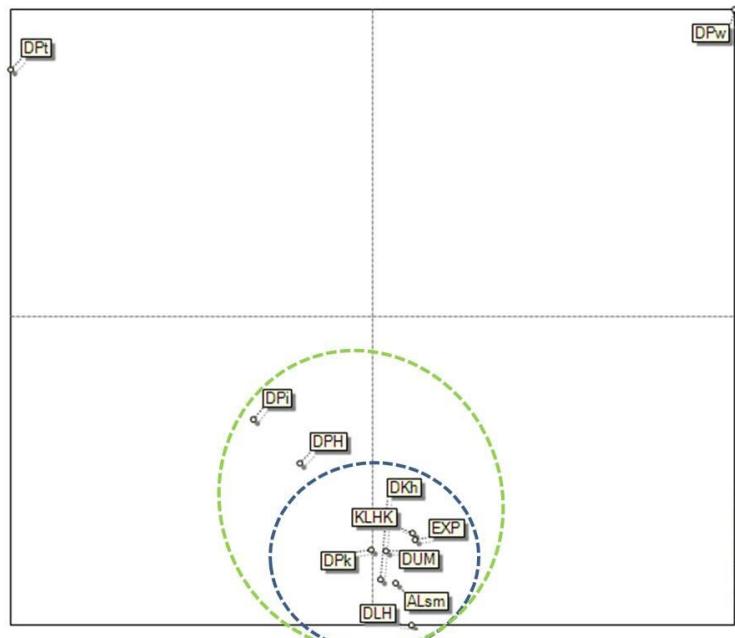


Gambar 46 Peta relasi berdasarkan kesamaan mobilisasi stakeholder terhadap indikator tujuan



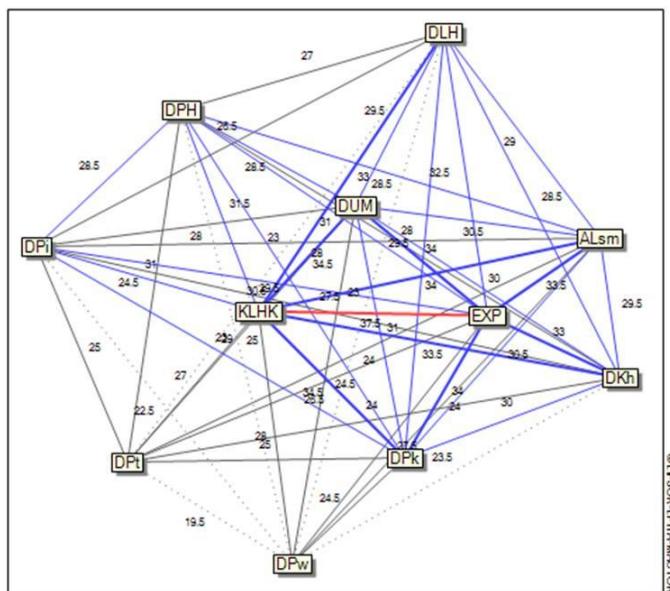
Gambar 47 Nilai bersih relasi antar indikator tujuan berdasarkan kesamaan mobilisasi stakeholder

Seperti disajikan pada Gambar 46 dan 47, sediaan hasil produksi kayu (SHPK) dan perlindungan keanekaragaaman hayati (Kehati) memiliki jarak yang jauh, bahkan tersisih. Narasi yang terbangun dalam konteks ini adalah bahwa dua indikator tujuan tersebut sudah menjadi tugas dan fungsi utama dari stakeholder sektor kehutanan. Dalam hal ini, momentum tersedia untuk menggeser paradigma bisnis berorientasi kayu, namun kehatian-hatian diperlukan untuk tidak merubah MUK menjadi bisnis tanpa kayu. Dalam hal ini, KLHK sebagai stakeholder kunci perlu memastikan bahwa unit bisnis yang berhubungan dengan dua indikator tujuan tersebut sebagai bisnis utama (*core business*) multi usaha kehutanan dalam perizinan berusaha pemanfaatan hutan (PBPH).



Gambar 48 Peta relasi aktor dalam memobilisasi pencapaian tujuan keberlanjutan MUK

Berdasarkan kedekatannya dalam memobilisasi tujuan keberlanjutan multiusaha kehutanan (Gambar 48), strategi jangka pendek yang dapat dibangun KLHK sebagai aktor kunci adalah menguatkan wacana MUK ke stakeholder potensial sebagai aliansi. Meliputi stakeholder serumpun sebagai pelaksana teknis kewenangan daerah (Dinas Kehutanan (DKh) dan Dinas Lingkungan Hidup (DLH)) serta pakar (EXP), dunia usaha dan masyarakat (DUM), Asosiasi dan LSM (ALsm) dan Dinas Perkebunan (DPk). Penguatan wacana meliputi kegiatan sosialisasi, konsultasi, koordinasi dan perumusan kebijakan terkait isu utama yang ditangkap dalam analisis narasi, meliputi: a). sinkronisasi penetapan dan klaim kinerja, b). insentif dan disinstif maupun diskresi, c). afirmasi, komitmen dan kapabilitas serta d). perubahan kultur dan peningkatan kapasitas SDM. Luaran (output) penguatan wacana adalah norma, standard, prosedur dan kegiatan (NSPK) terkait isu-isu utama yang diperbincangkan tersebut. Dalam hal ini, pakar (EXP) dapat mengambil peran pendorong utama (*trigger*) dalam perumusan maupun penilaian keberlanjutan multi usaha kehutanan. Hal ini merujuk pada potensi pengaruhnya (Gambar 42), daya saing dan umpan balik (Gambar 43) serta aliansi dan koordinasinya (Gambar 47 dan 48) yang intens namun tidak terpengaruh secara langsung oleh aktor kunci (KLHK) (Gambar 49). Melalui pendekatan berpikir sistem, penelitian ini diantaranya menghasilkan kriteria dan indikator penilaian usulan usulan multi usaha kehutanan sebagai salah satu contoh NSPK yang direkomendasikan (terlampir).



Gambar 49 Nilai bersih relasi antar aktor dalam pencapaian tujuan keberlanjutan MUK

## 5.5 Kesimpulan

Wacana kebijakan multi usaha kehutanan (MUK) membuka kesempatan berusaha baru diantara beberapa pilihan kebijakan tersedia lainnya dalam pemanfaatan lahan hutan, seperti pinjam pakai, perhutanan sosial, tanah objek reformasi agraria dan pelepasan kawasan hutan. Termasuk pilihan untuk melanjutkan dan atau menghabiskan sisa izin usaha lama berorientasi kayu. Masing-masing memiliki kekuatan hukum dan kepastian berusaha, sehingga demikian, diperlukan narasi diskresi untuk menstimulasi implementasi MUK. Wacana kebijakan MUK adalah momentum untuk perbaikan tata kelola, namun kehati-hatian diperlukan untuk tidak mendorong MUK menjadi bisnis kehutanan tanpa adanya jenis usaha kehutanan itu sendiri. Dalam hal ini, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan sebagai stakeholder kunci perlu menyiapkan norma, standard, prosedur dan kegiatan terkait isu-isu utama yang diperbincangkan. Yaitu terkait sinkronisasi penetapan dan klaim kinerja, insentif dan disinsentif maupun diskresi, afirmasi, komitmen dan kapabilitas serta perubahan kultur dan peningkatan kapasitas SDM. Penelitian ini merekomendasikan sepuluh indikator tujuan keberlanjutan MUK, yaitu optimasi pemanfaatan lahan, penyedian hasil hutan kayu, penyediaan hasil hutan kayu berupa pangan dan non pangan, penyerapan tenaga kerja, investasi dan kelayakan usaha serta aspek lingkungan terkait keanekaragaman hayati, perubahan iklim serta konservasi tanah dan air.

## VI MODEL PENGAMBILAN KEPUTUSAN MULTIUSAHA KEHUTANAN BERKELANJUTAN<sup>2</sup>

### 6.1 Pendahuluan

Sebuah anomali bahwa sebagai Negara agraris dan pemilik luas hutan yang besar, Indonesia justeru menghadapi 3 masalah serius secara bersamaan, yaitu: degradasi yang tinggi namun dengan produksi pangan dan hasil hutan yang rendah (Sahide et al. 2016; Tsujino et al. 2016; Susilastuti 2017; Izraelov dan Silber 2019; FAO 2020; GFRA 2020; EIU 2021). Anomali ini mengupas kembali fakta buruk bahwa disaat rasio luas lahan pertanian Indonesia terlalu rendah (0,19 ha/capital), sebesar 40 M ha dari 68,8 M ha yang dialokasikan untuk lahan hutan produksi justeru tidak diusahakan (MoEF 2019a; FAO 2020; Suryanto dan Sayektinginsih 2020). Indonesia sesungguhnya memiliki teknologi dan produktifitas yang cukup untuk memproduksi komoditas kehutanan dan pertaniannya (Tan et al. 2016; Tothmihaly dan Ingram 2019; Duffy et al. 2021), sehingga demikian, hipotesa utama yang patut diajukan adalah tata kelola yang tidak efisien (Martauli 2018; Andrianto et al. 2019; Nurfatriani et al. 2019; Sindy dan Salam 2019; Prajanti et al. 2020b; Purnomo et al. 2020; Rum dan Rijoly 2020b; Sugiharti et al. 2020; Nurrochmat et al. 2023). Fokus ketidakefisienan terutama pada praktek penerapan tata kelola berorientasi kayu pada lahan hutan produksi yang terfragmentasi (Suryanto, Nurrochmat, Purnomo, et al. 2010; Suryanto dan Wahyuni 2016; MoEF 2017a; MoEF 2018; Suryanto et al. 2018; MoEF 2019a; Sahara et al. 2022).

Beberapa negara berkembang telah berhasil meningkatkan efisiensi penggunaan lahan selama beberapa dekade terakhir yang secara bersamaan menyelaraskan pelestarian hutan dengan peningkatan produksi kayu dan pertanian. Dalam hal ini, efisiensi harus dipahami dan dimodelkan sebagai sistem terbuka dengan arus barang, manusia, dan modal dalam jumlah besar yang menghubungkan penggunaan lahan dengan faktor-faktor berskala global (Rudel et al. 2005; Lambin et al. 2011). Efisiensi penggunaan lahan sangat dinamis dan kompleks serta bervariasi seiring waktu dan ruang yang secara efektif mengubah hubungan sosial dalam mengembangkan serangkaian praktik agroekologi, dan mengadvokasi penerapan praktik-praktik tersebut secara lebih luas untuk mengoptimalkan penggunaan lahan dan tutupan lahan (Sahide dan Giessen 2015; Wang et al. 2015; van der Laan et al. 2018; van der Ploeg 2020). Saat ini wacana kebijakan Multi Usaha Kehutanan (MUK) diusulkan untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi penggunaan lahan hutan dalam menyediakan berbagai produk dan jasa lingkungan, antara lain kayu, hasil hutan bukan kayu (HHBK), pangan, ekowisata, konservasi, pengelolaan air, dan lainnya (Pyatt 1993; Simončič dan Bončina 2015; Kindler 2016; Nölte et al. 2018). Kutipan Santayana bahwa 'mereka yang tidak dapat mengingat masa lalu dikutuk untuk mengulanginya' sejalan dengan kekhawatiran mengenai efektivitas implementasi MUK terkait dengan isu deforestasi (Tsujino et al. 2016; Miyamoto 2020), lapangan kerja dan perubahan tutupan lahan (Maladi

---

<sup>2</sup> Bab VI ini secara keseluruhan berkaitan dengan tujuan 2, tidak secara spesifik dipublikasikan namun dinyatakan secara eksplisit sebagai alat analisis utama dalam publikasi ilmiah berjudul: *Why is multi-business forestry needed to overcome the low performance of forestry governance and food security in Indonesia?*. Status accepted dan dalam proses penerbitan di Jurnal Forest and Society (Q1)

2013; Margono *et al.* 2014; Suwarno *et al.* 2018), pembalakan liar dan kebakaran (Schmitz 2016; Carlson *et al.* 2018) serta kesesuaian ekologi, sosial dan ekonomi serta bentuk dan pola penggunaan lahan (Kremen 2015; Paul dan Knoke 2015; Szulecka *et al.* 2016; Kassa *et al.* 2017; Phalan 2018; Sharma *et al.* 2018; Loconto *et al.* 2020). Kekuatiran ini terkait dengan banyaknya pilihan keputusan tersedia dari kompleksitas MUK, sehingga memiliki resiko yang tinggi jika salah dalam pengambilan keputusan. Oleh karena itu, pertanyaan kuncinya adalah bagaimana cara memperoleh keputusan-keputusan yang dapat memaksimalkan manfaat dan meminimasi dampak (Lambin *et al.* 2011; Barrette *et al.* 2014; Noer 2016; Bonny 2019; Martin *et al.* 2020; Shen *et al.* 2020). Penelitian ini bertujuan untuk menyediakan alat bantu pengambilan keputusan yang secara cepat dapat mengurai dan mengolah kompleksitas pilihan keputusan sehingga diperoleh satu pilihan keputusan yang optimum dan memenuhi indikator tujuan keberlanjutan MUK secara ekologi, ekonomi dan sosial.

## 6.2 Metode Analisis Sistem Dinamik dan Pemodelan

### 6.2.1 Jenis dan Sumber Data

Data meliputi data primer dan sekunder. Data primer bersumber dari data luaran analisis wacana dan riset aksi. Terdiri dari data preferensi usaha, data hasil *groundcheck* tipologi dan umpan balik (*feedback*) dari praktisi di unit sampel ujicoba yang diperkaya dengan konsultasi dengan pakar. Data sekunder meliputi data peta serta data terkait dengan tipologi, komoditas, teknik budidaya, prestasi kerja orang dan peralatan, konsesus, konstanta, pembiayaan, harga dan beragam data peubah lainnya. Perangkat model diantaranya diuji dengan melakukan simulasi secara berulang-ulang menggunakan data yang diubah secara hipotetik. Pengubahan data secara hipotetik dan berulang ini bertujuan untuk menguji kestabilan dan reliabilitas (*reability*) perangkat model untuk menerima, menyaring, mengolah dan menyajikan data luaran secara handal. Data-data hipotetik ini kemudian digantikan kembali dengan data primer dan sekunder penelitian, yang kemudian ditetapkan sebagai data bawaan (*default*) model.

### 6.2.2 Teknik pengumpulan data

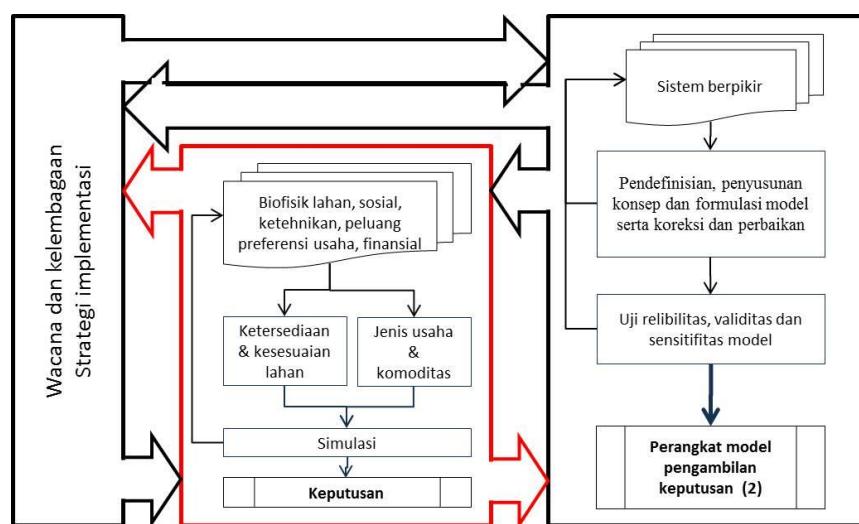
Pengumpulan data analisis sistem dan pemodelan ini dilakukan dengan teknik *desk study*, riset aksi, diskusi pakar dan studi literatur. Data dan informasi yang dikumpulkan pada kegiatan analisis wacana dan kelembagaan melalui penelusuran teks berita, jurnal, peraturan perundangan, wawancara, diskusi mendalam dan diskusi grup terfokus (FGD) dianalisis secara *desk study* untuk kemudian dikonsep dan diformulasi menjadi CLD dan model hipotesis (*CLD and Model hypothesis*). CLD dan model hipotesis kemudian diuji melalui riset aksi di dua sampel unit. Data peta tutupan hutan dan topografi unit sampel diolah dari data peta rupa bumi dan peta DEM SRTM dan *ArcGIS World Hillshade* yang diunduh melalui <https://tanahair.indonesia.go.id>, <https://sigap.menlhk.go.id> dan <https://www.arcgis.com>. Pada unit sample PT Ratah Timber, data *groundcheck* potensi awal tegakan hutan (PATH) diambil melalui inventarisasi struktur dan tegakan hutan pada 9 titik sampel plot dengan masing-masing luas 1 ha yang dilengkapi dengan pengambilan sampel tanah dengan masing-masing 3 ring sampel. Data *groundcheck* tipologi lain diambil melalui pengamatan dan

pencacatan deskripsi dan potensi pengembangan usaha lainnya. Sementara pada unit sample PT Nusantara Ekosistem Lestari, data PATH diolah menggunakan *google earth engine* (GEE) yang diinterpolasi dengan database struktur dan komposisi tegakan Sulawesi Tengah yang diambil melalui penelusuran literature.

Data primer dan sekunder tipologi digunakan sebagai data dasar untuk menyusun rencana usaha dan penetapan variable keputusan usaha. Data-data ini diperoleh melalui rapat dan diskusi perencanaan dalam riset aksi. Semua data digunakan untuk men-simulasi secara berulang dan menghasilkan umpan balik yang didokumentasi (dicatat) untuk koreksi dan perbaikan CLD dan model hipotesa melalui pengulangan proses studi penelusuran (literature) dan diskusi/konsultasi pakar. Teknik simulasi ini menggunakan fungsi logika matematika (*if and then*) dalam pengambilan keputusan. Teknik simulasi ini menghasilkan dua luaran, yaitu a). pengembangan sistem berpikir yang lebih komprehensif, detail dan efektif hingga menghasilkan CLD dan model yang teruji dan tervalidasi untuk kebutuhan riset, dan b). dokumen rencana usaha untuk kebutuhan unit sampel manajemen.

### 6.2.3 Tahapan analisis

Seperti disajikan pada Gambar 50, analisis sistem dinamik dan pemodelan merupakan bagian yang terhubung dengan keseluruhan tahapan penelitian disertasi dalam membangun system berpikir (*system thinking*).



Gambar 50 Potongan diagram alir kegiatan penelitian Disertasi,  
sub kegiatan analisis konten dan kelembagaan

Pengumpulan data melalui kegiatan analisis wacana, kelembagaan dan strategi implementasi merupakan tahapan inti dalam mengidentifikasi variable dan keterhubungan antar variabel dalam sistem dinamik yang komprehensif, detail dan efektif. Sistem berpikir yang terbangun kemudian didefinisikan, dikonseptualisasi dan diformulasi menjadi CLD dan model hipotesis (*CLD and Model hypothesis*) yang diuji melalui riset aksi untuk pengulangan proses identifikasi, pengayaan dan koreksi berdasarkan umpan-umpan balik yang diterima saat pengujian. Pada tahapan ini, semua data diperoleh melalui rapat-rapat penyusunan rencana usaha yang diperkaya dengan validasi data lapangan (*groundcheck*) serta umpan balik dari konsultasi pakar dan dokumentasi ide yang dicatat dalam riset aksi digunakan untuk

pengembangan sistem berpikir yang lebih komprehensif, detail dan efektif hingga menghasilkan CLD dan model yang teruji dan tervalidasi. Secara umum, analisis sistem dinamik dan pemodelan meliputi langkah-langkah berikut (Richmond 1994; Dhirasasna dan Sahin 2019; Barbrook-Johnson dan Penn 2022):

1. Pendefinisian variabel penyebab (titik awal) dan akibat (sasaran). Kumpulan data dan informasi hasil kegiatan wacana dan kelembagaan dianalisis melalui proses pendefinisian titik awal dan indikator tujuan keberlanjutan multi usaha kehutanan yang selanjutnya membangun peta hubungan kausal antar variable tersebut. Pada tahapan ini dilakukan penyaring data, ekstraksi variabel penghubung dan membangun koneksi potensial antar variabel-variabel tersebut.
2. Menyusun hipotesis tentang struktur dan membangun *core* (inti) dari mesin sistem. Tahapan ini disebut dengan konseptualisasi dan formulasi model, dengan asumsi bahwa pemahaman tentang tujuan dari memetakan hubungan kausal telah kuat, termasuk memahami minat dan kebutuhan pengguna. Tahap ini fokus pada apa yang mungkin menjadi inti dari 'mesin sistem' pemodelan. Selanjutnya melakukan simulasi dengan menggunakan data input yang diperoleh melalui studi literatur dan sebagian data hipotetik yang logik. Simulasi dilakukan secara berulang dan berulang seiring dengan penguatan ide dan konsep, termasuk membangun ulang konsep dan mesin sistem jika proses membangun sistem berpikir mengalami stak. *Brainstorming* dan diskusi informal dengan kolega peneliti/pemodel dilakukan untuk mengekstraksi ulang variabel inti, penghubung serta koneksitasnya, atau mendefinisikan variable baru secara lebih organik. Tahapan ini menghasilkan luaran CLD dan model hipotesa (*CLD and Model hypothesis*). Semua data peubah dalam model selanjutnya didefinisikan sebagai data bawaan (*default*).
3. Verifikasi dan amandemen. Tahapan ini adalah tahapan paling penting, dilakukan melalui riset aksi di dua unit sampel PBPH. CLD dan model hipotesa diuji menggunakan data aktual untuk menguji sensitifitas, reliabilitas dan validitas model. Untuk mengukur tingkat kematangan teknologi sejak proses awal, pemilihan lokasi sampel ujicoba dilakukan melalui metode penawaran, dimana 2 PBPH yang merespon dan menyatakan diri sebagai unit sampel merupakan unit sampel yang memiliki minat dan kebutuhan aktual dalam pengambilan keputusan berikut penyusunan atau revitalisasi dokumen rencana dari usaha tunggal (*single business*) menjadi multi usaha kehutanan (*multi-business forestry*). Sub tahapan dalam riset aksi antara lain:
  - *Entry meeting*; diskusi pembuka untuk pemaparan konseptualisasi dan mengidentifikasi peluang dan preferensi usaha serta penyusunan tim, tata waktu dan target. Untuk kebutuhan riset; kritik, masukan, dan komentar didokumentasi (dicatat) sebanyak mungkin sebagai umpan balik.
  - *Technical meeting* dan analisis spasial pendahuluan, meliputi pemaparan rencana kerja, penyiapan data dan peta tematik serta pengolahan dan analisis spasial tahap I dengan luaran draft peta ketersediaan lahan dan penetapan titik sampel *groundcheck* serta rencana kerja secara teknis.
  - *Validasi* dan pengambilan data lapangan (*groundcheck*), meliputi pengukuran potensi awal tegakan (struktur dan komposisi), sampel tanah,

(fisik dan kimia tanah), survei sosial dan survei potensi jasa lingkungan dan pengembangan usaha lainnya. Proses diskusi dalam *technical meeting* dan *groundcheck* kembali dicatat sebagai umpan balik. Hingga proses ini, semua umpan balik pada tiga tahap awal ini digunakan untuk koreksi CLD dan model hipotesis tahap I.



Gambar 51 Beberapa teknik dalam pengumpulan data: a). identifikasi *baseline* preferensi usaha melalui rapat pendahuluan, b). pengambilan data lapangan, c). penyusunan rencana dan simulasi, d). rapat penetapan variable keputusan, e). rapat pembahasan di level unit manajemen , f). rapat pembahasan di level direksi

- *Business meeting* tahap I, meliputi analisis ketersediaan dan kesesuaian lahan (analisis spasial tahap II) serta validasi peluang usaha sesuai preferensi awal dan pengembangan usaha lainnya berdasarkan potensi tersedia. Tahapan ini sekaligus menjadi tahapan utama dalam ujicoba penggunaan model dengan men-simulasi semua alternatif keputusan tersebut menggunakan perangkat model terkoreksi tahap I. Data *default* model selanjutnya diubah dengan menggunakan data lapangan, preferensi dan asumsi yang melatarbelakangkan pengambilan keputusan usaha berdasarkan pengetahuan dan pengalaman perencana (anggota tim) dan diperkaya dengan literature jurnal, *vademekum* atau data input dan arahan dari pakar (melalui wawancara) dan lainnya. Praktek simulasi-simulasi berulang dilakukan untuk menguji setiap alternatif maupun perubahan/pergeseran data keputusan secara logik (*if and then*) dalam pengambilan keputusan. Luaran dari proses simulasi ini adalah daftar

alternatif berikut proyeksi nilai manfaat untuk masing-masing pilihan serta rekomendasi alternatif yang memenuhi aspek keberlanjutan. Rekomendasi diolah melalui teknik perbandingan dan pemeringkatan alternatif menggunakan perangkat lunak *Promethee* yang juga diperkenalkan pada tim unit manajemen sampel unit (disampaikan pada Bab VII).

- *Business meeting* tahap II; penyampaian luaran teknis alternatif usaha dan proses pengambilan keputusan usaha oleh direksi. Proses ini juga menerima *feedback*, termasuk teknik penyajian perangkat model, penguatan wacana dan kelembagaan multi usaha kehutanan. Semua *feedback* yang diperoleh dalam riset aksi digunakan untuk koreksi dan perbaikan hingga menghasilkan CLD dan model yang komprehensif, detail dan efektif.
  - Simulasi akhir dan finalisasi dokumen rencana usaha sebagai luaran untuk PBPH sampel.
4. Uji sensitifitas model bertujuan untuk menguji kestabilan dan kerapuhan model. Pada tahap ini dilakukan simulasi berulang-ulang dengan mengubah/menggeser nilai peubah untuk semua variable keputusan dan mengamati kestabilan/kerapuhan model dalam menerima, menyaring, mengolah dan menyajikan data luaran secara handal. Tahapan ini sekaligus menjadi proses dalam menetapkan batas bawah dan batas atas logik (*range*) masing data peubah keputusan. Data-data hipotetik ini kemudian digantikan kembali dengan data primer dan sekunder penelitian, atau angka acak dalam rangenya, yang kemudian ditetapkan sebagai data bawaan (*default*) model.
  5. Uji reliabilitas dan validitas model. Sebagai catatan, tahapan dan proses selama riset aksi merupakan bagian dari uji keterhandalan (*reliability*) dan keakuratan (*validity*) secara kualitatif. Sementara secara kuantitatif, uji keterhandalan menggunakan pendekatan *cronbach alpha* ( $\alpha$ ) yang mengukur variabilitas skor keterhandalan uji ke-i hingga  $k$  tahapan uji oleh beberapa sampel pengujian ke-X hingga  $X$  jumlah pengujian, dimana jika  $s_i^2$  adalah keragaman skor individual masing-masing tahapan dan  $s_X^2$  adalah keragaman dari jumlah skor seluruh tahapan, maka *cronbach alpha* ( $\alpha$ ) adalah:

$$\alpha = \left( \frac{k}{k-1} \right) \times \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^k s_i^2}{s_X^2} \right)$$

Nilai  $\alpha$  dalam rentang 0-1, dimana jika  $\alpha$  mendekati 1 menunjukkan keterhandalan tinggi (McHugh 2012; Amirrudin *et al.* 2020; Kennedy 2022).

Uji validitas model menggunakan uji penyimpangan antara nilai rata-rata simulasi terhadap nilai aktual (*MAE-mean absolute error*), dimana jika  $P_i$  adalah hasil prediksi sub model untuk objek ke-i dan  $O_i$  adalah hasil observasi atau data aktual objek ke-i hingga  $n$  jumlah objek amatan dan  $e_i$  adalah selisih kesalahan, maka nilai rata-rata penyimpangan (*MAE*) adalah :

$$e_i = \frac{P_i - O_i}{O_i}; \quad MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n}$$

Model dikatakan valid jika nilai MAE tidak melebihi 0,1.

### 6.3 Hasil dan Pembahasan

#### 6.3.1 Sistem berpikir (*system thinking*) pengambilan keputusan multi usaha kehutanan berkelanjutan

Keseluruhan tahapan penelitian yang meliputi analisis wacana, kelembagaan, sistem, riset aksi dan strategi yang bertujuan mengurai kompleksitas multi usaha kehutanan (MUK) menghasilkan kontruksi sistem berpikir. Kontruksi dibangun melalui artikulasi secara jelas masalah dan tujuan serta variable-variabel yang terhubung secara relevan dalam sistem (Gorey dan Dobat 1996; Sterman 2002; Bassi dan McMurrer 2005; Dhirasasna dan Sahin 2019). Seperti disajikan pada Gambar 52, subjek multi usaha kehutanan adalah optimasi pemanfaatan lahan hutan yang terfragmentasi untuk menopang pembangunan berkeberlanjutan berdasarkan indikator tujuan keberlanjutan yang disepakati para pihak (Suryanto, Nurrochmat, Purnomo, *et al.* 2010; Suryanto dan Wahyuni 2016; MoEF 2017a; MoEF 2018; Suryanto *et al.* 2018; MoEF 2019a; Stupak, Mansoor, *et al.* 2021; Stupak, Smith, *et al.* 2021; Sahara *et al.* 2022). Sebelas pihak yang memiliki peran dan pengaruh dalam pencapaian tujuan keberlanjutan MUK meliputi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), pakar, Dinas Lingkungan Hidup (DLH), Dinas Kehutanan (DKh), Dinas Perkebunan (DPk), Dunia usaha dan Masyarakat, Asosiasi dan lembaga swadaya masyarakat, Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura, Dinas Kelautan dan Perikanan, Dinas Peternakan dan Dinas Pariwisata. Sementara itu, 10 indikator tujuan keberlanjutan meliputi: a). optimasi pemanfaatan lahan, b). penyediaan hasil produksi kayu, c). penyediaan hasil hutan bukan kayu (HHBK) dari kelompok pangan, d). penyediaan HHBK non Pangan, e). keanekaragaman hayati, f). konservasi tanah dan air, g). perubahan iklim (serapan karbon), h). penyerapan tenaga kerja, i). investasi dan kelayakan usaha serta j). penerimaan Negara dan manfaat social.



Gambar 52 Kontruksi sistem berpikir multi usaha kehutanan

Lahan hutan sebagai titik awal (*node*) memiliki keragaman tipologi secara biofisik maupun sosial. Tipologi menyimpan informasi fragmentasi, ketersediaan dan kesesuaian lahan, sementara itu, peluang pasar dan persaingan usaha membangun preferensi usaha. Tipologi dan preferensi secara bersamaan menyediakan (sekaligus membatasi) ruang lingkup yang menyeleksi alternatif jenis usaha maupun komoditas potensial diusahakan sesuai dengan ketersediaan dan kesesuaian lahan. Jumlah, jenis dan komoditas potensial dapat merupakan

kombinasi yang terdiri dari 2, 3 atau lebih jenis dan komoditas usaha, yang selanjutnya disebut dengan Multi Usaha Kehutanan (MUK). Kombinasi jenis, jumlah maupun volume pemanfaatan lahan untuk masing-masing jenis usaha dan komoditas menghasilkan beberapa alternatif MUK. Alternatif MUK terpilih adalah alternatif yang memastikan tujuan keberlanjutan, yang mana pengambilan keputusannya dipengaruhi oleh pilihan-pilihan keputusan dalam tata kelola sumberdaya. Pilihan-pilihan keputusan tersebut terkait dengan pilihan metode dan teknologi yang digunakan (*method*) untuk menghasilkan manfaat dan menimbulkan dampak serta aliran bahan dan bangunan (*material*), tenaga kerja (*man*), alat dan kendaraan (*machine*) dan uang (*money*) secara dinamis berdasarkan perubahan waktu. Sehingga demikian, pendekatan 5M tata kelola sumber daya efektif mengurai kompleksitas MUK menuju indikator tujuan keberlanjutan yang disepakati para pihak, meliputi *method* (metode/teknik), *material* (bahan dan bangunan), *man* (tenaga kerja), *machine* (alat dan kendaraan) dan *money* (uang) (Brunner dan Rechberger 2015; Wardani 2017; Lin *et al.* 2022).

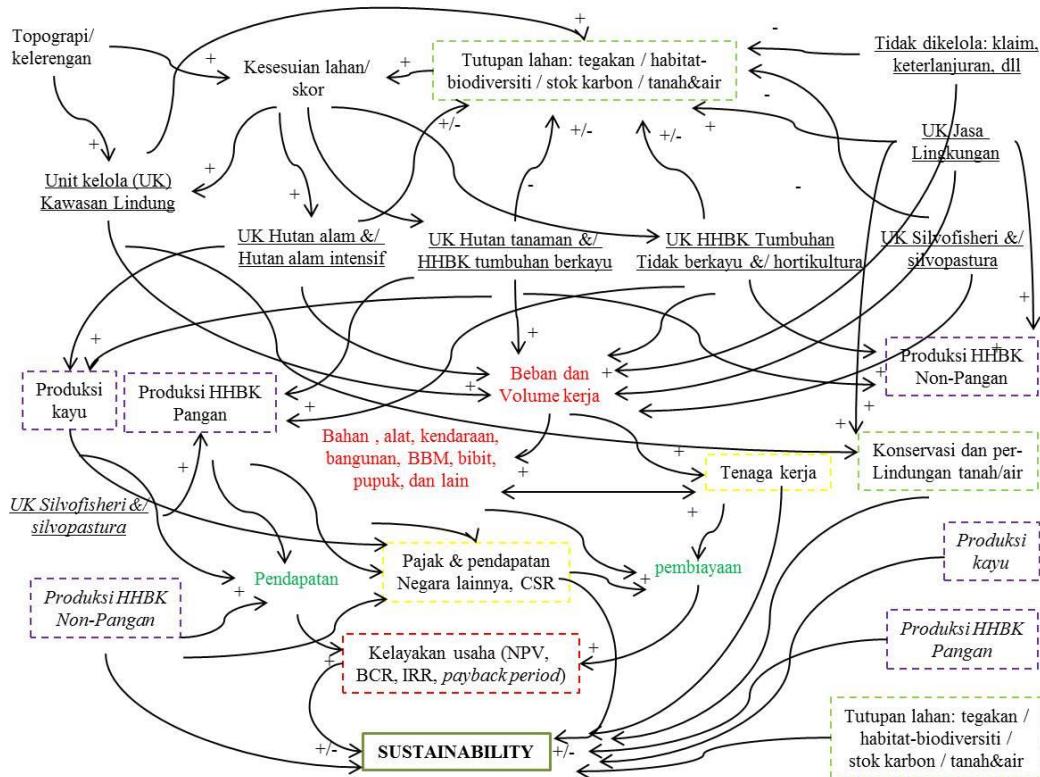
Kontruksi tersebut menghasilkan pemahaman bahwa ruang lingkup keilmuan pemodelan multi usaha kehutanan adalah ilmu perencanaan. Sasaran penggunaan CLD dan model adalah sebagai alat bantu pengambilan keputusan yang membantu perencana dalam memahami sistem, mendefinisikan tujuan, menyusun alternatif dan strategi untuk pencapaian tujuan dan mengembangkan rencana penggunaan lahan berdasarkan beragam variable keputusan dan *trade-off* secara komprehensif, detail dan efisien (Kocmanová *et al.* 2013; Goswami 2020; Oubahman dan Duleba 2021). Berdasarkan kontruksi dan pemahaman tersebut, sistem berpikir yang terbangun adalah bahwa;

- a. Keputusan multi usaha kehutanan merupakan himpunan dari banyak keputusan (*multi decision*) yang dihimpun dari proses memilih/mengambil satu paket keputusan (*decision making*) dari beragam pilihan keputusan penggunaan lahan serta pilihan jenis dan komoditas usaha yang diusahakan dan beragam pilihan keputusan terkait tata kelola sumber daya (*5M-method, material, man, machine and money*).
- b. Masing-masing keputusan saling terhubung dengan keputusan lainnya (mempengaruhi/dipengaruhi), yang secara bersama menghasilkan manfaat serta dampak yang dapat diproyeksikan secara dinamis berdasarkan perubahan waktu.
- c. Proyeksi manfaat dan dampak memberi informasi kinerja keberlanjutan dalam jangka panjang sebagai bahan evaluasi apakah keputusan-keputusan yang diambil mengoptimalkan pemenuhan tujuan keberlanjutan. Jika belum, variabel keputusan mana yang perlu diubah dan bagaimana proyeksi manfaat dan dampak dari perubahan keputusan tersebut.

#### *6.3.2 Diagram hubungan kausal (CLD-causal loop diagrams) model pengambilan keputusan multi usaha kehutanan berkelanjutan*

Kontruksi sistem berpikir yang terbangun selanjutnya dipetakan melalui CLD seperti disajikan pada Gambar 53. CLD multi usaha kehutanan menjelaskan secara konseptual hubungan kausal antar *node* lahan hingga indikator tujuan keberlanjutan multi usaha kehutanan serta umpan baliknya. CLD ini adalah pola untuk proses

transisi yang lebih halus dalam membangun model (Richmond 1994; Wolstenholme 1999; Wächter 2011; Dhirasasna dan Sahin 2019).



Gambar 53 Diagram hubungan kausal (CLD) multi usaha kehutanan

Tipologi secara biofisik diwakili oleh kondisi tutupan lahan dan topografi. Secara kualitatif, lahan dengan tutupan yang tinggi memiliki potensi tegakan, penyediaan habitat dan keanekaragaman hayati serta stok karbon yang tinggi. Sementara itu, topografi secara kualitatif menjelaskan keteknikan dan fungsi perlindungan, dimana lahan dengan kelerangan yang tinggi memiliki resiko tinggi untuk menerima campur tangan manusia melalui penggunaan teknik-teknik pengolahan lahan. Resultante dari dua tipologi biofisik ini menjelaskan arah penggunaan lahan dalam 2 arahan kelola, yaitu lindung dan budidaya. Menggunakan pendekatan skoring (Suryanto dkk. 2018; Suryanto dan Sayektiningsih 2020), resultante tutupan lahan dan topografi mendetailkan arahan penggunaan menjadi 3 sub arahan budidaya, yaitu: a). kelola hutan alam dan hutan alam intensif untuk nilai skor lahan tinggi dan sedang, sementara itu, untuk lahan dengan skore rendah dengan sub arahan: b). kelola hutan tanaman dan atau HHBK tumbuhan berkayu, dan atau c). kelola HHBK dan atau hortikultura tumbuhan tidak berkayu.

Tipologi secara sosial diidentifikasi sebagai variable eksogen yang tidak terpengaruh langsung dengan tipologi biofisik. Kausal dari tipologi sosial ini antara lain preferensi, tekanan sosial dan kebijakan, yang mana mengarah pada 3 arahan kelola, yaitu kelola jasa lingkungan, kelola non tanaman dan tanpa kelola (ditapis). Preferensi dipengaruhi oleh potensi ketersedian dan pengembangan jasa lingkungan dan budidaya dengan komoditas utama HHBK non tanaman. Kelola jasa lingkungan meliputi jasa penyimpanan karbon, air dan ekowisata, yang mana dapat dilakukan di semua kondisi tutupan hutan sesuai dengan potensi tersedia.

Sementara itu arahan kelola budidaya non tanaman yang meliputi budidaya perikanan dan ternak dapat dilakukan pada tututan lahan yang rendah dan memiliki potensi pasokan air. Tekanan sosial/kebijakan meliputi konflik dan klaim lahan serta keterlanjuran dan ijin pinjam pakai kawasan. Variabel eksogen ini dapat didefinisikan sebagai potensi gangguan, yang berdasarkan level gangguannya, tekanan sosial yang tinggi menghasilkan arahan untuk “tidak dikelola”, atau tepatnya ditapis, sementara itu, tekanan sosial rendah dapat diarahkan untuk 5 pilihan arahan kelola lainnya dalam bentuk kemitraan.

Kausal penggunaan lahan yang terbangun dalam sistem berpikir tersebut menghasilkan pilihan-pilihan yang membangun alternatif MUK, yang mana keputusan terkait jenis, jumlah dan luas penggunaan lahan masing-masing alternatif secara dinamis menjadi umpan balik perubahan tututan lahan, habitat, keanekaragaman hayati dan perlindungan tanah air sesuai perubahan waktu. Masing-masing alternatif keputusan menimbulkan beban dan volume kerja dalam tata kelola sumberdayanya. Akan tersedia pilihan-pilihan keputusan metode, tahapan dan tata waktu dalam kelola masing-masing alternatif jenis usaha yang menimbulkan aliran material, peralatan, tenaga kerja dan pembiayaan serta keputusan-keputusan target, prestasi kerja dan efisiensi yang melekat pada masing-masing keputusannya. Secara kualitatif diuraikan, kecuali poin a dan b, jika unit kelola menjadi salah satu unit kelola yang dipilih dalam alternatif MUK, beberapa keputusan utamanya sebagai berikut:

- a. Seluruh kawasan dan unit kelola, pilihan keputusannya meliputi volume dan tata waktu penataan dan penandaan batas kawasan, blok dan petak, pembukaan wilayah hutan (jaringan jalan), pengamanan, perizinan dan pemasaran serta pajak, provisi, iuran dan pemberdayaan (CSR).
- b. Unit kelola lindung: pilihan keputusannya meliputi volume dan tata waktu pengamanan dan monitoring.
- c. Unit kelola hutan alam: rotasi tebang (daur), limit tebangan, pengayaan, pembinaan hutan, penjarangan dan pemeliharaan.
- d. Unit kelola hutan alam intensif: rotasi tebang/panen (daur), limit tebangan, lebar jalur tanaman dan jalur antara, jenis dan pola tanam tanaman, pemeliharaan dan pemupukan tanaman, penjarangan dan panen.
- e. Unit kelola budidaya hutan tanaman dan HHBK tumbuhan berkayu: teknik pembukaan dan pengolahan lahan, jenis dan pola tanam tanaman, daur panen dan atau daur peremajaan tanaman, target utama komoditas (kayu, hhbk kulit/buah/resin/dll, primer atau turunannya), pemeliharaan/pemupukan/penjarangan, teknik pemanenan dan pengolahan hasil panen.
- f. Unit kelola budidaya HHBK tumbuhan tidak berkayu dan atau hortikultura: teknik pembukaan dan pengolahan lahan, jenis dan pola tanam tanaman, daur panen dan atau daur peremajaan tanaman, target utama komoditas (pangan/non pangan, primer atau turunannya), pemeliharaan/pemupukan/penjarangan, teknik pemanenan dan pengolahan hasil panen.
- g. Unit kelola jasa lingkungan: target jenis/produk jasa lingkungan (simpanan karbon/air/wisata), pengukuran dan MRV (khusus karbon), kualitas mutu dan pasar (khusus air: air dalam kemasan/ rumah tangga), segmentasi kunjungan

- dan infrastruktur pendukung (khusus wisata: minat khusus/umum), pengamanan dan pemeliharaan.
- h. Unit kelola non tanaman (perikanan): target jenis/produk perikanan (primer atau turunan), teknik pembukaan lahan dan persiapan kolam, potensi dan pengelolaan air pasok, kualitas air, pengelolaan pakan, pemeliharaan dan pemanenan serta penanganan endapan/limbah.
  - i. Unit kelola non tanaman (pertanian): target jenis/produk ternak (primer atau turunan (daging) dan hasil ikutan (feses/susu)), teknik pembukaan dan persiapan ladang (pengembalaan) dan atau kandang, pengaturan populasi, pengelolaan pakan dan atau kebun pakan, pemeliharaan/pengelolaan kesehatan ternak, pemanenan hasil ikutan serta penanganan/pemanfaatan limbah (feses).

Seperti disampaikan sebelumnya, variable-variabel keputusan metode serta keputusan terkait target, prestasi kerja dan efisiensi penggunaan material, peralatan, tenaga kerja dan biaya menghasilkan informasi-informasi proyeksi perolehan manfaat/dampak secara dinamis sesuai perubahan waktu. Perolehan manfaat/dampak ini memenuhi informasi tujuan keberlanjutan berikutnya, yang meliputi penyediaan hasil produksi (kayu, hhbk pangan dan hhbk non pangan), kelayakan usaha (investasi, NPV, BCR, IRR dan pengembalian modal), kontribusi pembangunan dan pemberdayaan (pajak, provisi, iuran dan CSR). Pilihan-pilihan keputusan terkait 5M tata kelola tersebut memberi umpan balik terhadap perubahan tutupan lahan, habitat, keaneka-ragaman hayati dan perlindungan tanah air sesuai perubahan waktu. Informasi-informasi pemenuhan indikator tujuan keberlanjutan untuk masing-masing alternatif MUK menjadi pertimbangan utama perencanaan (PBPH) untuk meyakini satu pilihan MUK untuk dievaluasi oleh regulator (KLHK) melalui saran koreksi dan perbaikan hingga disepakati keputusan final alternatif terpilih. Atas dasar sistem berpikir ini, konseptual kualitatif CLD ini diformulasikan/ditransisikan secara lebih halus ke diagram stok dan aliran kuantitatif akhir dalam bentuk mesin sistem (model) (Richmond 1994; Wolstenholme 1999; Dhirasasna dan Sahin 2019). Selain sebagai alat bantu pengambilan keputusan, model dapat digunakan sebagai alat bantu dalam proses pembelajaran (*learning proces*) penyusunan rencana multi usaha kehutanan berkelanjutan.

### *6.3.3 Formulasi model pengambilan keputusan multi usaha kehutanan berkelanjutan*

Transisi secara lebih halus CLD ke diagram dan aliran kuantitatif dalam bentuk mesin sistem (model) diawali dengan mendefinisikan indikator tujuan keberlanjutan ke variabel-variabel kuantitatif seperti disajikan pada Tabel 31. Melalui rangkaian studi berikut ujicoba dan pengulangan-pengulangan yang dilakukan, dapat diketahui bahwa satuan variable terkecil sebagai jangkar adalah individu pohon dan tanaman berdasarkan kelas diameter dan atau umur tanaman. Mendetailkan perhitungan ke satuan individu ini akan menghubungkan dan menjelaskan semua indikator tujuan, baik secara langsung maupun secara tidak langsung.

Tabel 35 Kuantifikasi indikator tujuan keberlanjutan Multi Usaha Kehutanan

Indikator tujuan keberlanjutan	Pendekatan kuantifikasi	Kuantifikasi
Pemanfaatan dan produktifitas lahan	Persentase luas pemanfaatan lahan efektif diusahakan	Persentase lahan yang <i>clear dan clean</i> dikelola, yaitu total luas lahan dikurangi luas lahan yang tidak efektif dikelola karena merupakan lahan keterlanjuran dan konflik sosial tinggi dibagi total luas lahan
Sediaan hasil produksi kayu	Volume produksi kayu dalam m <sup>3</sup>	<p>Produksi tahunan dan grand total produksi kayu selama waktu kelola yang bersumber dari:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Pemungutan/tebangan kayu hutan alam dari unit kelola hutan alam dan hutan alam intensif serta pemanfaatan kayu hasil <i>land clearing</i> persiapan lahan untuk kelola budidaya hutan tanaman/hhbk/ perikanan/ peternakan</li> <li>b. Panen/produksi kayu dan atau penjarangan dari hutan tanaman dan atau pemanfaatan kayu hasil peremajaan dari kelola hhbk tumbuhan berkayu.</li> </ul>
Sediaan hasil produksi HHBK Pangan	Volume produksi HHBK pangan dan/atau turunannya dalam ton	<p>Produksi tahunan dan grand total produksi HHBK dari kelompok pangan atau turunan selama waktu kelola bersumber dari:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Unit kelola HHBK tumbuhan berkayu dengan produksi utamanya dalam kelompok pangan (contoh: kopi, kakao, durian dll)</li> <li>b. Unit kelola HHBK tumbuhan tidak berkayu dengan produksi utamanya dalam kelompok pangan (contoh: aren, tebu, dll)</li> <li>c. Unit kelola hortikultura (contoh: jagung, singkong, padi dll)</li> <li>d. Unit kelola perikanan dan peternakan (contoh: ikan, daging, susu dll)</li> </ul>
Sediaan hasil produksi HHBK Non Pangan	Volume produksi HHBK non pangan dan/atau turunannya dalam ton	<p>Produksi tahunan dan grand total produksi HHBK dari kelompok non pangan atau turunan selama waktu kelola bersumber dari:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Unit kelola HHBK tumbuhan berkayu dengan produksi utamanya dalam kelompok non pangan (contoh: gaharu, getah karet, resin, atsiri dll)</li> <li>b. Unit kelola HHBK tumbuhan tidak berkayu dengan produksi utamanya dalam kelompok non pangan (contoh: serei wangi, serat pisang abaca dll)</li> <li>c. Unit peternakan (contoh: feses)</li> </ul>
Investasi dan kelayakan usaha	Nilai investasi, resiko dan kelayakan usaha (NPV, BCR, IRR) dan jangka waktu pengembalian modal	<p>Investasi bersih, NPV, IRR, BCR dan jangka waktu pengembalian modal berdasarkan komponen data input pembiayaan dan pendapatan tahunan dan grand total dari semua unit kelola, meliputi rincian:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Biaya perencanaan , dokumen dan non produksi serta pemasaran.</li> <li>b. Biaya gaji, tunjangan, JHT, insentif dan bonus</li> <li>c. Biaya cicilan hutang dan bunga (jika opsi hutang)</li> <li>d. Biaya pengadaan material produksi dan logistik (pupuk, ameliorant, biostimulan, pakan, dll)</li> <li>e. Biaya pengadaan, pemeliharaan dan peremajaan bangunan</li> </ul>

Indikator tujuan keberlanjutan	Pendekatan kuantifikasi	Kuantifikasi
		<ul style="list-style-type: none"> <li>f. Biaya pengadaan, pemeliharaan dan peremajaan alat dan kendaraan</li> <li>g. Biaya operasional bangunan dan kendaraan (listrik dan bahan bakar)</li> <li>h. Biaya PBB, PPn, Provisi, iuran, DP Nilai lain, retribusi sesuai objek pengenaannya atas barang produksi, alat dan kendaraan, bangunan, pendapatan dll</li> <li>i. Biaya pemberdayaan melalui penyaluran dana CSR.</li> <li>j. Pendapatan pinjaman (jika menggunakan opsi pinjaman pemodal)</li> <li>k. Penjualan hasil produksi</li> <li>l. Nilai sisa alat, kendaraan dan bangunan (peremajaan)</li> <li>m. Nilai sisa proyek pada tahun akhir usaha (nilai tegakan, alat,kendaran dan bangunan)</li> </ul>
Penerimaan Negara dan manfaat sosial	Penerimaan Negara dan dana pemberdayaan (CSR)	<p>Total biaya penerimaan Negara dan pemberdayaan sepanjang waktu usaha berdasarkan komponen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Biaya PBB, PPn, Provisi, iuran, DP Nilai lain, retribusi sesuai objek pengenaannya atas barang produksi, alat dan kendaraan, bangunan, pendapatan dll</li> <li>b. Biaya pemberdayaan melalui CSR</li> </ul>
Penyerapan tenaga kerja	Jumlah tenaga kerja yang diserap	Perhitungan jumlah total tenaga kerja yang dikelompokkan dalam 7 kelompok penggajian (direksi, direktur, manajer, supervisor, staff, kontrak dan buruh harian lepas) dari semua jenis pekerjaan, mulai tenaga kerja tetap dan tenaga kerja bebas yang dihitung berdasarkan volume dan beban kerja, mulai bidang perencanaan, persiapan dan pengolahan lahan, jalan, produksi, pemeliharaan, pemanenan, pengangkutan dan operator alat, pengolahan, perbengkelan, pengaman-an, dan lain-lain sesuai dengan jenis usaha yang diusahakan.
Keanekaragaman hayati	Persentase tutupan tajuk dari tegakan alami hutan dan/atau tanaman	<p>Rata-rata persentase tutupan tajuk (<i>canopy crown</i>) berdasarkan perubahan dinamis tutupan tajuk pada unit-unit klola yang diusahakan sebagai bentuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Suksesi hutan pada unit kelola lindung dengan faktor koreksi tingkat gangguan,</li> <li>b. Dinamika pertumbuhan (<i>recovery</i>) pada unit kelola hutan alam dan hutan alam intensif yang dipengaruhi oleh metode silvikultur: penebangan, pembinaan hutan, pengayaan, penjarangan, dan seterusnya dengan faktor koreksi gangguan.</li> <li>c. Dinamika pertumbuhan tanaman pasca <i>landclearing</i> pada unit-unit budidaya hutan tanaman, HHBK dan non tanaman; termasuk dinamika paska panen dan peremajaan.</li> </ul> <p>Tutupan tajuk dihitung melalui model pendugaan tutupan tajuk dengan pendekatan jumlah tanaman per kelas diameter/umur dikali koefisien tajuk dibagi luas dan faktor koreksi fraksi strata .</p>
Konservasi tanah dan air	Jumlah air yang dimanfaatkan	Jumlah air yang dimanfaatkan untuk konsumsi minum, pemungutan (jika mengusahakan unit jasa lingkungan

Indikator tujuan keberlanjutan	Pendekatan kuantifikasi	Kuantifikasi
	dalam satuan kiloliter	pemanfaatan air), dan budaya sebagai sebuah pendekatan dari upaya konservasi air dalam kawasan.
Isu perubahan iklim	Jumlah karbon tersimpan dalam tegakan	Jumlah karbon tersimpan dalam pohon dan tegakan yang dihitung melalui pendekatan volume pohon dikali BEF (biomassa expansion faktor) dikali konStanta konversi untuk semua pohon dan tegakan pada semua unit kelola berdasarkan dinamika perubahannya akibat perlakuan penebangan, pembukaan lahan, penanaman dan pertumbuhannya .

Individu pohon pada tegakan alami dibagi dalam 9 kelas diameter (struktur) dan 5 kelompok jenis (komposisi). Kelas diameter meliputi kelas diameter <10cm, 10-20cm, 20-30cm, 30-40cm, 40-50cm, 50-6, 60-70cm, 70-80cm, 80-90cm dan >90cm. Sementara itu 5 kelompok jenis pada tegakan alami meliputi kelompok jenis meranti, rimba campuran, rimba campuran lainnya, kayu indah serta kayu dilindungi/non komersil. Pendetailan perhitungan hingga satuan individu pohon tersebut secara efektif dapat mendefinisikan variabel potensi awal tegakan hutan (PATH) dalam 4 kelas PATH, yaitu PATH berpotensi tinggi (>60m<sup>2</sup>/ha), sedang (40-60m<sup>2</sup>/ha), rendah (20-40m<sup>2</sup>/ha) dan sangat rendah (<20m<sup>2</sup>/ha). Variabel PATH dan topografi serta potensi jasling, tekanan sosial dan preferensi selanjutnya digunakan untuk mendetailkan jenis dan luas penggunaan lahan untuk mendefinisikan indikator tujuan 1, yaitu persentase luas lahan efektif diusahakan.

Variabel individu pohon berikut variabel struktur dan komposisi tegakan alami digunakan untuk menghitung baseline simpanan karbon dan tutupan tajuk pada masing-masing PATH. Variabel-variabel tersebut juga melatarbelakangi pemilihan jenis usaha dan komoditas serta metode/teknik lindung/silvikultur/budidaya yang secara dinamis sesuai perubahan waktu menimbulkan perubahan simpanan karbon dan tutupan tajuk sesuai dinamika dan pertumbuhan pada tegakan alam dan tanaman. Perubahan ini dapat dihitung untuk mendefinisikan indikator tujuan 8 dan 10, yaitu tutupan tajuk dan simpanan karbon. Selanjutnya, pendefinisan hingga individu pohon dan tanaman dalam struktur dan komposisi (alam) dan jenis (tanaman) yang melatar-belakangi pilihan penggunaan lahan dan 5M tata kelola sumberdaya mendefinisikan indikator tujuan 2, 3 dan 4, yaitu sediaan (produksi) kayu, hhbk pangan dan hhbk non pangan. Terakhir, pendefinisan variable-variabel dalam 5M tata kelola yang aliran material, bangunan, alat, kendaraan, tenaga kerja dan uang melalui pilihan keputusan terkait variable prestasi kerja dan satuan harga mendefinisikan indikator tujuan 5, 6, 7 dan 9; yaitu serapan tenaga kerja, kelayakan usaha, penerimaan Negara dan pemberdayaan serta pemanfaatan/upaya perlindungan air.

Berdasarkan uraian tersebut, formulasi CLD dan sistem berfikir ke dalam mesin sistem (model) menghimpun 4.764 variabel data input dalam menghasilkan model yang detail, komprehensif dan efisien. Variabel-variabel terdistribusi dalam 11 sub model, 36 sub-sub model dan 280 sub-sub-sub model (sektor). Uraianya seperti disajikan pada Tabel 37. Model terbangun selanjutnya dinamakan Super Model Multi Usaha Kehutanan (SM-MUK). Perangkat model pengambilan keputusan dan berikut panduan penggunaan perangkat SM-MUK telah terdaftar

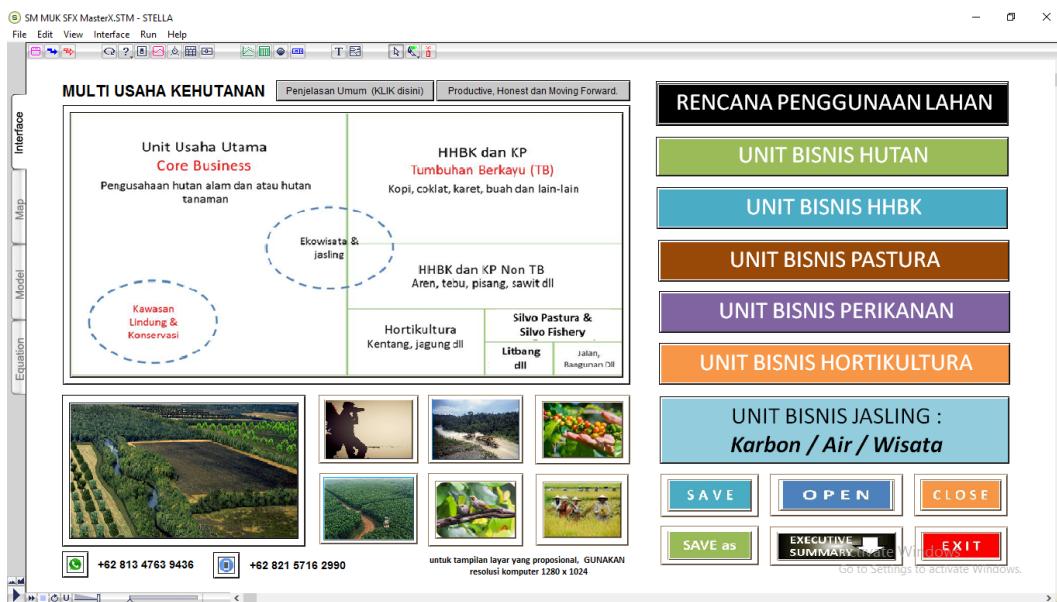
sebagai Hak Cipta melalui Surat Pencatatan Ciptaan Nomor EC002023130149 dari Kementerian Hukum dan HAM tanggal 12 Desember 2023 (terlampir).

Tabel 36 Uraian tentang jenis dan jumlah sub model, sub-sub model dan sub-sub-sub model yang membangun SM-MUK

Sub model	Uraian dan fungsi tujuan
1. Rencana penggunaan lahan	Terdiri dari 2 sub-sub model (ssm) yang diuraikan dalam 19 sub-sub-sub model (sssm). Menerima, mengolah, men-verifikasi dan notifikasi (MMVN) data luas dan distribusi ketersediaan dan kesesuaian lahan serta rencana penggunaan lahan.
2. Unit kelola hasil hutan kayu	Terdiri dari 5 ssm dan 61 sssm yang menguraikan 5M prinsip usaha dalam unit kelola hutan alam, hutan alam intensif dan hutan tanaman MMVN: a. tahapan dan tata waktu, karakter biologi dan produktifitas hutan alam dan tanaman, b. beban, volume dan kebutuhan tenaga kerja serta bahan, alat, kendaraan dan bangunan, c. pembiayaan dan pendapatan serta kelayakan usaha pada unit kelola hutan alam dan hutan tanaman
3. Unit kelola hasil hutan bukan kayu (HHBK)	Terdiri dari 5 ssm dan 47 sssm yang menguraikan 5M prinsip usaha budidaya untuk memproduksi HHBK. Pilihan komoditas HHBK disediakan meliputi penghasil/eksraksi batang, kulit, buah dan daun, getah, resin, damar dan atsir MMVN: sama dengan unit kelola sebelumnya untuk menghasilkan produksi HHBK primer maupun olahan dasar hingga kebutuhan alat pengolahan serta aspek kelayakan usahanya.
4. Unit kelola Hortikultura	Terdiri dari 5 ssm dan 24 sssm yang menguraikan 5M prinsip usaha dalam unit budidaya tanaman hortikultura dengan masa panen maksimum 1 tahun. MMVN: sama dengan unit kelola sebelumnya untuk menghasilkan produk hortikultura primer dan atau olahan dasar.
5. Unit kelola peternakan	Terdiri dari 5 ssm dan 26 sssm yang menguraikan 5M prinsip usaha budidaya ternak mamalia besar untuk memproduksi daging dan atau hasil ikutannya berupa susu dan pupuk kandang. MMVN: sama dengan unit kelola sebelumnya <i>plus</i> 2 pilihan metode (kandang dan atau pengembalaan), pengaturan populasi dan budidaya tanaman pakan.
6. Unit kelola perikanan	Terdiri dari 5 ssm dan 32 sssm yang menguraikan 5M prinsip usaha dalam unit budidaya perikanan darat untuk memproduksi ikan dalam size tertentu. MMVN: sama dengan unit kelola sebelumnya <i>plus</i> metode pengelolaan kolam dan air, periode panen dan pemasaran
7. Jasa lingkungan	Terdiri dari 5 ssm dan 27 sssm yang menguraikan 5M prinsip usaha 3 pilihan usaha lingkungan, yaitu ekowisata serta perdagangan karbon dan air. MMVN: data input metode pengayaan dan restorasi serta monitoring, pelaporan dan verifikasi perdagangan karbon dan atau pengelolaan kunjungan wisata dan pemanfaatan air secara komersil.
8. Tutupan tajuk pohon dan tegakan	Terdiri dari 1 ssm dan 17 sssm untuk mengolah dan menyajikan data perubahan tutupan tajuk pohon dan tegakan sebagai berdasarkan perubahan dan pertumbuhan tanaman untuk unit kelola hutan alam, hutan tanaman, hbk, kawasan lindung dan kluster lainnya.
9. Karbon stock	Terdiri dari 1 ssm dan 11 sssm yang mengolah dan menyajikan data perubahan stock karbon seluruh kawasan dengan pendekatan allometric sebagai dampak dari penggunaan lahan, komoditas dan metode.
10. Pemanfaatan & upaya perlindungan air	Terdiri dari 1 ssm dan 8 sssm yang mengolah dan menyajikan data pemanfaatan dan upaya perlindungan air melalui pendekatan jumlah kebutuhan konsumsi air untuk manusia dan atau ternak/ikan maupun tanaman yang memerlukan supply air secara buatan.
11. Ringkasan	Terdiri dari 1 ssm dan 8 sssm yang mengolah data rekapitulasi semua unit kelola data untuk menyajikan data 10 indikator keberlanjutan.

Perangkat model SM-MUK disajikan secara sistematis melalui 1 layar antarmuka (*interface*) pembuka (Gambar 54), 8 layar utama dan 8 layar tambahan. Ruang data input dan variable keputusan disediakan dalam 22 tabel, 9 *slider*, dan 1 *knob*. Sedangkan data luaran disajikan dalam 167 tabel, 49 grafik, dan 48 data baris.

Pedoman penggunaan disajikan pada halaman lampiran, sementara itu, formulasi model dijelaskan berdasarkan uraian per sub model sebagai berikut.

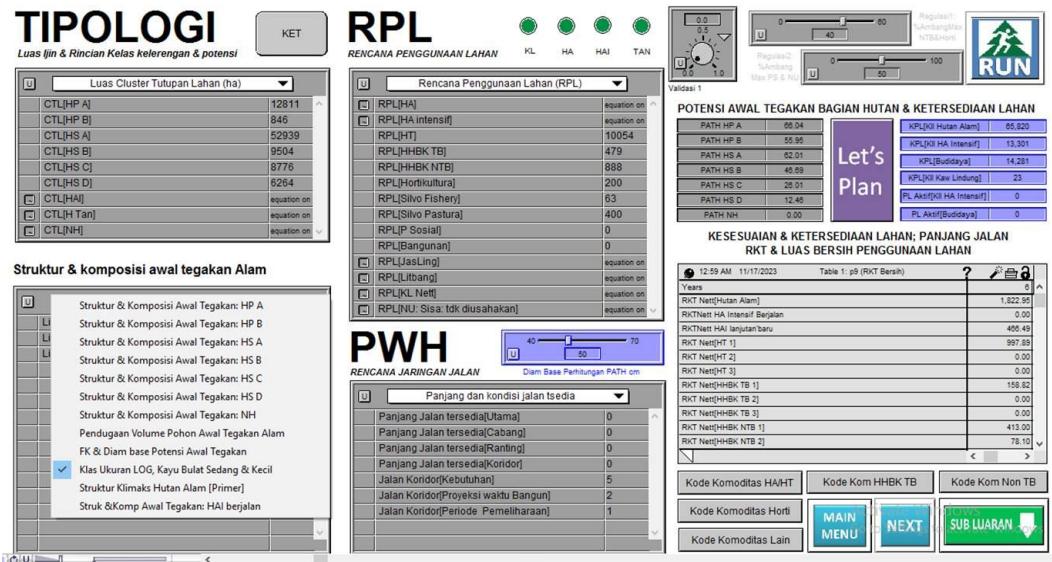


Gambar 54 Layar pembuka perangkat SM-MUK

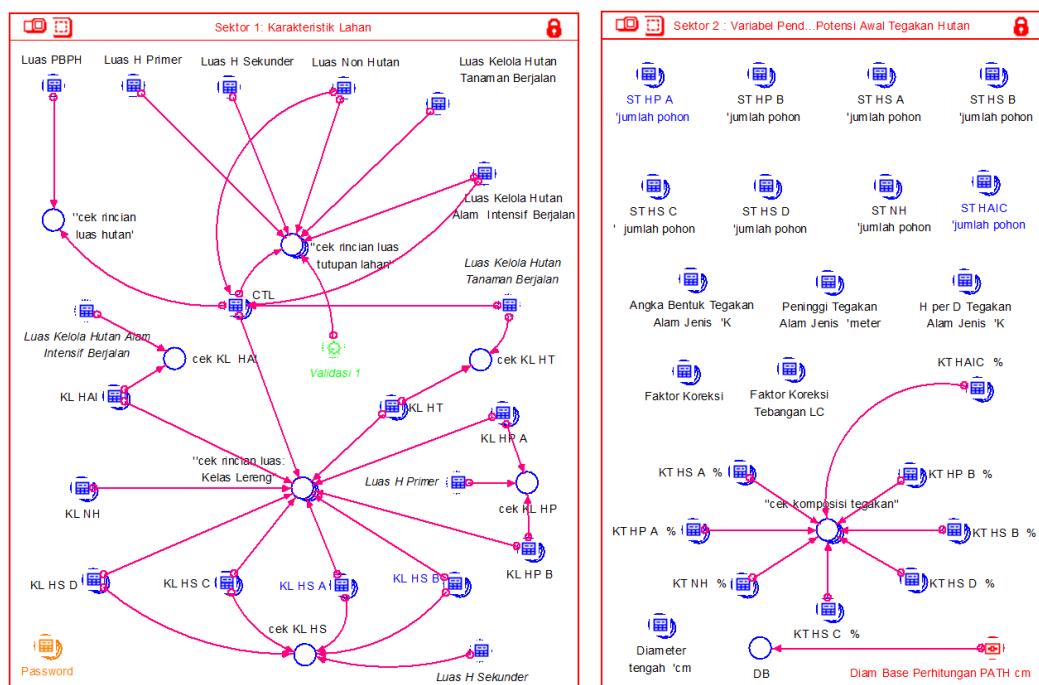
#### 6.3.3.1 Sub model rencana penggunaan lahan (RPL)

Sub model RPL men-formulasikan variabel peluang pemanfaatan lahan sebagai dasar pengambilan keputusan RPL berdasarkan kondisi tipologi biofisik dan sosial tersedia, preferensi usaha dan aturan kebijakan berjalan. Variabel peluang diperinci dalam 561 ruang data input dan keputusan, yang diformulaikan dalam 19 sektor model (sub-sub-sub model) dan dikelompokkan dalam 2 sub-sub model. Sektor model adalah kotak-kotak yang menghimpun variabel stok, aliran masuk, aliran keluar, sumber, buangan, aliran informasi dan peubah-peubah serta keterhubungannya dalam formulasi tertentu untuk memproses fungsi tujuannya masing-masing. Ukuran kotak adalah variatif, mulai dari ukuran terkecil 3x4 cm hingga terbesar 25x35 cm. Lima contoh kotak/potongan kotak sektor model dalam sub model ini seperti disajikan pada Gambar 56, 57, 58 dan 60. Pengisian, pemoresan dan evaluasi data disediakan pada satu layar utama (*interface*, Gambar 55) dan satu layar lampiran yang memuat 4 tabel, 3 slider dan 1 knob pengisian data; 19 tabel dan 13 baris data luaran serta 10 tombol-tombol menu, informasi dan navigasi.

Dua sub-sub model tersebut meliputi sub model tipologi dan sub model RPL. Sub-sub model tipologi terdiri dari 6 sektor model yang disiapkan untuk menerima, mengolah, me-verifikasi dan menotifikasi (mmvn) 214 variabel data distribusi luas lahan berdasarkan tipologi biofisik dan sosial serta variabel data preferensi kelola lindung dan jasa lingkungan. Jumlah variabel data tersebut adalah jumlah maksimum ruang data yang disediakan, yang dalam penggunaannya bisa kurang dari jumlah tersebut sesuai dengan tipologi dan preferensi pengguna/perencana. Logika yang sama digunakan pada sub model lainnya, bahwa ruang data yang disediakan dalam rangka menampung semua alternatif sesuai dengan pilihan keputusan yang dibangun.



Gambar 55 Layar utama antar muka (*interface*) sub model rencana penggunaan lahan.



Gambar 56 Sektor model 1 dan 2 : peta formulasi karakteristik lahan dan variabel pendugaan PATH pada masing-masing kluster

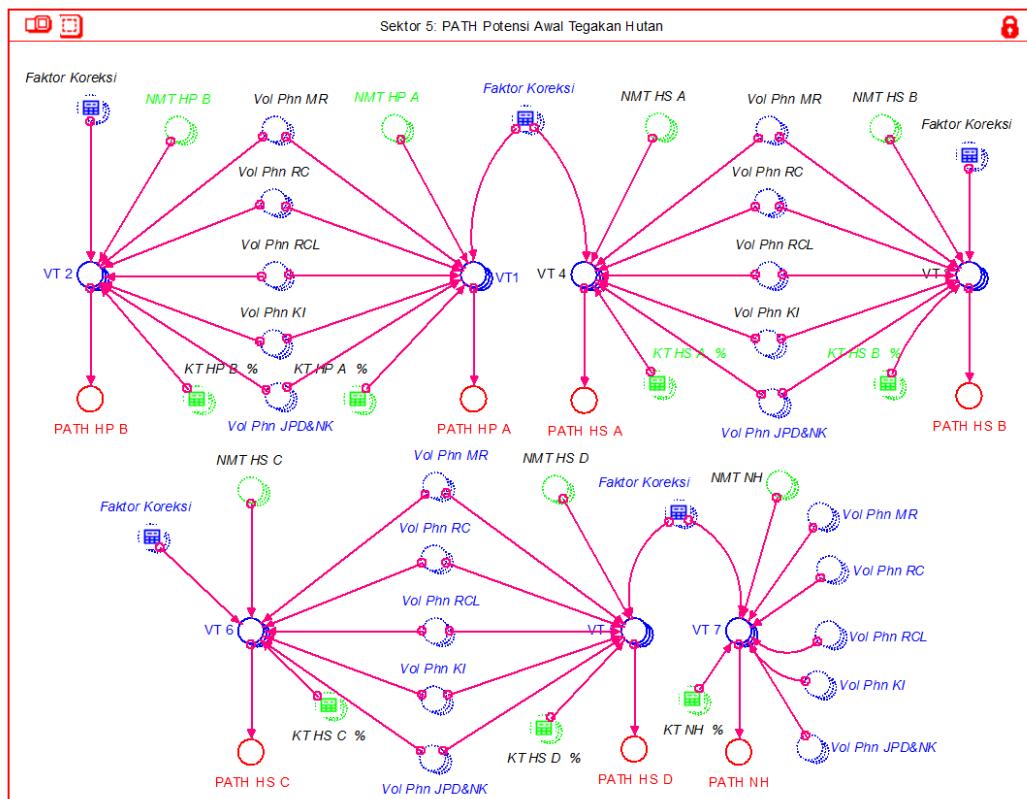
Sub model ini diawali dengan membangun 2 sektor yang menghimpun variabel data topografi serta variabel data pendugaan volume pohon (Gambar 54) melalui 2 tabel data. Meliputi data distribusi kelas kelerengan lahan serta struktur dan komposisi tegakan alam pada 5 kluster potensi alami tegakan hutan (PATH), yaitu kluster A, B, C, D dan NH (non hutan) plus kluster hutan tanaman dan kelola hutan alam intensif berjalan jika jenis usaha ini telah diusahakan sebelumnya. Variabel data pendugaan volume pohon diantaranya data diameter tengah, angka bentuk, Hd (ratio tinggi dan diameter), peninggi, faktor eksplotasi (fe), faktor

pengaman (fp) serta klasifikasi ukuran log, kayu bulat sedang (kbs), kayu bulat kecil (kbk) dan batas diameter minimum perhitungan PATH. Tiga sektor model berikutnya memerinci dan mengolah data-data tersebut menjadi volume pohon hingga potensi awal tegakan hutan (PATH) per kluster dan kelompok jenis. Jika  $D_i$  adalah diameter tengah pada kelas diameter ke- $i$  sementara  $Hd_j$  dan  $AB_j$  adalah rasio tinggi/diameter dan angka bentuk pohon pada kelompok jenis ke- $j$  maka volume pohon per kelas diameter ke- $i$  pada masing-masing kelompok jenis ke- $j$  ( $VP_{i,j}$ ) dihitung berdasarkan rumus pendugaan:

$$VP_{i,j} = \frac{1}{4} \pi D_i^3 Hd_j \times AB_j .$$

Selanjutnya, jika jumlah pohon pada kelas diameter ke- $i$  yang sama dan lebih dari diameter minimum perhitungan path pada PATH ke- $k$  ( $NP_{i,k}$ ), maka potensi awal tegakan hutan pada PATH ke- $k$  ( $PATH_k$ ) dihitung berdasarkan rumus pendugaan:

$$PATH_k = \left( \sum_{i \geq m, j=1}^n V_{i,j} NP_{i,k} \right) \times fe \times fp$$

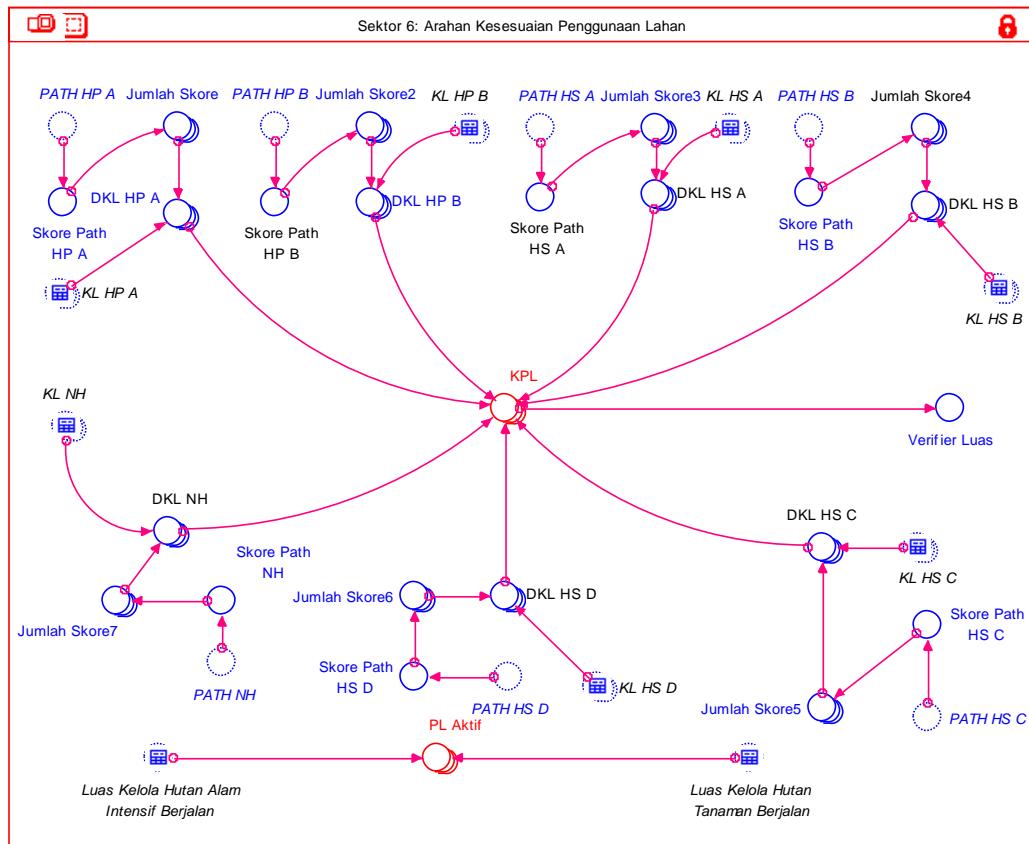


Gambar 57 Sektor model 5: peta formulasi potensi awal tegakan hutan pada masing-masing kluster tutupan lahan

Selanjutnya sektor model ke-6 mengolah dan mengelola data ketersediaan lahan berdasarkan arahan kesesuaian penggunaan lahan (arahan KPL) berdasarkan data input PATH dan topografi dengan keterangan seperti disajikan pada Tabel 15, 16 dan 17 Bab IV (Suryanto *et al.* 2018; Suryanto dan Sayektinginsih 2020). Perhitungan luas ketersediaan berdasarkan arahan KPL menggunakan pendekatan

jumlah skore PATH ke-m dan kelas kelerengan ke-n ( $JS PATH_{m,n}$ ), yang diklasifikasi menggunakan rumus logika matematika:

If  $JS PATH_{m,n} \geq 200$  or  $PATH_{m,n} > 40$  then ARPL Lindung, else if  $155 \leq JS PATH_{m,n} < 200$  then ARPL Hutan Alam, else if  $100 \leq JS PATH_{m,n} < 155$  then ARPL Hutan Alam intensif else Budidaya.



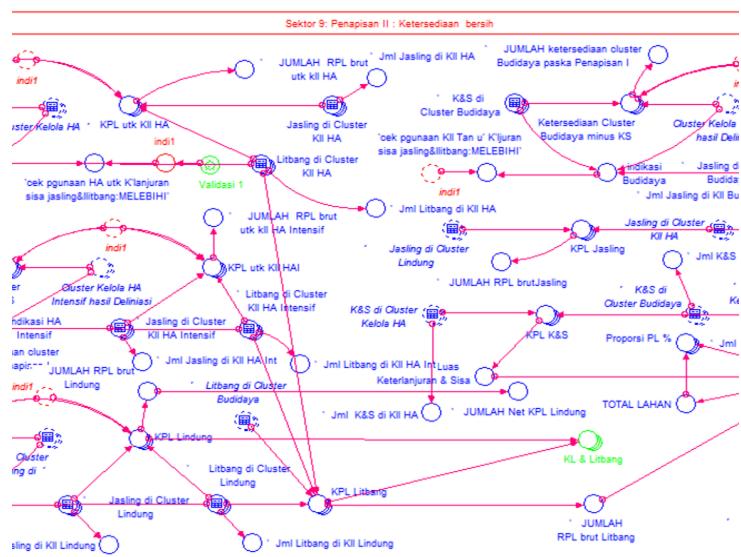
Gambar 58 Sektor model 6: peta formulasi arahan kesesuaian penggunaan lahan

Hingga sektor 6 ini, model memproses dua luaran yang disajikan dalam 13 data baris seperti disajikan pada Gambar 59. Informasi rata-rata potensi kayu dengan batas minimum diameter dan luas ketersediaan lahan berdasarkan arahan KPL ini difungsikan untuk me-verifikasi hasil pengolahan peta arahan KPL, jika terdapat perbedaan maka dilakukan revisi peta arahan KPL. Dua data luaran ini selanjutnya menjadi pertimbangan dalam delineasi kluster kawasan.

POTENSI AWAL TEGAKAN BAGIAN HUTAN & KETERSEDIAAN LAHAN	
PATH HP A	66.04
PATH HP B	55.95
PATH HS A	62.01
PATH HS B	46.69
PATH HS C	26.01
PATH HS D	12.48
PATH NH	0.00
Let's Plan	
KPL[KII Hutan Alam]	66,820
KPL[KII HA Intensif]	13,301
KPL[Budidaya]	14,281
KPL[KII Kaw Lindung]	23
PL Aktif[KII HA Intensif]	0
PL Aktif[Budidaya]	0

Gambar 59 Data luaran PATH dan luas ketersediaan lahan berdasarkan arahan kesesuaian lahan

Proses delineasi diawali dengan penapisan area tidak efektif diusahakan berdasarkan tipologi sosial dan preferensi. Area-area tersebut meliputi area dengan konflik tinggi, area keterlanjuran, kerangas, bangunan dan lain-lain. Dalam hal ini juga dilakukan penapisan area untuk unit kelola lindung, jasa lingkungan serta penelitian dan pengembangan. Penapisan ini menghasilkan informasi ketersediaan/kesesuaian lahan yang menjamin kepastian usaha (*clear and clean*) untuk kelola hutan alam, kelola hutan alam intensif, budidaya, jasa lingkungan dan lindung. Sektor model 7-9 (Gambar 60) dibangun menampung dan mengolah data penapisan melalui penggunaan operasi pengurangan dan penambahan. Pengolahan data menghasilkan informasi data ketersediaan bersih KPL sebagai data input proses penyusunan rencana penggunaan lahan (RPL).



Gambar 60 Sektor model 9: peta formulasi penapisan

Diketahui bahwa delineasi adalah proses memberi batas blok RPL melalui pengelompokan kesesuaian lahan yang dominan. Pengelompokan ini umumnya mengikuti sertakan beberapa petak-petak dalam luasan kecil yang berbeda dari kesesuaian dominan tersebut. Pemerincian data luas petak-petak PATH yang terhimpun dalam masing-masing blok RPL diperlukan sebagai data verifier dan dapat dipanggil untuk perhitungan produksi kayu, dinamika perubahan simpanan karbon dan tutupan tajuk. Untuk itu, sektor model 10-12 (Gambar 59) dibangun untuk menampung pemerincian tersebut. Jumlah data untuk sektor model 7-12 adalah 119 variabel data yang diolah menghasilkan data luaran luas ketersediaan dan kesesuaian bersih lahan, sebagian tampilannya disajikan pada Gambar 61.

**Distribusi PATH paska Deliniasi**

Cluster Kelola HA	PATH	Jumlah
Cluster Kelola HA	[HP A]	5618
Cluster Kelola HA	[HP B]	76
Cluster Kelola HA	[HS A]	44626
Cluster Kelola HA	[HS B]	2404
Cluster Kelola HA	[HS C]	2756
Cluster Kelola HA	[HS D]	939
Cluster Kelola HA	[NH]	826
' Cluster Kelola HA Intensif	[HP A]	0
' Cluster Kelola HA Intensif	[HP B]	0
' Cluster Kelola HA Intensif	[HS A]	4297
' Cluster Kelola HA Intensif	[HS B]	4625
' Cluster Kelola HA Intensif	[HS C]	1510
' Cluster Kelola HA Intensif	[HS D]	978
' Cluster Kelola HA Intensif	[NH]	332

**Penapisan I: Dist Lahan Keterlajuruan & Sisa**

K&S di Cluster Kelola HA Intensif[HA]	Jumlah
' K&S di Cluster Kelola HA Intensif[HA]	0
' K&S di Cluster Kelola HA Intensif[NH]	0
' K&S di Cluster Budidaya[HP A]	0
' K&S di Cluster Budidaya[HP B]	0
' K&S di Cluster Budidaya[HS A]	504
' K&S di Cluster Budidaya[HS B]	1237
' K&S di Cluster Budidaya[HS C]	1249
' K&S di Cluster Budidaya[HS D]	318
' K&S di Cluster Budidaya[HT Tan]	0
' K&S di Cluster Budidaya[NH]	54
' K&S di Cluster Indung[HP A]	0
' K&S di Cluster Indung[HP B]	0
' K&S di Cluster Indung[HS A]	0
' K&S di Cluster Indung[HS B]	0

**Penapisan II: Jasa Lingkungan & Litbang**

Jasling di Cluster Budidaya[HT Tan]	Jumlah
' Jasling di Cluster Budidaya[HT Tan]	0
' Jasling di Cluster Budidaya[NH]	0
' Jasling di Cluster Lindung[HP A]	4689
' Jasling di Cluster Lindung[HP B]	514
' Jasling di Cluster Lindung[HS A]	116
' Jasling di Cluster Lindung[HS B]	40
' Jasling di Cluster Lindung[HS C]	54
' Jasling di Cluster Lindung[HS D]	12
' Jasling di Cluster Lindung[NH]	95
Litbang di Cluster KII HA[HP A]	0
Litbang di Cluster KII HA[HP B]	0
Litbang di Cluster KII HA[HS A]	654
Litbang di Cluster KII HA[HS B]	346
Litbang di Cluster KII HA[HS C]	0

a)

**KESESUAIAN & KETERSEDIAAN LAHAN; PANJANG JALAN  
RKT & LUAS BERSIH PENGGUNAAN LAHAN**

b).

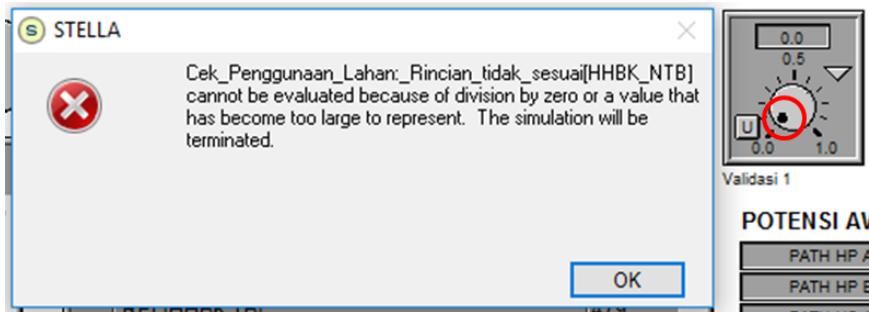
Years	Table 1: p4 (Ketersediaan/kesesuaian )
KPL utk KII HA[HS D]	781.00
KPL utk KII HA[NH]	828.00
' Jml Jasling di KII HA	0.00
' Jml Litbang di KII HA	1,000.00
' JUMLAH RPL brut utk kll HA	55,083.00
KPL utk KII HAI[HP A]	0.00
KPL utk KII HAI[HP B]	0.00
KPL utk KII HAI[HS A]	4,297.00
KPL utk KII HAI[HS B]	4,625.00
KPL utk KII HAI[HS C]	1,510.00
KPL utk KII HAI[HS D]	978.00

Gambar 61 a). Tabel data pemerincian PATH pada masing-masing blok KPL, dan b). Tampilan tabel data luaran RPL kotor (bruto)

Jumlah luas ketersediaan/kesesuaian lahan untuk rencana pemanfaatan lahan semua unit kelola ( $\sum_{y=1}^n RPL_{brut y}$ ) ditambah luas semua unit lahan tidak dimanfaatkan/ditapis ( $\sum_{y=1}^n NRPL_{brut y}$ ) adalah sama dengan total luas lahan (TLL). Untuk memberikan fungsi verifikasi dan notifikasi, model dilengkapi dengan persamaan matematika 1/0 pada logika matematika seperti contoh persamaan dan kotak dialog berikut:

$$If \left( \sum_{y=1}^n RPL_{brut y} + \sum_{y=1}^n NRPL_{brut y} \right) \neq TLL \text{ then } \frac{1}{0} \text{ else } 1$$

Persamaan matematika 1/0 mengaktifkan fungsi *error* yang menyebabkan mesin model berhenti dalam memproses data dan diformulasikan secara otomatis untuk memunculkan kotak dialog peringatan (notifikasi) kesalahan data (Gambar 62). Untuk memeriksa kesalahan data, geser knob pada angka selain nol (lingkaran merah) dan proses pengolahan data (run), periksa dan perbaiki kesalahan dan kembalikan knob pada angka nol. Sebagai catatan, penyertaan fungsi *error* sejenis ini disediakan banyak dalam SM MUK dalam variasi yang sesuai dengan fungsi tujuan masing-masing. Penyertaan ini bertujuan untuk menghasilkan model yang memiliki kemampuan menyaring kesalahan data karena kesalahan input atau karena keputusan yang tidak logis.



Gambar 62 Contoh kotak dialog peringatan yang menotifikasi kesalahan data input atau keputusan yang tidak logis

Selanjut, sub model ini dilengkapi dengan sektor model 13-15 untuk mmvn rencana detail penggunaan lahan berdasarkan preferensi, ketersediaan dan kesesuaian lahan. Tujuh sektor model ini menghimpun dan mengolah 106 variabel data input dan keputusan, meliputi variabel :

- Luas rencana penggunaan lahan (RPL) berdasarkan kelompok jenis usaha dan rincian sub unit kelola pada masing-masing jenis usaha. Rincian sub unit kelola disediakan untuk menampung kemungkinan adanya keputusan penggunaan 2 atau jenis komoditas pada kelompok jenis RPL kelola hutan tanaman (3 sub unit), kelola HHBK tumbuhan berkayu (5 sub unit), kelola HHBK tumbuhan tidak berkayu (5 sub unit), kelola hortikultura (5 sub unit), kelola jasa lingkungan (3 sub unit: karbon, air, wisata).
- Jenis komoditas yang diusahakan pada masing-masing unit dan sub unit kelola budidaya pada kelola hutan alam intensif, hutan tanaman, hhbk dan hortikultura. Jenis komoditas sesuai daftar kodefikasi yang disajikan pada Gambar 63. Pada unit kelola peternakan dan perikanan juga disediakan variabel yang menampung kemungkinan adanya keputusan penggunaan 2 atau jenis ternak (3 sub unit) dan jenis/ukuran ikan (5 sub unit), yang mana variabel-variabel tersebut diuraikan pada sub model masing-masing.
- Variabel yang menampung kemungkinan adanya regulasi ambang batas maksimum persentase penggunaan lahan untuk usaha tidak spesifik komoditas kehutanan (tumbuhan tidak berkayu, hortikultura tanaman semusism,peternakan dan perikanan).
- Tahun mulai kegiatan (TMK), merupakan variabel yang menampung tata waktu pelaksanaan masing-masing unit dan sub unit kelola untuk menampung kemungkinan perbedaan waktu pelaksanaan usaha.
- Daur usaha pada unit kelola hutan alam, hutan alam intensif dan hutan tanaman, yaitu angka yang menjelaskan pembagian petak dan rotasi waktu kembali penebangan di petak ke-i.
- Pengaturan petak (pengaturan panen) dan siklus peremajaan tanaman pada unit kelola hhbk. Variabel pengaturan petak/panen untuk menampung keputusan pembagian tahun tanam, pemeliharan dan panen untuk mendapatkan hasil panen yang teratur/stabil sepanjang tahun. Sebagai contoh untk komoditas durian dengan umur panen pada umur 5 tahun; keputusan membagi penggunaan lahan dalam 5 petak akan menghasilkan panen yang lebih stabil daripada memilih 1, 2, 3 atau 4 petak.

Kode Jenis Tanaman Pengayaan Hutan Alam 1. Meranti (MR) 2. Rimba campuran (RC) 3. Rimba campuran lainnya (RCI) 4. Kayu Indah (KI) 5. Jenis dilindungi (JPD)	Kode Jenis Komoditas HHBK Tumbuhan Berkayu penghasil Ekstraksi Batang Kayu atau Kult (Destruktif/Tebang) 14. Gaharu (Ghr) 15. HHBK Batang Kayu Lainnya A (HKK A) 16. HHBK Batang Kayu Lainnya B (HKK B) 17. HHBK Batang Kayu Lainnya C (HKK C)	Kode Jenis Komoditas Tumbuhan Tidak berkayu 30. Aren (Arn) 31. Pisang (Psg) 32. HHBK dari tumbuhan tidak berkayu lainnya (N TB A) 33. HHBK dari tumbuhan tidak berkayu lainnya (N TB B) 34. Tebu (Teb) 35. HHBK dari tumbuhan tidak berkayu semusim lainnya-TebangHabis (N TB C) 36. HHBK dari tumbuhan tidak berkayu semusim lainnya-Tebang Habis (N TB D)
Kode Jenis Komoditas Hutan Alam Intensif 1. Meranti (MR) 2. Rimba campuran (RC) 3. Rimba campuran lainnya (RCI) 4. Kayu Indah (KI) 5. Jenis dilindungi (JPD) 6. Kayu Pertukangan A (KP A) 7. Kayu Pertukangan B (KP B) 8. Kayu Pertukangan C (KP C)	Kode Jenis Komoditas HHBK TB Penghasil Getah, Resin & Damar 18. Karet (Krt) 19. HHBK Resin, Getah & Damar Lainnya A (RGD A) 20. HHBK Resin, Getah & Damar Lainnya B (RGD B) 21. HHBK Resin, Getah & Damar Lainnya C (RGD C)	Kode Jenis Komoditas HHBK TB Penghasil Atsiri dan Daun 22. Minyak Kayu Putih (MKP) 23. HHBK Penghasil Ats/Daun Lainnya A (HsD A) 24. HHBK Penghasil Ats/Daun Lainnya B (HsD B) 25. HHBK Penghasil Ats/Daun Lainnya C (HsD C)
Kode Jenis Komoditas Hutan Tanaman 1. Meranti (MR) 2. Rimba campuran (RC) 3. Rimba campuran lainnya (RCI) 4. Kayu Indah (KI) 5. Jenis dilindungi (JPD) 6. Kayu Pertukangan A (KP A) 7. Kayu Pertukangan B (KP B) 8. Kayu Pertukangan C (KP C) 9. Acacia (Aca) 10. Ekaliptus (Euc) 11. Bambu tunggal (BT) 12. Bahan Baku Chp Pulp lainnya A (CP A) 13. Bahan Baku Chp Pulp lainnya B (CP B)	Kode Jenis Komoditas HHBK TB Penghasil Buah 26. Kopi (Kopi) 27. HHBK Penghasil Buah Lain A (HsB A) 28. HHBK Penghasil Buah Lain B (HsB B) 29. HHBK Penghasil Buah Lain C (HsB C)	Kode Jenis Komoditas Hortikultura 37. Kentang (Ktg) 38. Singkong (Skg) 39. Kedelai (Kdl) 40. Jagung (Jgg) 41. Hortikultura lainnya A (KHL A) 42. Hortikultura lainnya B (KHL B)

Gambar 63 Kodefikasi pilihan jenis komoditas diusahakan

Persamaan matematika yang digunakan pada kelompok data ini adalah operasi penjumlahan, pengurangan dan logikal. Rumus logika matematika digunakan untuk mengolah data penundaan waktu, siklus dan rotasi. Rumus dasarnya seperti disajikan pada contoh dengan 3 pilihan berikut, jika X adalah kegiatan, TMK adalah waktu penundaan, Cic adalah siklus periodik (contoh: waktu peremajaan), maka:

- a. Penundaan waktu,

$$\text{if } \text{time} \geq \text{TMK} \text{ then } X \text{ else } 0 \quad \text{atau} \quad \text{DELAY}(X, \text{TMK}, 0)$$

- b. Siklus waktu; menjelaskan rentang waktu kembali atau pengulangan,

$$\text{if } \text{mod}(\text{time}, \text{Cic}) \text{ then } 0 \text{ else } X$$

- c. Kombinasi penundaan waktu dan siklus,

$$\text{DELAY}((\text{if } \text{mod}(\text{time}, \text{Cic}) \text{ then } 0 \text{ else } X), \text{TMK}, 0)$$

Logika matematika ini juga banyak digunakan dalam keseluruhan mesin model sesuai dengan fungsi tujuannya masing-masing, sehingga contoh berikut mewakili penjelasan penggunaannya di sub model lainnya.

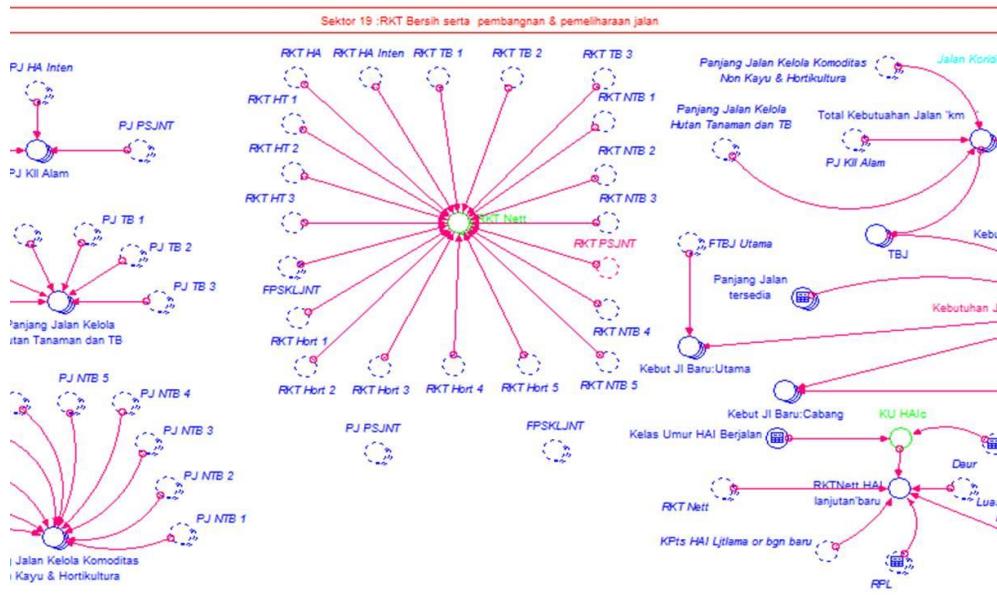
Terakhir, sektor model 16-19 dalam sub model rencana penggunaan lahan dibangun untuk menerima, mengolah, meverifikasi dan menotifikasi (mmvn) detil pembukaan wilayah hutan, meliputi rencana pembangunan dan pemeliharaan jalan per satuan waktu serta luas bersih tahunan. Salah satu potongan gambar mesin model (sektor 19) seperti disajikan pada Gambar 64. Pada sektor model 16-19 ini diformulasikan 122 ruang data input berkenaan dengan perhitungan panjang jalan dan luas pembukaan lahan untuk jalan. Variabel keputusannya meliputi rencana kerapatan dan lebar jalan untuk masing-masing jalan koridor, utama, cabang dan ranting untuk asing-masing unit kelola. Panjang jenis jalan ke-x pada unit kelola

ke-y ( $Pj_{x,y}$ ) adalah perkalian dari rencana kerapatan jalan jenis ke-x pada RPL ke-y ( $Kj_{x,y}$ ) dikali dengan luas kotor RPL pada unit kelola ke-y ( $RPL_{Brut,y}$ ). Sehingga luas bersih RPL pada unit kelola ke-y ( $RPL_{Net,y}$ ) dihitung dengan rumus:

$$RPL_{Net,y} = RPL_{Brut,y} - \sum_{x=1}^n \frac{(Pj_{x,y} \times Lj_{x,y})}{10000},$$

dimana  $Lj_{x,y}$  adalah variabel keputusan lebar jenis jalan ke-x (koridor, utama, cabang, ranting) pada RPL ke-y.

Selanjutnya,  $RPL_{Net,y}$  dibagi daur dan atau pengaturan petak menghasilkan luas rencana kerja tahunan unit kelola ke-i ( $RKT_i$ ).



Gambar 64 Sektor model 19: Peta formulasi RPL tahunan

#### KESESUAIAN & KETERSEDIAAN LAHAN; PANJANG JALAN RKT & LUAS BERSIH PENGGUNAAN LAHAN

12:59 AM 11/17/2023 Table 1: p6 (Luas RPL Brut)		12:59 AM 11/17/2023 Table 1: p7 (% RPL)	
Years		Years	
Unit Bisnis[Hutan Alam]	55,083.00	Kelompok Kelola %[Kehutanan & Jasling]	92.96
Unit Bisnis[HA Intensif]	11,742.00	Kelompok Kelola %[HBBK & Perkebunan]	0.51
Unit Bisnis[HT 1]	10,054.00	Kelompok Kelola %[Tan TDK bky & Hewani]	1.66
Unit Bisnis[HT 2]	0.00	Kelompok Kelola %[Perhutan Sosial]	0.00
Unit Bisnis[HT 3]	0.00	Kelompok Kelola %[Bangunan & Tanpa Kelola]	4.88
Unit Bisnis[HBBK TB 1]	479.00	Jumlah %	100.00
Unit Bisnis[HBBK TB 2]	0.00		
Unit Bisnis[HBBK TB 3]	0.00		
Unit Bisnis[HBBK NTB 1]	418.00		
Unit Bisnis[HBBK NTB 2]	472.00		
Unit Bisnis[HBBK NTB 3]	0.00		

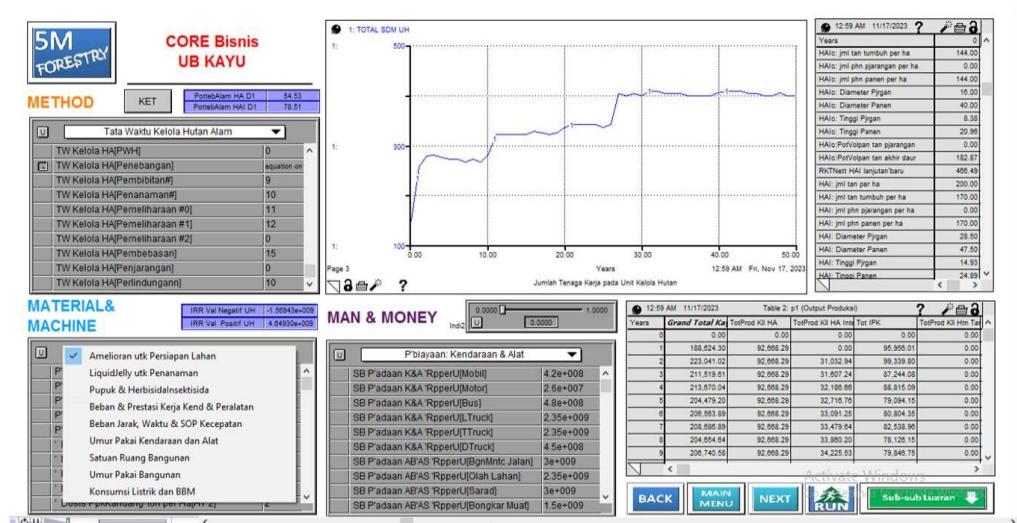
12:59 AM 11/17/2023 Table 1: p8 (Jalan)		12:59 AM 11/17/2023 Table 1: p9 (RKT Bersih)	
Years	10	Years	0
Kebut & PJ Jalan Terbangun[Utama]	29.84	RKT Nett[Hutan Alam]	1,822.95
Kebut & PJ Jalan Terbangun[Cabang]	128.48	RKT Nett[HAI]	456.49
Kebut & PJ Jalan Terbangun[Ranting]	84.19	RKT Nett[HT 1]	997.89
Kebut & PJ Jalan Terbangun[Koridor]	5.00	RKT Nett[HT 2]	0.00
		RKT Nett[HT 3]	0.00
		RKT Nett[HBBK TB 1]	158.82
		RKT Nett[HBBK TB 2]	0.00
		RKT Nett[HBBK TB 3]	0.00
		RKT Nett[HBBK NTB 1]	413.00
		RKT Nett[HBBK NTB 2]	78.10
		RKT Nett[HBBK NTB 3]	0.00

Gambar 65 Tampilan beberapa data luaran sub model RPL.

Sub model RPL adalah sub model utama dalam membangun dan merekonstruksi sistem berpikir dan perencanaan multi usaha kehutanan secara keseluruhan. Beberapa variabel data input, meliputi data struktur, komposisi, preferensi dan pengaturan waktu berikut variabel data luarannya seperti PATH, RPL, jalan dan RKT merupakan variabel penting yang membangun formulasi sub model berikutnya.

### 6.3.3.2 Sub model hasil hutan kayu

Sub model hasil hutan kayu (HHK) men-formulasikan variabel-variabel keputusan terkait pilihan metode penggunaan lahan, silvikultur, budidaya, efisiensi penggunaan material, bangunan, alat, kendaraan, tenaga kerja hingga pemodaluan untuk menghasilkan informasi hasil produksi dengan komoditas utama hasil hutan kayu dengan kelayakan usaha optimum, dampak lingkungan yang minimum dan kontribusi pembangunan yang maksimum. Sub model ini merangkum 3 unit kelola, yaitu unit kelola hutan alam dengan *mainstream* sistem silvikultur tebang pilih tanam Indonesia (TPTI), unit kelola hutan alam intensif dengan *mainstream* sistem silvikultur tebang pilih tanam jalur (TPTJ), dan unit kelola hutan tanaman dengan *mainstream* sistem silvikultur tebang habis permudaan buatan (THPB). Variabel keputusan diperinci dalam 1.084 ruang data input, yang diformulaikan dalam 61 sektor model dan dikelompokkan dalam 5 sub-sub model. Panduan penggunaan model disediakan pada halaman lampiran.



Gambar 66 Layar utama antar muka (*interface*) sub model HHK.

Pengisian, pemolesan dan evaluasi data disediakan pada satu layar utama (*interface*, Gambar 66) dan 4 layar lampiran yang memuat 3 tabel dan 1 slider pengisian data; 44 tabel, 4 baris dan 5 grafik data luaran serta 7 tombol-tombol menu, informasi dan navigasi.

#### a. Sub-sub model metode unit kelola HHK

Sub-sub model ini dimulai dengan 1 sektor model yang menampung pemerincian data dan formulasi tata waktu pelaksanaan tahapan silvikultur hutan alam dan budidaya hutan tanaman. Formulasi model dibangun untuk menerima, mengolah, me-verifikasi dan menotifikasi pilihan-pilihan keputusan metode menjadi rincian volume dan beban kerja untuk setiap jenis/tahapan pekerjaan ke-i

dan unit kelola ke-j pada tahun ke-t berdasarkan RPL dan RKT yang diformulasikan pada sub model RPL sebelumnya. Jenis/tahapan kerja meliputi:

- Unit kelola kelola hutan alam (TPTI) dan hutan alam intensif (TPTJ): penataan areal kerja, inventarisasi tegakan, pembukaan wilayah hutan, penebangan, pembibitan, pengayaan/penanaman, pemeliharaan tanaman 1, 2 dan 3 serta pembebasan, penjarangan dan perlindungan.
- Unit kelola hutan tanaman (THB): penataan areal kerja, pembukaan wilayah hutan, persiapan lahan, pembibitan, penanaman, pemeliharaan tanaman 0, 1, 2 dan 3 serta penjarangan, pemanenan dan perlindungan.

Jika  $RKT_{ij}$  adalah luas rencana kerja tahunan untuk jenis pekerjaan ke-i dan unit kelola ke-j serta  $TMK_{HHK-j}$  adalah waktu mulai unit keloalke-j dan t adalah tata waktu pelaksanaannya, maka distribusi beban luas lahan sesuai jenis pekerjaan berdasarkan waktunya ( $BK_{ij,t}$ ) diformulasikan dengan rumus :

$$BK_{i,j,t} : \text{if time } >= (TMK_{HHK-j} + t - 1) \text{ then } RKT_{ij} \text{ else } 0$$

Pemerincian tata waktu mendistribusikan jenis pekerjaan secara teratur sesuai waktu. Sebagai contoh, jika  $RKT_{i,j=3}$  dan  $TMK_{HHK-j=3}$  untuk kelola hutan tanaman adalah 100 dan 3, serta tata waktu persiapan lahan, pembibitan, penanaman adalah 1, 1 dan 2 maka

$$BK_{persiapan\ lahan\ HT}: 0, 100, 100, 100 \text{ dan seterusnya}$$

$$BK_{pembibitan\ HT}: 0, 100, 100, 100 \text{ dan seterusnya}$$

$$BK_{penanaman\ HT}: 0, 0, 100, 100 \text{ dan seterusnya}$$

Sementara itu, jika pekerjaan pemeliharaan dengan tata waktu pelaksanaan satu tahun paska penanaman dan memerlukan pengulangan teratur (pemeliharaan 0, 1, 2, 3), maka;

$$BK_{pemeliharaan-HT}: 0, 0, 0, 100, 200, 300, 400, 400, 400 \text{ dan seterusnya}$$

Selanjutnya, pendefinisian dan formulasi dibangun melalui pemerincian data atribut yang terikat dengan teknik silvikultur/budidaya dan karakter jenis tanaman, meliputi data pendugaan dinamika dan pertumbuhan tegakan alam, gangguan, limit diamenter tebangan pada kelola hutan alam, kerusakan tegakan alam paska penebangan, jumlah dan lebar serta pola tanam pada jalur tanaman TPTJ, pola tanam THPB, persentase penyulaman, penjarangan dan keberhasilan tumbuh serta pertumbuhan dan pendugaan hasil hutan tanaman.

Pendugaan dinamika hutan alam diformulasi melalui pendekatan model eksponensial dinamika tegakan sebagai berikut :

$$Ndi_t = (a + Ndi_{t-1}) \times e^{(b \ln Ndi_{t-1} - c Nodi / t - d Di)}$$

dimana  $Ndi_t$  adalah jumlah pohon pada kelas diameter i pada tahun ke-t;  $Ndi_{t-1}$  adalah jumlah pohon pada kelas diameter ke-i pada tahun t-1;  $Di$  adalah kelas diameter ke-i;  $Nodi$  adalah jumlah pohon pada kelas diameter ke-i pada saat awal ( $t_0$ ),  $e$  adalah kontstanta e (bilangan euler: 2,71828) dan  $t$  adalah tahun. Konstanta a, b, c dan d yang digunakan sebagai data bawaan (*default*) adalah 0,41258; 0,01205; 0,0029 dan 0,0011 menghasilkan rumus pendugaan

$Ndi_t = (0.41258 + Ndi_{t-1}) \times e^{(0.01205 \ln Nd_{t-1} - 0.0029 Nodi/t - 0.001 IDi)}$ . Rumus pendugaan tersebut memiliki nilai koefisien determinasi lebih dari 99,80% ( $R^2 > 0,998$ ) (Wahjono dan Imanuddin 2007). Dengan asumsi bahwa nilai konstanta dalam model tersebut akan memiliki variasi nilai pada lokasi yang berbeda, maka dalam pemodelan ini, angka-angka tersebut disediakan sebagai variabel bebas yang dapat diubah oleh calon pengguna sesuai pendugaan dinamika pada site hutan masing-masing.

Sementara itu, riap dan pertumbuhan tanaman pada jalur tanam TPTJ dan tanaman pada unit kelola hutan tanaman didekati dengan tiga pilihan format rumus pendugaan diameter, tinggi dan volume, yaitu linear, Alder dan Hoerl. Format rumus pendugaan sebagai berikut:

- Pendugaan diameter secara linear:  $D = rX$ , dimana D adalah diameter, r pendugaan riap tahunan dan X adalah umur pohon
- Pendugaan diameter berdasarkan Alder:  $\ln D = a - b(\frac{1}{X})^c$ , dimana a, b dan c adalah variabel bebas pendugaan sesuai jenis dan site.
- Pendugaan diameter berdasarkan Hoerl:  $D = ab^X X^c$ , dimana a, b dan c adalah variabel bebas pendugaan sesuai jenis dan site.
- Pendugaan tinggi secara linear:  $H = d D$ , dimana H adalah tinggi dan d adalah variabel bebas pendugaan rasio tinggi per diameter (H/D) sesuai jenis dan site
- Pendugaan tinggi berdasarkan Alder:  $\ln H = a - b(\frac{1}{X})^c$ , dimana a, b dan c adalah variabel bebas pendugaan sesuai jenis dan site.
- Pendugaan tinggi berdasarkan Hoerl:  $H = ab^X X^c$ , dimana a, b dan c adalah variabel bebas pendugaan sesuai jenis dan site.
- Pendugaan volume tegakan secara linear :  $V = \frac{1}{4} \pi D^2 H \times AB \times JP_p \times FE \times Fe$ , dimana V adalah volume pohon panen per ha, AB adalah angka bentuk,  $JP_p$  adalah jumlah pohon panen, FE adalah faktor eksplorasi dan FP adalah faktor pengamanan
- Pendugaan volume sesuai tabel volume :  

$$V = (a + b \ln D) \times JP_p \times FE \times Fe$$
, dimana a, dan b adalah variabel bebas pendugaan sesuai jenis dan site.

Pemerincian data dilengkapi juga dengan menyediakan ruang data input berat jenis untuk semua jenis tanaman (serta komoditas lain), *biomass expansion factor* (BEF), angka konversi karbon dan konstanta rumus pendugaan tutupan tajuk. Angka-angka default yang digunakan untuk BEF dan konversi karbon adalah 1,74 dan 0,47. Sementara itu, formulasi tutupan tajuk disediakan dalam 2 pilihan rumus pendugaan tutupan tajuk, yaitu :

$$TT_{log-j,k} = a_k \ln D_j + b_k$$

$$TT_{Poly-j,k} = a_k + b_k D_j + c_k (D_j)^2$$

Dimana  $TT_{j,k}$  dan  $D_j$  adalah tutupan tajuk dan diameter tengah pada kelompok jenis ke-l dan kelas diameter ke-j serta  $a_k$ ,  $b_k$  dan  $c_k$  adalah variabel bebas pendugaan sesuai jenis ke-k dan site hutan.

Terakhir pada sektor model pertama dalam sub-sub model metode ini adalah memerinci perhitungan kebutuhan konsumsi air, dimana jika pengolahan air konsumsi (AK) diperoleh melalui tahapan penampungan (pump), koagulasi (ko), flokulasi (fk), pengendapan (st, settle tank) dan penampungan akhir (ft, final tank) dengan angka rendemen masing-masing r, maka volume kebutuhan air sumber (AS) dihitung dengan rumus:

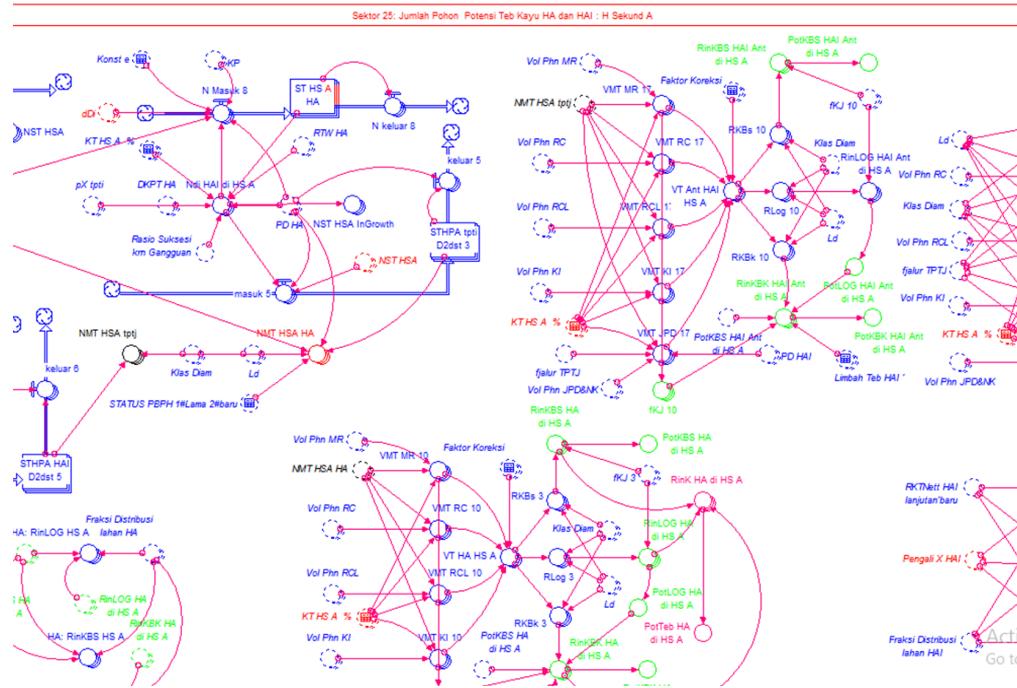
$$VKAS = \frac{AK}{r_{pump} \times r_{ko} \times r_{fk} \times r_{st} \times r_{ft}}$$

Pendefinisian dan formulasi selanjutnya menghasilkan 24 sektor model, dengan jumlah keseluruhan pemerincian sebanyak 360 ruang data input dan 25 sektor model, beberapa dalam luas kotak yang besar. Sebanyak 24 sektor model ini memiliki fungsi tujuan mengubah variabel tutupan lahan pada semua kluster hutan dan tegakan secara lebih detail ke satuan individu pohon sesuai dinamika/pertumbuhannya sepanjang waktu (t), antara lain :

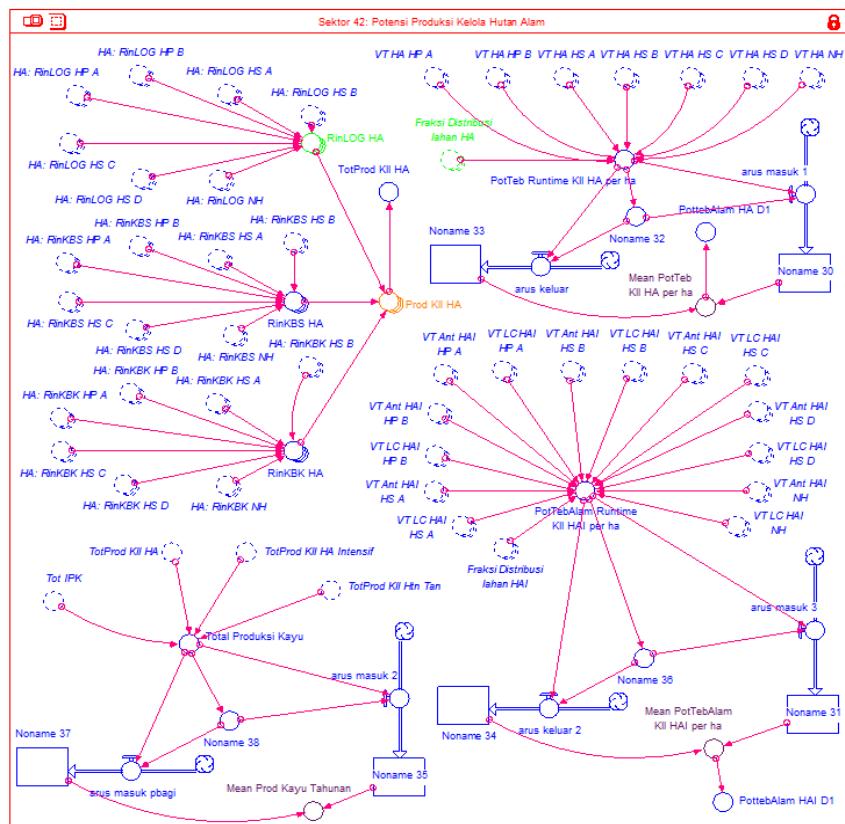
- Menghitung total jumlah pohon (NST) berdasarkan ukuran dan jenis serta dinamika/perubahan struktur (*ingrowth* dan *outgrowth*) melalui pendekatan variabel suksesi, riap dan pertumbuhan pada semua kluster dan unit kelola yang mendapat atau tidak mendapat intervensi silvikultur. Pendefinisiannya diformulasi dalam 8 sektor model seperti contoh disajikan pada Gambar 67.
- Menghitung jumlah pohon masak tebang (NMT) berdasarkan limit kelas diameter minimum tebangan, ukuran (log, kayu bulat sedang dan kayu bulat kecil) dan kelompok jenis (meranti, rimba campuran, rimba campuran lainnya, kayu indah dan kayu dilindungi) serta jumlah pohon pada tegakan bekas tebangan dan dinamika/perubahan strukturnya berdasarkan intervensi silvikurnya pada unit kelola hutan alam (TPTI), hutan alam intensif (TPTJ) dan hutan tanaman (THPB) serta jumlah pohon yang hilang akibat tindakan *land clearing* untuk budidaya HHBK tumbuhan dan non tumbuhan.
- Menghitung produksi kayu berdasarkan volume, jenis dan ukuran kayu dari hasil tebangan pada unit kelola hutan alam, hutan alam intensif, hutan tanaman dan *land clearing* ( $PHHK_t$ ). Pendefinisiannya diformulasi dalam 7 sektor model seperti contoh disajikan pada Gambar 68. Jika  $BK_{teb-j,t}$  adalah luas rencana kerja tahunan penebangan/panen dan  $V_{teb-j,k,l,t}$  volume tebangan per hektar pada unit kelola ke-j (hutan alam, hutan alam intensif, hutan tanaman dan *land clearing*) berikut rincian jenis ke-k dan ukuran ke-l pada tahun ke-t, maka jumlah produksi hasil hutan kayu jenis ke-k dan ukuran ke-l pada tahun ke-t ( $PHHK_{k,l,t}$ ) dan jumlah produksi kayu pada tahun ke-t ( $JPHHK_t$ ) adalah :

$$PHHK_{k,l,t} = \sum_{j=1}^4 (BK_{teb-j,t} \times V_{teb-j,k,l,t})$$

$$JPHHK_t = \sum_{k=1,l=1}^n PHHK_{k,l,t}$$



Gambar 67 Potongan sektor model 25: peta formulasi jumlah pohon dan potensi produksi HHK pada kluster hutan sekunder A



Gambar 68 Sektor model 42: peta formulasi potensi produksi kayu pada unit kelola hutan alam

Selain untuk fungsi tujuan tersebut, variabel-variabel luaran NST dan NMT tersebut merupakan variabel yang siap dipanggil untuk formulasi sub-sub model berikutnya serta sub model stok karbon dan tutupan tajuk.

#### b. Sub-sub model material dan bangunan unit kelola HHK

Pendefinisian dan fomulasi sub-sub model material (bahan dan bangunan) di unit kelola hasil hutan kayu diurai dalam 9 sektor model dan menyediakan 178 ruang data input. Konsep pikir dan penggunaan rumus pendekatan yang menjelaskan keterhubungan antar variable juga digunakan dalam pendefisian dan formulasi model material dan bangunan di sub model HHBK dan hortikultura dan sebagian di sub model peternakan dan perikanan. Pendefinisian dan formulasi model material dan bangunan di unit kelola HHK ini memiliki fungsi tujuan untuk mendetailkan kebutuhan material dan bangunan per satuan jenis dan waktu, meliputi variable kebutuhan bibit, amelioran, nutrisi tanaman, bangunan, bahan bakan minyak BBM, listrik dan logistik. Uraianya sebagai berikut.

- Kebutuhan bibit untuk pengayaan, penanaman dan peremajaan serta penyulaman di unit kelola hasil hutan kayu dan kebutuhan bibit di unit kelola HHBK. Catatan: sebagai *core business*, pada unit kelola HHK ditumpangkan beberapa variabel di unit kelola lain yang berdasarkan kebutuhan pengadaan tidak tetap sepanjang tahun, seperti misalnya kebutuhan alat berat pembangunan jalan, alat berat penyiapan lahan, berikut tenaga kerja dan bahannya.

Jika  $N_{bibit_{j,k}}$  adalah jumlah target pengayaan dan penanaman dari rencana pola tanam pada  $j$  unit kelola dan  $k$  jenis bibit, serta PP adalah target persen penyulaman dan  $BK_{penanaman\ t+1_{j,k}}$  adalah luas rencana penanaman unit kelola ke- $j$  dengan jenis ke- $k$  pada tahun ke- $t+1$ , maka kebutuhan bibit pada tahun ke- $t$  ( $N_{bibit_t}$ ) adalah :

$$N_{bibit_t} = \sum_{j=1,k=1}^n \left( \left( (1 + PP) \times N_{bibit_{j,k}} \right) \times BK_{penanaman\ t+1_{j,k}} \right)$$

- Kebutuhan amelioran untuk meningkatkan sifat fisik dan kimia tanah, diperinci dalam 4 ruang data input dalam satuan ton per ha, yaitu pupuk kandang, ameliorant A, B dan C. Variabel pendugaan yang digunakan adalah dosis, dimana jika  $D_{Amelioran_{j,k}}$  dosis amelioran ke- $k$  pada unit kelola ke- $j$  dan  $BK_{olah\ lahan\ t_j}$  adalah luas rencana pengolahan lahan unit kelola ke- $j$ , maka jumlah kebutuhan amelioran pada tahun ke- $t$   $JA_{olah\ lahan\ t_j}$  adalah:

$$N_{bibit_t} = \sum_{j=1,k=1}^n \left( D_{Amelioran_{j,k}} \times BK_{olah\ lahan\ t_j} \right)$$

- Kebutuhan nutrisi, biostimulan dan insek/herbisida (NBI), dimana nutrisi adalah pupuk jenis A, B, dan C. Pemerincian melalui variabel dosis per tanaman per tahun, frekuensi pemberian (pemeliharaan 0, 1, 2, 3, rutin) dan tata waktu pemeliharaan, dan jumlah tanaman per ha.

Jika  $t_{tanam_{t,j}}$  adalah tahun tanam dan  $k_j$  tata waktu pemeliharaan 0, 1, 2 dan 4 paska tanam pada sub unit kelola ke- $j$ , maka satuan beban luas pemeli-haraan

sub unit kelola ke- $j$  pada tahun ke- $t$  ( $BK_{pmlr-j,t}$ ) dihitung menggunakan rumus logika matematika:

$$BLK_{pmlr-j,t} = \sum_{k=1}^4 \left( \text{if } time \geq (t_{tanam_{t,j}} + k_j) \text{ then } BK_{tanam_j} \right)$$

Sementara itu, jika  $m_j$  adalah tahun mulai pemeliharaan rutin dan  $n_j$  adalah jumlah petak pengaturan hasil, maka beban kerja dalam satuan luas rencana pemeliharaan rutin paska  $t_{tanam_{t,j}}$  adalah

$$BLK_{pmlr\ R\ t} : delay \left( \left( \text{if } time < n_j \text{ then } time \times BK_{tanam_j} \right), t_{tanam_{t,j}} + m_j - 1, 0 \right)$$

Selanjutnya jika  $D_{i,j}$  adalah dosis NBI jenis ke- $i$  per tanaman dan  $NT_j$  adalah jumlah tanaman per ha pada unit kelola ke- $j$ , maka kebutuhan NBI ke- $k$  pada tahun ke- $t$  ( $NBI_{t,k}$ ) adalah :

$$NBI_{k,t} = (BK_{p\ t_j} + BK_{pr\ t_j}) \times NT_j \times D_{i,j}$$

- Kebutuhan ruang bangunan; pendefinisan dan formulasi meliputi :

- Ruang bangunan dengan satuan penggunaan orang per jenis tenaga kerja, meliputi ruang kantor pusat dan kantor site (komisaris s/d staff), barak kerja (kontrak dan buruh), rumah dinas (komisaris s/d supervisor), barak huni (staff s/d buruh), dan fasilitas umum (semua). Tenaga kerja dalam hal ini dibagi dalam 7 kelompok sesuai dengan jenjang jabatan / tingkatan penggajian, yaitu komisaris, direktur, manajer, supervisor, staff, kontrak dan buruh harian lepas. Dijelaskan pada sub sub model tenaga kerja. Jika  $SR_{i,j}$  adalah satuan ruang kantor dan lain-lain ke- $i$  untuk  $JTK_{j,t}$  jumlah orang pada jenis kelompok tenaga kerja ke- $j$  pada tahun ke- $t$ , maka kebutuhan luas ruang bangunan kantor dan lain ke- $i$  pada tahun ke- $t$  ( $LRB_{Kantor\ dll-i,t}$ ) adalah:

$$LRB_{kantor\ dll-i,t} = \sum_{j=1}^n SR_{i,j} \times JTK_{j,t}$$

- Ruang bangunan dengan satuan penggunaan komoditas tanaman dan hewan, meliputi persemaian, kebun pangkas, kandang ternak dan kolam ikan. Kandang ternak dan kolam ikan dijelaskan pada sub model peternakan dan perikanan. Jika  $JB_{i,LB}$  adalah jumlah semai dari jenis bibit ke- $i$  yang dapat ditampung pada 1 satuan luas bedeng,  $FB$  adalah fraksi luas bedeng dalam persemaian,  $PKP_i$  adalah produktifitas kebun pangkas per ha (jika benih diproduksi dari kebun pangkas),  $N_{bibit_{i,t}}$  adalah maka luas ruang bangunan persemaian pada tahun ke- $t$  ( $LRB_{pers,t}$ ) adalah:

$$LRB_{pers,t} = \left( \left( \sum_{i=1}^n N_{bibit_{i,t}} / JB_{i,LB} \right) / FB \right) + \left( \sum_{i=1}^n \frac{N_{bibit_{i,t}}}{PKP_i} \right)$$

- Ruang bangunan dengan satuan penggunaan barang, meliputi gudang, tangki penyimpanan bahan bakar dan bengkel. Gudang adalah tempat penyimpanan sementara material NBI, bahan pangan dan material ke-i lainnya. Jika  $STOM_i$  adalah rata-rata jumlah hari penyimpanan (*stock opname*),  $SRM_i$  adalah satuan ruang penyimpanan dan  $VM_{i,t}$  jumlah volume/massa jenis material ke-I pada tahun ke-t, maka luas kebutuhan gudang pada tahun ke-t ( $LRB_{gudang,t}$ ) adalah:

$$LRB_{gudang,t} = \sum_{i=1}^n \frac{VM_{i,t}}{365/STOM_i} \times SRM_i$$

Sementara itu, jika  $STOBbm$  adalah rata-rata jumlah hari penyimpanan bahan bakar dan  $VBBm_t$  adalah volume/jumlah kebutuhan BBM pada tahun ke-t, serta  $FT$  adalah fraksi tangki dalam persemaian luas stasiun penyimpanan dan pengisian bahan bakar minyak pada tahun ke-t ( $LRB_{sppbm,t}$ ) adalah:

$$LRB_{sppbm,t} = \left( \left( \sqrt[3]{\frac{VBBm_t}{365/STOBbm}} \right)^2 \right) / FT$$

Selanjutnya, kebutuhan luas bengkel pada tahun ke-t ( $LRB_{benkel,t}$ ) adalah jumlah kendaraan dan alat ke-i ( $JK&A_i$ ) dikali persentase masuk bengkel/*stock-opname* ( $STOK&A_i$ ) dibagi jumlah hari perawatan di kali satuan ruang kendaraan ke-i;

$$LRB_{benkel,t} = \sum_{i=1}^n \frac{VM_{i,t} \times \%JK&A_i}{365/STOK&A_i} \times SRK&A_i$$

- Ruang bangunan dengan satuan rasio luas, meliputi menara api dan stasiun pengamatan aliran sungai (SPAS). Jika  $LLA_t = \sum_i^n RKT_{i,t}$  adalah luas lahan aktif yang memerlukan pengamatan ancaman api pada tahun ke-t serta  $RMA$  adalah luas efektif amatan 1 menara api terhadap lahan dan  $SRMA$  adalah satuan ruang menara api, maka luas jumlah kebutuhan menara api ( $JMA_t$ ) dan luas ruang menara api  $LMA_t$  adalah:

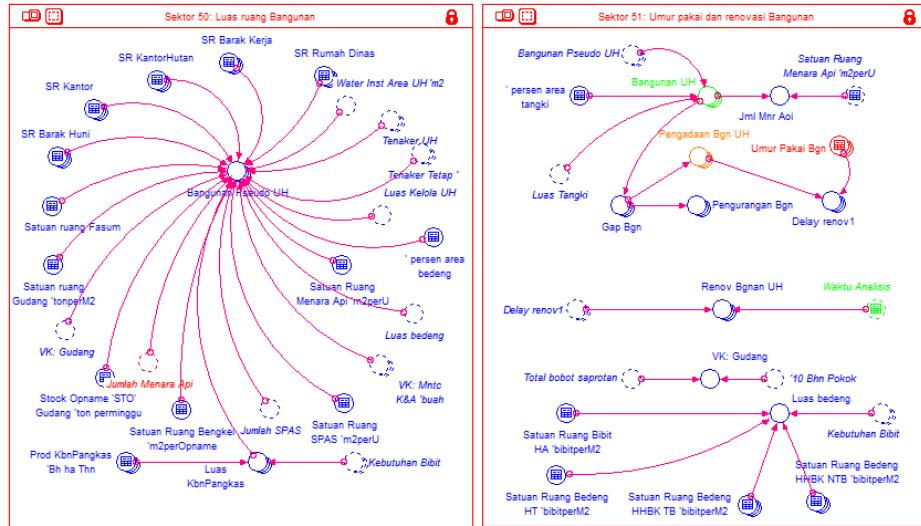
$$JMA_t = round \left( \frac{LLA_t}{RMA}, 0 \right); LMA_t = JMA_t \times SRMA$$

Sementara itu, jika PS adalah jumlah panjang sungai yang menjadi amatan aliran air dan RPS adalah panjang sungai efektif dalam satu amatan SPAS, maka jumlah kebutuhan SPAS (JSPAS) adalah:  $= round \left( \frac{PS}{RPS}, 0 \right)$ , dimana untuk distribusi pengadaan ber-dasarkan tahun pengadaan diformulasikan dengan rumus logika matematika:

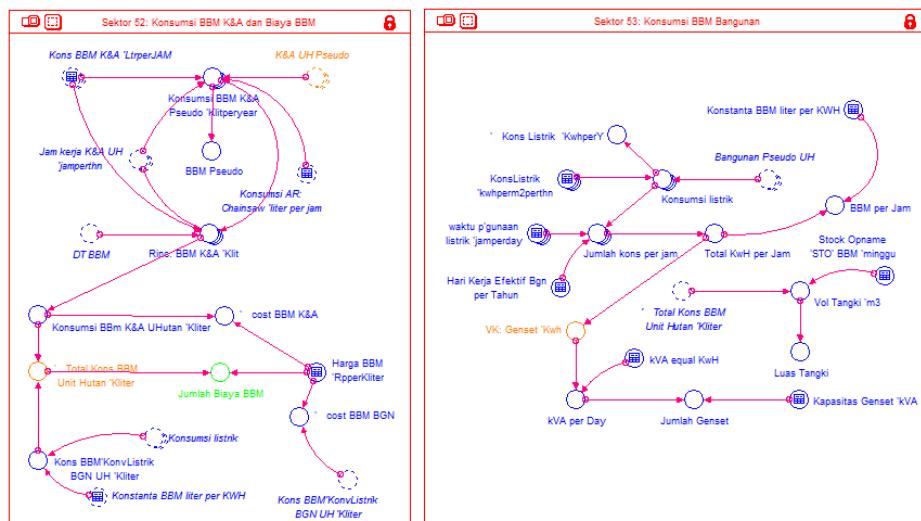
Jika :  $X_{i,t} = if mod(time, tata_waktu_bangun_SPAS) then 0 else 1$  adalah jumlah SPAS dibangun pada tahun ke-i maka kebutuhan jumlah SPAS pada tahun ke-t adalah:

$$JSPAS_t = if \sum_{i=1}^n X_{i,t} < JSPAS \text{ then } \sum_{i=1}^n X_{i,t} \text{ else } JSPAS$$

Jika  $SR_{SPAS}$  adalah satu ruang SPAS, maka luas ruang SPAS ( $LR_{SPAS,t}$ ) adalah:  $LRB_{SPAS,t} = JSPAS_t \times SR_{SPAS}$



Gambar 69 Sektor model 50 dan 51: peta formulasi bangunan



Gambar 70 Sektor model 52 dan 53: peta formulasi kebutuhan energi BBM

Berdasarkan formulasi kebutuhan ruang bangunan ( $LRB_{i,t}$ ) tersebut diatas, maka dapat diformulasikan luas kebutuhan pengadaan bangunan ruang bangunan pada tahun ke-t berdasarkan peningkatan kebutuhan luas dan tata waktu renovasi. Pengadaan luas ruang bangunan berdasarkan peningkatan ( $LRB_{Penambahan-i,t}$ ) dapat diformulasikan:

$$LRB_{Penambahan-i,t} = LRB_{i,t} - LRB_{i,(t-1)}$$

Selanjutnya jika  $UB_i$  dan  $PR_i$  adalah umur bangunan dan persen renovasi bangunan ke-i serta  $LRB_{i,(t-UB_i)}$  adalah luas ruang bangunan ke-i pada tahun ke-( $t-UB_i$ ), maka kebutuhan luas renovasi bangunan pada tahun ke-t ( $LRB_{renov-i,t}$ ) dapat diformulasikan:

$$LRB_{renov-i,t} = \text{if } \text{mod}(\text{time}, UB_i) \text{ then } 0 \text{ else } LRB_{i,(t-UB_i)}$$

Sehingga demikian, luas pengadaaan bangunan ke-i pada tahun ke-t ( $LRB_{P'adaan-i,t}$ ) adalah :

$$LRB_{P'adaan-i,t} = LRB_{Penambahan-i,t} + LRB_{renov-i,t}$$

- Bahan bakar minyak (BBM). Bahan bakar minyak adalah variabel yang mendefinisikan kebutuhan energi untuk aktifitas usaha, meliputi energi penggerak alat bergerak (kendaraan) dan alat tidak bergerak (alat pengolahan dan lain-lain), termasuk kebutuhan energi listrik untuk konsumsi bangunan dan alat tidak bergerak lain yang dikonversi melalui genset. BBM didefinisikan dalam satu jenis, yaitu solar. Jika terdapat jenis konsumsi dengan jenis lain (sebagai contoh: bensin), maka dikonversi setara solar.

Variabel antara dalam perhitungan konsumsi BBM adalah jam kerja / penggunaan kendaraan, alat dan bangunan ke-i ( $JKK\&A_i$ ). Pendefinisan dan formulasinya sebagai berikut:

- Jika beban jarak alat bergerak per tahun ( $BJK\&A_{AB-i}$ ) adalah:

$BJK\&A_{AB-i} = HKK\&A_{AB-i} \times JKK\&A_{AB-i} \times SKK\&A_{AB-i}$  , dimana  $HKK\&A_{AB-i}$  dan  $JKK\&A_{AB-i}$  adalah jumlah hari kerja per tahun dan jumlah jam kerja per hari serta  $SKK\&A_{AB-i}$  adalah SOP kecepatan kendaraan per jam kendaraan ke-i. Jika  $JK\&A_{AB-i,t}$  adalah jumlah kendaraan dan alat bergerak ke-i pada tahun ke-t, maka jumlah konsumsi BBM untuk kendaraan dan alat bergerak pada tahun ke-t ( $JKBbm_{K\&AB,t}$ ) dapat dihitung dengan rumus pendekatan :

$$JKBbm_{K\&AB,t} = \sum_{i=1}^n (BJK\&A_{AB-i} \times RK\&ABbm_{AB-i} \times JK\&A_{AB-i,t})$$

- Alat tidak bergerak berdasarkan sumber energi didefinisikan melalui kodefikasi melalui rumus logika matematika:

$$\begin{aligned} \text{if } K\&A_{TB-i} = 1 \text{ then } K\&A_{TBBbm-i} \text{ else if } K\&A_{TB-i} \\ &= 2 \text{ then } K\&A_{TBListrik-i} \text{ else } K\&A_{ND-i} \end{aligned}$$

Jika  $KK\&A_{TBBbm-i}$  adalah konsumsi BBm per jam,  $JKK\&A_{BBbm-i}$  jumlah jam kerja per tahun dan  $JK\&A_{TBBbm-i,t}$  jumlah alat tidak bergerak dengan daya BBm pada tahun ke-t, maka jumlah konsumsi BBm kendaraan dan alat tidak bergerak dengan daya BBm pada tahun ke-t ( $JKBbm_{K\&ATB,t}$ ) adalah :

$$JKBbm_{K\&ATB,t} = \sum_{i=1}^n (KK\&A_{TBBbm-i} \times JKK\&A_{BBbm-i} \times JK\&A_{TBBbm-i,t})$$

- Seterusnya, jika  $KK\&A_{TBListrik-i}$  adalah konsumsi listrik per jam (kwh),  $JKK\&A_{TBListrik-i}$  jumlah jam kerja per tahun dan  $JK\&A_{TBListrik-i,t}$  jumlah alat tidak bergerak dengan daya listrik ke-i pada tahun ke-t, maka jumlah konsumsi listrik kendaraan dan alat tidak bergerak dengan daya listrik ke-i pada tahun ke-t ( $JKListrik_{K\&ATB,t}$ ) adalah :

$$JKListrik_{K\&ATB,t} = \sum_{i=1}^n (KK\&A_{TBlistrik-i} \times JKK\&A_{TBlistrik-i} \times JK\&A_{TBListrik-i,t})$$

Selanjutnya, perhitungan konsumsi listrik untuk bangunan didekati dengan mendefinisikan variabel konsumsi listrik per m<sup>2</sup> per tahun bangunan ke-i ( $KListrik_{BGN-i}$ ). Jika  $LRB_{i,t}$  adalah luas ruang bangunan ke-i tahun ke-t, maka jumlah konsumsi listrik untuk bangunan ( $JKListrik_{BGN,t}$ ) adalah:

$$JKListrik_{BGN,t} = \sum_{i=1}^n (LRB_{i,t} \times KListrik_{BGN-i})$$

Sehingga demikian, jika total konsumsi listrik ( $TKListrik_t$ ) adalah  $JKListrik_{K\&ATB,t} + JKListrik_{BGN,t}$ ,  $RBbm_{Genset}$  adalah rasio konsumsi BBm genset untuk menghasil 1 KVA (*kilo volt ampere*) dan  $K$  adalah konstanta KVA per KW (*kilo watt*), maka total konsumsi bbm unit kelola HHK ( $TKBbm_{HHK-t}$ ) adalah

$$TKBbm_{HHK-t} = JKBbm_{K\&AB,t} + JKBbm_{K\&ATB,t} + \left( \frac{TKListrik_t \times RBbm_{Genset}}{K} \right)$$

- Logistik meliputi 10 bahan pokok makanan dan logistik kegiatan, masing-masing dalam satuan paket.

Jika  $SLog_{10bpm}$  adalah berat paket logistik per satuan tenaga kerja dan  $JTK_t$  adalah jumlah tenaga kerja pada tahun ke-t, maka jumlah kebutuhan logistic 10 bahan pokok makanan pada tahun ke-t ( $JLog_{10bpm,t}$ ) adalah:

$$JLog_{10bpm,t} = JTK_t \times SLog_{10bpm}$$

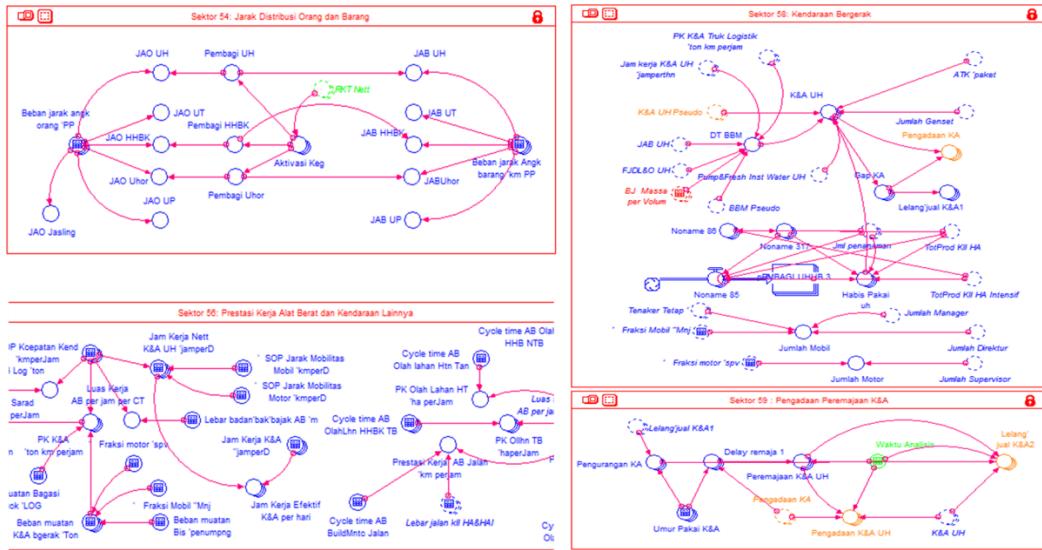
Logistik kegiatan adalah material dan bahan yang terikat dengan masing-masing kegiatan, seperti cat, label, P3K, ransum, suku cadang (*sparepart*) alat dan kendaraan dan lain-lain. Karena keragamannya sangat tinggi, material dan bahan ini tidak didefinisikan dalam satuan jenis dan jumlah namun tetap dihitung dengan pendekatan satuan biaya logistik pada masing-masing kegiatan ke-i pada tahun ke-t ( $SB_{logistik,i,t}$ ). Pendefinisan dan formulasinya disampaikan pada sub-sub model kelayakan usaha.

#### c. Sub-sub model kendaraan dan alat unit kelola HHK

Pendefinisan dan fomulasi sub-sub model kendaraan dan alat di unit kelola hasil hutan kayu diurai dalam 6 sektor model dan menyediakan 84 ruang data input. Konsep pikir dan penggunaan rumus pendekatan yang menjelaskan keterhubungan antar variable juga digunakan dalam pendefinisan dan formulasi model kendaraan di semua sub model lainnya. Lima potongan gambar sektor model diantaranya disajikan pada Gambar 71 dan 72. Pendefinisan dan formulasi kendaraan dan alat di unit kelola HHK ini memiliki fungsi tujuan untuk mendetailkan kebutuhan alat bergerak (kendaraan) dan alat tidak bergerak, yang masing terhubung dengan fungsinya sebagai kendaraan angkutan bahan, material dan hasil produksi, alat produksi dan alat pengolahan. Di unit kelola dalam kelompok kelola hasil hutan kayu ini jenis kendaraan dan alat meliputi 13 jenis alat, antara lain: mobil, motor, bis, logging truk (LT), tronton truk (TT), dump truk (DT), alat berat (AB), alat sedang (AS), alat ringan (AR), genset, pompa, alat habis pakai dan alat tulis kantor

(ATK). Jumlah kebutuhan alat dan kendaraan ke-*i* di unit kelola ke-*j* pada tahun ke-*t* didefinisikan dalam persamaan rumus :

$$JK\&A_{i,j,t}$$



Gambar 71 Beberapa sektor model: peta formulasi alat dan kendaran

Beberapa jenis alat lain yang diformulasikan di unit kelola lain antara lain: pencacah (*chopper*), pengaduk (*mixer*), lemari pendingin (*cold storage*), lemari pemanas (oven), kincir dan pengolahan air (*IPA&HDPE*). Pendefinisian dan formulasinya masing-masing terhubung dengan variable beban kerja dan prestasi kerja sesuai fungsi masing-masing alat serta variabel umur (peremajaan). Uraianya sebagai berikut.

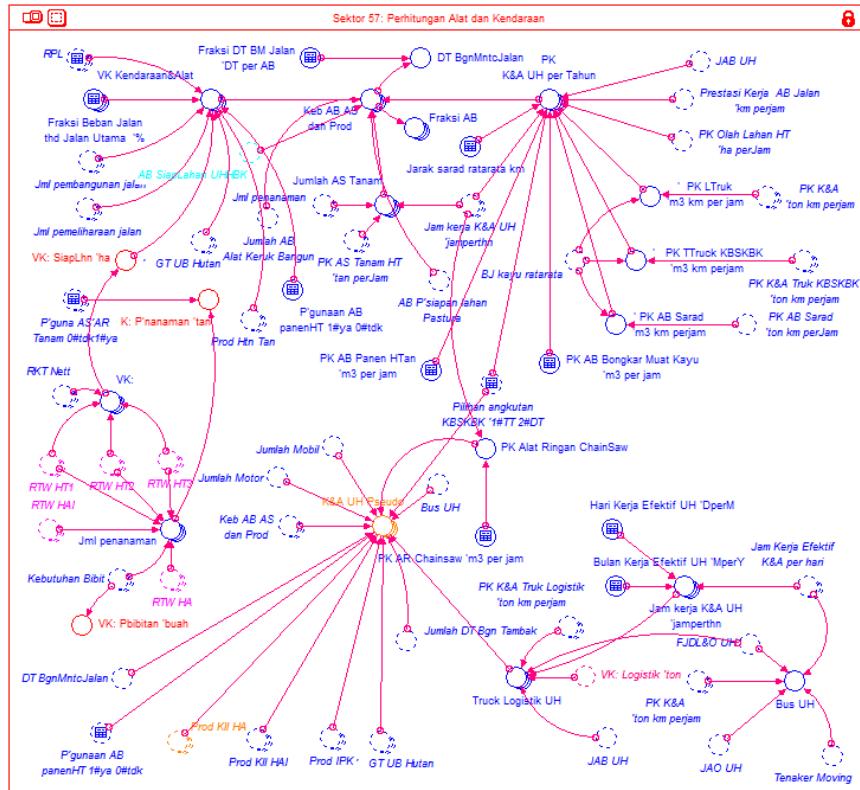
- Kendaraan angkutan orang

Variabel antara untuk perhitungan jumlah kebutuhan kendaraan mobil dan motor cukup sederhana, yaitu berdasarkan variabel fraksi kebutuhan mobil untuk jumlah komisaris, direktur dan manajer ( $Frac_{mobil}$ ), sementara untuk motor berdasarkan variabel fraksi kebutuhan motor untuk jumlah supervisor, sehingga jumlah kebutuhan mobil dan motor ( $JK\&A_{mobil,t}$ ;  $JK\&A_{motor,t}$ ) pada tahun ke-*t* adalah :

$$JK\&A_{mobil,t} = \frac{JTK_{kom-dir-man,t}}{Frac_{mobil}} ; JK\&A_{motor,t} = \frac{JTK_{superV,t}}{Frac_{motor}}$$

Selanjutnya, jika  $JAO_{bis}$  adalah beban rata-rata pulang-pergi angkutan tenaga kerja dari barak ke tempat kerja per hari kerja,  $SKK\&A_{Bis}$  adalah SOP kecepatan bis,  $JKE_{Bis}$  adalah jam kerja efektif bis per hari,  $JTKFrac_{mov}$  adalah jumlah tenaga kerja bergerak tiap hari dan  $KA_{Bis}$ , maka jumlah kebutuhan bis karyawan pada tahun ke-*t* ( $JK\&A_{Bis,t}$ ) adalah fungsi pembulatan;

$$JK\&A_{Bis,t} = round \left( \left( \frac{(JTK_t \times JTKFrac_{mov})}{SKK\&A_{Bis} \times JKE_{Bis}} \right) \times \frac{JAO_{bis} \times KA_{Bis}}{0} \right)$$



Gambar 72 Sektor model 57: peta formulasi jumlah alat dan kendaran

- Kendaraan angkutan barang

Angkutan barang meliputi angkutan log (*LT*), angkutan kayu bulat sedang dan kayu bulat kecil, angkutan material, bahan dan BBM (*TT* atau *DT*). Pilihan jenis kendaraan untuk angkutan selain kayu log barang ke-*j* dikodefikasi dengan rumus logika matematika: *if pilihan K&A<sub>j</sub> = 1 then TT else DT*

Selanjutnya, jika  $KRB_i$  adalah kapasitas ruang bagasi,  $FRB_{ABrg-i,j}$  adalah fraksi ruang bagasi,  $SKK\&A_{ABrg-i,j}$  adalah SOP kecepatan,  $JKED_{ABrg-i}$  adalah jam kerja efektif per hari dan  $HKE_i$  adalah hari kerja efektif per tahun, maka prestasi kerja kendaraan ke-*i* (*LT*, *TT* dan *DT*) untuk penyelesaian beban kerja angkutan barang ke-*j* per tahun ( $PKK\&A_i$ ) adalah

$$PKK\&A_{ABrg-i,j} \\ = KRB_{ABrg-i} \times FRB_{ABrg-i,j} \times SKK\&A_{ABrg-i,j} \times JKED_{ABrg-i} \times HKE_{ABrg-i}$$

Sementara itu, beban kerja kendaraan ke-*i* untuk angkutan barang ke-*j* pada tahun ke-*t* ( $BKABrg_{i,j,t}$ ) adalah perkalian dari volume beban angkutan ke-*j* pada tahun ke-*t* ( $VBA_{j,t}$ ) dan jarak angkutan rata-rata barang ke-*j* ( $JAB_j$ ):

$$BKABrg_{i,j,t} = VBA_{j,t} \times JAB_j$$

Sehingga demikian, jumlah kebutuhan kendaraan angkutan barang ke-*i* pada tahun ke-*t* ( $JK\&A_{AB-i,t}$ ) adalah fungsi pembulatan :

$$JK\&A_{ABrg-i,t} = \text{round}\left(\left(\frac{BKABrg_{i,j,t}}{PKK\&A_{i,j}}\right), 0\right)$$

- Alat produksi

Alat produksi meliputi alat pembangunan/pemeliharaan jalan, pengolahan lahan, alat tanam, alat panen dan bongkar muat dari jenis *dozer*, *skidder*, *grader*, *excavator*, *chainsaw*, dan lain-lain. Alat dikelompokkan dalam 3 kelompok jenis, yaitu alat berat (AB), alat sedang (AS) dan alat ringan (AR). Pengelompokan dilakukan berdasarkan beban operasional kerja, dimana alat dozer, grader, skidder dan ekskavator dikelompokkan sebagai alat berat sementara chainsaw dikelompokkan sebagai alat ringan. Alat lain dengan variasi dan modifikasi yang beragam (sebagai contoh alat tanam, alat panen pengolahan) diklasifikasikan berdasarkan harga pembelian, dimana harga pembelian >Rp.1 miliar dikelompokkan sebagai alat berat, Rp. 100 jt – 1 miliar sebagai alat sedang dan lebih kecil dari Rp. 100 juta sebagai alat ringan. Pengklasifikasi untuk jenis ini dilengkapi dengan kodefikasi dan rumus logika matematika berikut:

$$\text{if } K\&A_i = 1 \text{ then AB else if } K\&A_i = 2 \text{ then AS else AR}$$

Formulasi mengikuti rumus dasar rasio beban kerja dan prestasi kerja sesuai dengan jenis satuan beban kerja masing-masing, uraiannya sebagai berikut:

- Alat berat bangun jalan

Dalam sub-sub unit ini diformulasikan semua jenis jalan di semua unit kelola kawasan. Variabel satuan beban kerja jalan adalah panjang jalan, fraksi pemeliharaan dan fraksi beban. Jika  $PPJ_{i,m,t}$  adalah panjang pengadaan dan  $FPJ_{i,m}$  adalah fraksi pemeliharaan jalan di unit kelola k-i untuk jenis jalan ke-m (utama/koridor, cabang dan ranting), maka volume panjang pengadaan dan pemeliharaan jalan jenis ke-m pada tahun ke-t ( $PPPJ_{m,t}$ ) adalah:

$$PPPJ_{m,t} = \sum_{i=1}^n PPJ_{i,m,t} \times (1 + FPJ_m)$$

Selanjutnya jika  $FBJ_m$  adalah fraksi jalan ke-m terhadap jalan utama, maka beban kerja jalan pada tahun ke-t ( $BKJ_t$ ) adalah :

$$BKJ_t = \sum_{m=1}^4 PPPJ_{m,t} \times FBJ_m$$

Jika  $PKK\&A_{AB/DT\ jalan}$  adalah prestasi kerja alat berat (AB) dan *dump truck* (DT) dalam penyelesaian beban kerja pengadaan/pemeliharaan jalan per tahun, maka jumlah kebutuhan alat berat jalan pada tahun ke-t ( $JK\&A_{AB\ jalan,t}$ ) adalah fungsi pembulatan:

$$JK\&A_{AB/DT\ jalan,t} = \text{round}\left(\left(\frac{BKJ_t}{PKK\&A_{AB/DT\ jalan}}\right), 0\right)$$

- Alat penebangan, pemanenan, ekstraksi dan bongkar muat HHK

Jenis alat ke-*i* meliputi alat berat, sedang dan ringan. Antara lain *chainsaw* sebagai alat ringan penebangan hutan alam dan atau hutan tanaman, *feller buncher* sebagai alat berat/sedang penebangan hutan tanaman (jika keputusan menggunakan *feller buncher*), *dozer/skidder* sebagai alat berat ekstraksi kayu dan *wheel loader* sebagai alat bongkarmuat kayu.

Variabel beban kerja dalam kelompok alat ini adalah volume kayu pada tahapan produksi ke-*j* ( $BKK_j$ ), dimana *j* adalah penebangan, pemanenan, ekstraksi dan bongkar muat. Jika  $PKK\&A_{PK-i}$  adalah prestasi kerja alat per jam,  $JKED_{PK-i}$  adalah jam kerja efektif per hari dan  $HKE_{PK-i}$  adalah hari kerja efektif per tahun, maka prestasi kerja alat produksi ke-*i* untuk penyelesaian beban kerja pada tahapan ke-*j* per tahun ( $PKK\&A_{PK-i,j}$ ) adalah

$$PKK\&A_{PK-i,j} = PKK\&A_{PK-i} \times JKED_{PK-i} \times HKE_{PK-i}$$

Dan jika  $BKK_{j,t}$  adalah beban kerja alat pada tahapan produksi ke-*j* dan tahun ke-*t*, maka jumlah kebutuhan alat produksi kayu jenis ke-*i* pada tahapan ke-*j* dan tahun ke-*t* ( $JK\&A_{PK-i,j,t}$ ) adalah angka pembulatan dari rasio beban kerja dibagi prestasi kerja :

$$JK\&A_{PK-i,t} = \sum_{j=1}^n \text{round}\left(\left(\frac{BKK_{j,t}}{PKK\&A_{PK-i,j}}\right), 0\right)$$

- Alat berat pengolahan lahan

Variabel beban kerja alat berat pengolahan lahan adalah luas lahan, khusus luas hutan tanaman sub-sub unit ke-*i* (hutan tanaman 1, 2 dan 3) ( $BLK_{Ol-i}$ ), sehingga jumlah luas lahan sebagai beban kerja olah lahan pada tahun ke-*t* ( $BKL_t$ ) adalah:

$$BKL_t = BLK_{HT1,t} + BLK_{HT2,t} + BLK_{HT3,t}$$

Jika  $PKK\&A_{Ol}$  adalah prestasi kerja alat olah lahan per jam,  $JKED_{Ol}$  adalah jam kerja efektif per hari dan  $HKE_{Ol}$  adalah hari kerja efektif per tahun, maka jumlah kebutuhan alat berat untuk pengolahan lahan pada tahun ke-*t* ( $JK\&A_{Ol,t}$ ) adalah fungsi pembulatan:

$$JK\&A_{Ol,t} = \text{round}\left(\left(\frac{BKL_t}{PKK\&A_{Ol}}\right), 0\right)$$

- Alat berat/sedang/ringan penanaman

Variabel beban kerja alat penanaman adalah keputusan penggunaan alat, jenis alat (berat/sedang/ringan) serta luas penanaman dan jumlah bibit tanaman per ha, khusus untuk unit kelola hutan tanaman. Pilihan keputusan penggunaan alat dan jenis alat di formulasi dengan pendekatan logika matematika :

$if \ KPK\&A_{AT-i} = 1 \ then \ KJK\&A_{AT-i} \ else \ 0;$   
 $if \ KJK\&A_{AT-i} = 1 \ then \ AB \ else \ if \ KJK\&A_{AT-i} = 2 \ then \ AS \ else \ AR;$

Jika  $JT_{HT-i}$  adalah jumlah tanaman per ha dan  $BLT_{HT-i,t}$  adalah jumlah luas tanam hutan tanaman ke- $i$  pada tahun ke- $t$ , maka jumlah tanaman sebagai beban kerja alat tanam pada tahun ke- $t$  ( $BKT_{j,t}$ ) adalah

$$BKT_t = \sum_{i=1}^n (BLT_{HT-i,t} \times JT_{HT-i})$$

Jika prestasi kerja alat tanam untuk penyelesaian beban kerja penanaman hutan tanaman ke- $i$  ( $PKK\&A_{AT-i,j}$ ), adalah

$$PKK\&A_{PK-i,j} = BKT_t \times JKED_{PK-i} \times HKE_{PK-i}$$

Dan jika  $PKK\&A_{AT-i}$  adalah prestasi kerja alat tanam per jam,  $JKED_{AT}$  adalah jam kerja efektif per hari dan  $HKE_{AT}$  adalah hari kerja efektif per tahun, maka jumlah kebutuhan alat penanaman pada tahun ke- $t$  ( $JK\&A_{AT,t}$ ) adalah fungsi pembulatan:

$$JK\&A_{AT,t} = round\left(\left(\frac{BKT_t}{PKK\&A_{AT-i,j}}\right), 0\right)$$

- Alat lain HHK

Alat lain meliputi pompa, genset, habis pakai dan alat tulis kantor (ATK). Variabel beban kerja kelompok alat ini adalah jumlah air sumber, jumlah beban kwh listrik, produk dan tenaga kerja. Uraianya sebagai berikut

- Pompa

$VKAS$  adalah volume kebutuhan air sumber sebagai satuan beban kerja air yang dipompaan per hari dan  $TVKAS_t$  dan total volume kebutuhan air sumber pada tahun ke- $t$ . Jika  $DP$  adalah daya pompa volume air per detik (liter/detik) mesin pompa dan  $JKED_{Pompa}$  adalah jam kerja efektif pompa per hari dan  $HKE_{Pompa}$  adalah hari kerja efektif per tahun, maka prestasi kerja mesin pompa memompa air sumber dalam satuan kiloliter per tahun ( $PKK\&A_{Pompa}$ ) adalah :

$$PKK\&A_{Pompa} = \frac{DP \times 3600}{1000} \times JKED_{Pompa} \times HKE_{Pompa},$$

Sehingga, kebutuhan pompa pada tahun ke- $t$  ( $JK\&A_{Pompa,t}$ ) adalah fungsi pembulatan :

$$JK\&A_{Pompa,t} = round\left(\left(\frac{TVKAS_t}{PKK\&A_{Pompa}}\right), 0\right)$$

- Genset

$TKListrik_t$  adalah total konsumsi kilowatt pada tahun ke- $t$ . Jika  $DG$  adalah daya genset menghasilkan  $k$  kilo volt ampere (KVA) per jam, dimana satu KVA setara dengan  $l$  kilowatt,  $JKED_{Genset}$  adalah jam kerja efektif pompa

per hari dan  $HKE_{Genset}$  adalah hari kerja efektif per tahun, maka prestasi kerja mesin genset menghasilkan daya listrik dalam satuan Kwh per tahun ( $PKK\&A_{Genset}$ ) adalah :

$$PKK\&A_{Genset} = m \times l \times JKED_{Genset} \times HKE_{Genset},$$

Sehingga, kebutuhan alat genset pada tahun ke-t ( $JK\&A_{Genset,t}$ ) adalah fungsi pembulatan :

$$JK\&A_{Genset,t} = \text{round}\left(\left(\frac{TKListrik_t}{PKK\&A_{Genset}}\right), 0\right)$$

- Habis pakai

Alat habis pakai adalah peralatan pendukung masing-masing kegiatan dalam volume kecil, seperti cangkul, parang, alat ukur pohon dan lain-lain. Karena jumlah jenisnya sangat banyak dan variatif, alat ini tidak didefinisikan secara detail per jenis alat, namun dikelompokkan dalam satuan paket. Pengelompokan ini memiliki fungsi tujuan menghasilkan satu variabel harga pembiayaan. Perhitungannya didekati dengan variabel antara ( $VA$ ), yaitu variabel yang mencirikan karakter usaha dan beban kerja sepanjang waktu di unit kelola tersebut ( $BKVA_i$ ). Total produksi kayu digunakan sebagai VA untuk unit kelola kelola hutan alam dan hutan alam intensif, sementara itu, jumlah tanaman sebagai VA untuk unit kelola hutan tanaman. Formulasinya adalah sebagai berikut.

Jika  $FP_{ATK-i}$ , adalah  $BKVA_{i,t=1}$  unit kelola ke-i pada tahun ke-1 sebagai faktor pembagi dan  $BKVA_{i,t}$  nilai beban kerja unit kelola ke-i pada tahun ke-t maka jumlah satuan paket alat habis pakai adalah fungsi pembulatan:

$$JK\&A_{HP,t} = \sum_{i=1}^n \text{round}\left(\left(\frac{BKVA_{i,t}}{FP_{ATK-i}}\right), 0\right)$$

- ATK

Variabel antara yang digunakan sebagai pendekatan faktor pembagi adalah jumlah tenaga kerja, jika  $FP_{ATK} = JTK_{t=1}$  dimana jika  $JTK_{t=1}$  dan  $JKT_t$  adalah jumlah tenaga kerja pada tahun ke-1 dan tahun ke-t, maka jumlah paket ATK pada tahun ke-t ( $JK\&A_{ATK,t}$ ) adalah fungsi pembulatan :

$$JK\&A_{ATK,t} = \text{round}\left(\left(\frac{JKT_t}{FP_{ATK}}\right), 0\right)$$

Berdasarkan uraian pendefinisian per jenis alat dan kendaraan tersebut, maka jumlah kebutuhan kendaraan alat dan kendaraan untuk unit kelola HHK pada tahun ke-t adalah tabulasi dari semua rincian alat, diformulasikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} JK\&A_{HHK-i,t} = & JK\&A_{mobil,t} \cup JK\&A_{Bis,t} \cup JK\&A_{ABrg-i,t} \cup JK\&A_{AB/DTJalan,t} \\ & \cup JK\&A_{PK-i,t} \cup JK\&A_{Ol,t} \cup JK\&A_{AT,t} \cup JK\&A_{Pompa,t} \\ & \cup JK\&A_{Genset,t} \cup JK\&A_{HP,t} \cup JK\&A_{ATK,t} \end{aligned}$$

Berdasarkan informasi kebutuhan tersebut, kecuali untuk jenis habis pakai dan ATK, maka dapat diformulasikan jumlah pengadaan kendaraan dan alat ( $JK\&AP'adaan_{HHK-i,t}$ ) berdasarkan dua pendekatan berikut, yaitu:

- Peningkatan kebutuhan, jika kebutuhan pada tahun ke-t lebih banyak dari kebutuhan pada tahun sebelumnya (t-1), maka jumlah pengadaan kendaraan pada tahun ke-t ( $JK\&APenambahan_{HHK-i,t}$ ) diformulasikan berdasarkan rumus :

$$JK\&APenambahan_{HHK-i,t} = JK\&A_{HHK-i,t} - JK\&A_{HHK-i,(t-1)}$$

- Peremajaan, jika  $UPK\&A_i$  adalah umur pakai kendaraan dan alat ke-i, maka pengadaan baru untuk menggantikan kendaraan dan alat lama (peremajaan) ( $JK\&APeremajaan_{HHK-i,t}$ ) diformulasikan berdasarkan rumus logika matematika :

$$JK\&APeremajaan_{HHK-i,t}:$$

$$if \ mod(time, UPK\&A_i) \ then \ 0 \ else \ JK\&A_{HHK-i,(t-UPK\&A_i)}$$

- Sehingga :

$$\begin{aligned} & JK\&AP'adaan_{HHK-i,t} \\ &= JK\&APenambahan_{HHK-i,t} + JK\&APeremajaan_{HHK-i,t} \end{aligned}$$

Informasi tersebut sekaligus dapat diformulasikan jumlah lelang kendaraan dan alat ( $JK\&ALelang_{HHK-i,t}$ ) berdasarkan dua pendekatan berikut, yaitu:

- Pengurangan kebutuhan, jika kebutuhan pada tahun ke-t lebih sedikit dari kebutuhan pada tahun sebelumnya (t-1), maka jumlah pengurangan kendaraan pada tahun ke-t ( $JK\&APengurangan_{HHK-i,t}$ ) diformulasikan berdasarkan rumus :

$$JK\&APengurangan_{HHK-i,t} = JK\&A_{HHK-i,(t-1)} - JK\&A_{HHK-i,t}$$

- Sisa peremajaan, adalah sama dengan jumlah kendaraan lama hasil peremajaan sehingga :

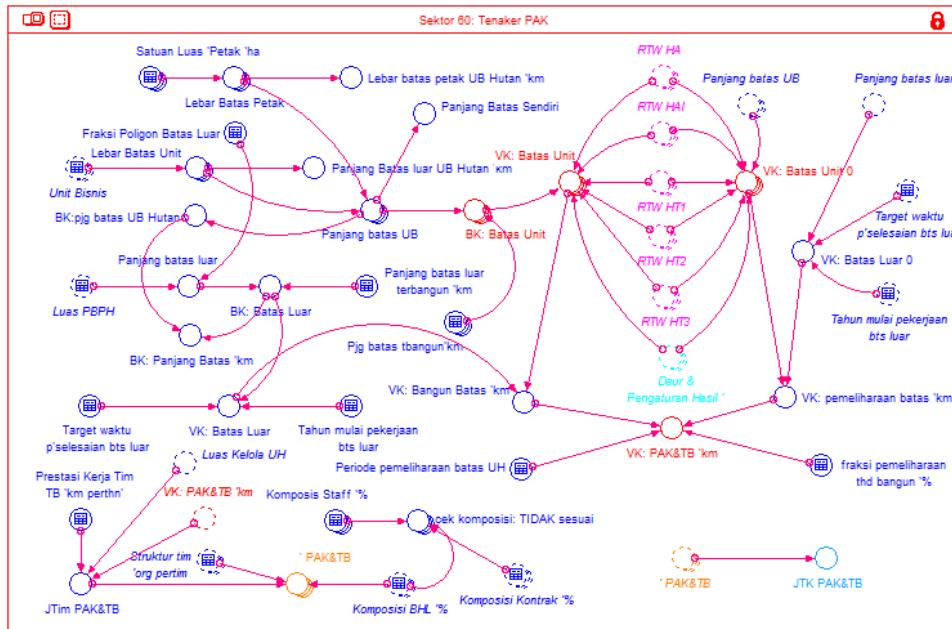
$$\begin{aligned} & JK\&ALelang_{HHK-i,t}: \\ &= JK\&APengurangan_{HHK-i,t} + JK\&APeremajaan_{HHK-i,t} \end{aligned}$$

#### d. Sub-sub model tenaga kerja unit kelola HHK

Pendefinisian dan fomulasi sub-sub model tenaga kerja di unit kelola hasil hutan kayu diurai dalam 8 sektor model dan menyediakan 138 ruang data input. Dua sektor diantaranya disajikan pada Gambar 73 dan 74. Konsep pikir dan penggunaan rumus pendekatan yang menjelaskan keterhubungan antar variable dalam pendefinisian dan formulasi tenaga kerja yang dijelaskan dalam sub bab ini mewakili pendefinisian dan formulasi model tenaga kerja di sub model HHBK, peternakan, perikanan, jasa lingkungan dan hortikultura.

Konsep pikir dan penggunaan rumus pendekatan yang menjelaskan keterhubungan antar variable dalam pendefinisian dan formulasi tenaga kerja yang

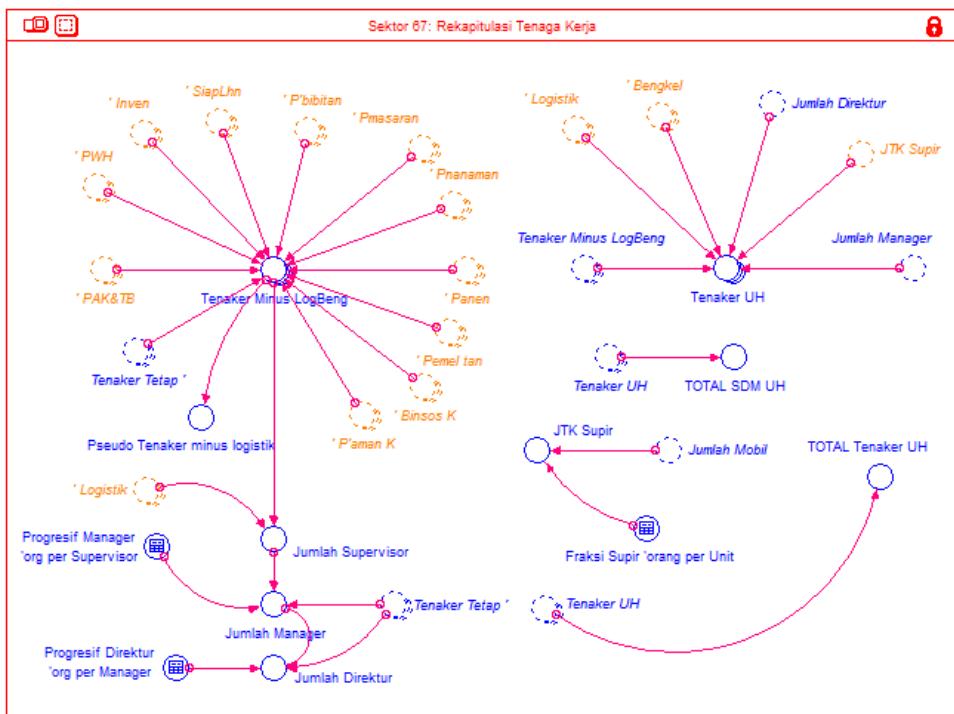
dijelaskan mewakili pendefinisian dan formulasi model tenaga kerja di sub model HHBK, peternakan, perikanan, jasa lingkungan dan hortikultura.



Gambar 73 Sektor model 60: peta formulasi tenaga kerja PAK

Pendefinisan dan formulasi tenaga kerja HHK ini memiliki fungsi tujuan untuk mendetailkan kebutuhan tenaga kerja secara berjenjang, yaitu berdasarkan :

- Tenaga kerja tetap dan tidak tetap. Tenaga kerja tetap adalah jumlah kebutuhan tenaga kerja yang tidak terpengaruh dengan penambahan beban kerja karena pengembangan usaha sesuai perubahan waktu. Sebaliknya, tenaga kerja tidak tetap adalah jumlah kebutuhan tenaga kerja yang terpengaruh dengan penambahan/pengurangan jenis dan beban kerja karena pengembangan usaha sesuai perubahan waktu. Dalam hal ini, tenaga kerja tetap adalah variabel keputusan yang ditetapkan oleh perencana, sementara tenaga kerja tidak tetap dipengaruhi oleh variabel-variabel terkait beban kerja dan keputusan target/prestasi kerja penyelesaian pekerjaan.
- Jenis pekerjaan, adalah pemerincian data tenaga kerja sesuai bidang dan jenis pekerjaan yang ditimbulkan oleh pilihan jenis dan metode usaha. Fungsi tujuan dari pemerincian ini adalah menyediakan informasi yang detil sebagai bahan evaluasi dan efisiensi dalam pengambilan keputusan penetapan prestasi kerja. Jenis-jenis pekerjaan yang diinformulasikan di sub unit kelola HHK ini adalah sebanyak 14 jenis, yaitu: penataan petak&batas, pembukaan wilayah hutan, inventarisasi, penyiapan lahan, pembibitan, penanaman, pemeliharaan, pemanenan, pengamanan, pemasaran, bina desa, logistik, bengkel dan supir.
- Golongan pekerja berdasarkan jenjang jabatan dan penggajian, adalah pemerincian data tenaga kerja berdasarkan jenjang jabatan sebagai variabel luaran yang dapat dipanggil untuk perhitungan biaya gaji, tunjangan, bonus dan jaminan hari tua. Jenjang jabatan dibagi dalam 7 jenjang jabatan, yaitu komisaris, direktur, manajer, supervisor, staf, kontrak dan buruh harian lepas.



Gambar 74 Sektor model 67: peta formulasi rekapitulasi tenaga kerja

Proses diawali dengan pendefinisian jumlah komisaris serta jumlah direksi, manajer, supervisor dan staff tetap pada  $k$  kelompok bidang (perizinan&tata usaha, perencanaan, keuangan, produksi, dan pemasaran) dan  $j$  jenjang pekerjaan diformulasikan sebagai  $JTK_{Tetap-k,j}$ . Jika tahun mulai kegiatan unit kelola hasil hutan kayu adalah  $TMK_{HHK}$ , maka jumlah tenaga kerja tetap ( $JTK_{Tetap,j}$ ) adalah :

$$JTK_{Tetap-j,t} = \text{if } time \geq TMK_{HHK} \sum_{k=1}^n JTK_{Tetap-k,j}$$

Selanjutnya pendefinisian dan formulasi tenaga kerja tidak tetap. Proses diawali mendefinisi dan me-formulasikan prestasi kerja dan beban kerja untuk jenis pekerjaan teknis ke- $i$  pada tahun ke- $t$ . Format rumus pendugaan yang digunakan adalah angka optimis prestasi kerja tim kerja ( $PKtim_i$ ) dalam penyelesaian beban kerja pekerjaan ke- $i$  pada tahun ke- $t$  ( $BK_{i,t}$ ) untuk menghitung jumlah tim kerja ke- $i$  pada tahun ke- $t$  ( $JT_{i,t}$ ) sebagai berikut:

$$JT_{i,t} = \frac{BK_{i,t}}{PKtim_i}$$

Tim didefinisikan sebagai variabel yang memuat keputusan terkait jumlah anggota tim dalam komposisi ke- $j$  jenjang jabatan tenaga kerja untuk jenis pekerjaan ke- $i$  ( $KT_{i,j}$ ); yang masing-masing terdiri dari 1 supervisor ( $FT_{i,j=4} = 1$ ) serta staff, kontrak dan buruh dengan fraksi komposisi ke- $j$  dalam satuan persetase ( $FT_{i,j \geq 2}$ ), dimana  $FT_{i,j=5} + F_{i,j=6} + FT_{i,j=7} = 100$ . Sebagai contoh, jika 1 tim kerja ke- $i$  terdiri dari 12 tenaga kerja dengan fraksi komposisi staff:kontrak:buruh adalah 20:30:50, maka 1 tim dapat didefinisikan terdiri dari 1 supervisor, 2 staf, 3 tenaga kontrak dan 6 orang buruh harian lepas. Formulasinya diuraikan sebagai berikut:

$$KT_{i,j} = 1 \text{ spv} \cup \text{round} \left( \left( \sum_{j=2}^n KT_{i,j \geq 5} - 1 \right) \times FT_{i,j \geq 5}, 0 \right)$$

atau dengan uraian rumus formulasi:

$$KT_{i,j} = KT_{i,j=4} \cup \text{round} \left( \left( \sum_{j=2}^n KT_{i,j \geq 5} - 1 \right) \times FT_{i,j \geq 5}, 0 \right)$$

Berdasarkan formulasi dan beban kerja pekerjaan ke-i pada tahun ke-t ( $BK_{i,t}$ ) tersebut, maka jumlah kebutuhan tenaga kerja berdasarkan jenjang jabatan tenaga kerja ke-j untuk penyelesaian pekerjaan ke-i pada tahun ke-t ( $JTK_{i,j,t}$ ) adalah:

$$JTK_{i,j,t} = JTK_{i,j=4,t} \cup \left( JT_{i,t} \times \text{round} \left( \left( \sum_{j=4}^7 KT_{i,j \geq 5} - 1 \right) \times FT_{i,j \geq 5}, 0 \right) \right)$$

Dengan pemerincian:

- Jumlah tenaga kerja teknis supervisor ( $JTK_{i,j=4,t}$ ) adalah :

$$JTK_{i,j=4,t} = JT_{i,t}$$

- Jumlah tenaga kerja teknis staff, kontrak dan buruh ( $JTK_{i,j \geq 2,t}$ ) adalah fungsi pembulatan :

$$JTK_{i,j \geq 5,t} = JT_{i,t} \times \text{round} \left( \left( \sum_{j=5}^7 KT_{i,j \geq 5} - 1 \right) \times FT_{i,j \geq 5}, 0 \right)$$

Untuk selanjutnya, uraian langkah formulasi tersebut diringkas berdasarkan formulasi berikut:

$$JTK_{i,j \geq 4,t} = \frac{BK_{i,t}}{PKtim_i} \times KT_{i,j \geq 4}$$

Pendefisian dan formulasi diatas adalah format dasar pendefinisian dan formulasi untuk semua jenis pekerjaan tidak tetap untuk jenjang jabatan supervisor, staff, kontrak dan buruh di semua unit kelola. Beberapa pengembangan, khususnya untuk pendefinisian yang memerlukan formulasi model-antara akan dijelaskan lebih lanjut pada sub bab masing-masing.

Formulasi disesuaikan dengan pendefinisian satuan beban dan prestasi kerja masing-masing jenis pekerjaan teknis, dengan rincian:

- Beban kerja dalam satuan luas (ha), meliputi jenis pekerjaan inventarisasi, penyiapan lahan dan pengamanan. Variabel-variabel ini telah diformulasikan dalam sub model RPL sebagai variabel rencana penggunaan lahan tahunan (RKT) dan sub-sub model metode sebagai variabel tata waktu inventarisasi, penyiapan lahan dan pengamanan.

Jika  $LRKT_{i,t}$  adalah luas rencana kerja tahunan untuk jenis pekerjaan ke-i pada tahun ke-t dan didefinisikan sebagai beban kerja IPP ke-i (inventarisasi, penyiapan lahan dan pengamanan) ( $BK_{IPP-i,t}$ ) dan  $PKtim_{IPP-i}$  adalah prestasi kerja tim IPP ke-i (termasuk operator alat berat/sedang pengolahan lahan); maka jumlah kebutuhan tenaga kerja IPP berdasarkan jenjang jabatan ke-j pada tahun ke-t ( $JTK_{IPP-j \geq 4,t}$ ) diformulasikan sebagai berikut :

$$JTK_{IPP-i,j \geq 4,t} = \frac{BK_{IPP-i,t}}{PKtim_{IPP-i}} \times KT_{IPP-i,j \geq 4}$$

- Beban kerja dalam satuan volume kayu (m<sup>3</sup>), meliputi jenis pekerjaan pemanenan dan pemasaran. Variabel-variabel ini telah diformulasikan dalam sub model metode sebagai variabel potensi tebangan dan produksi kayu.

Jika  $PHHK_{i,t}$  adalah potensi tebangan dan  $HHK_{i,t}$  adalah hasil hutan kayu bersih yang diperoleh dari unit kelola ke-i (hutan alam, hutan alam intensif, hutan tanaman dan *land-clearing* lahan budidaya) dan didefinisikan sebagai beban kerja PP ke-i (pemanenan dan pemasaran) ( $BK_{PP-i,t}$ ) serta  $PKtim_{PP-i}$  adalah prestasi kerja tim PP ke-i, maka jumlah kebutuhan tenaga kerja PP berdasarkan jenjang jabatan ke-j pada tahun ke-t ( $JTK_{PP-i,j \geq 4,t}$ ) diformulasikan sebagai berikut :

$$JTK_{PP-i,j \geq 4,t} = \frac{BK_{PP-i,t}}{PKtim_{PP-i}} \times KT_{PP-i,j \geq 4}$$

Sebagai catatan, tenaga kerja dengan spesialis khusus, yaitu penebang (*chainsaw-man*) dan operator alat berat *dozer/skidder* ekstraksi kayu dan *wheel loader* bongkar muat kayu tidak didefinisikan/diikutkan dalam komposisi tim pemanenan dan pemasaran. Formulasinya terpisah dan dijelaskan pada jenis beban kerja satuan khusus.

- Beban kerja dalam satuan panjang (km), meliputi jenis pekerjaan pembukaan wilayah hutan (pengadaan & pemeliharaan jalan) serta penataan petak dan tata batas (pengadaan & pemeliharaan batas).

Jika  $PPPJ_{m,t}$  adalah panjang pengadaan dan pemeliharaan jalan jenis ke-m pada tahun ke-t yang diformulasikan di sub model RPL dan selanjutnya diformulasikan lanjut di sub-sub model kendaraan alat sebagai beban kerja jalan ( $BK_{PWH,t}$ ) dan  $PKtim_{PWH}$  adalah prestasi kerja tim PWH per tahun (termasuk operator alat berat jalan), maka jumlah kebutuhan tenaga kerja pembukaan wilyah hutan berdasarkan jenjang jabatan ke-j pada tahun ke-t ( $JTK_{PWH,j \geq 4,t}$ ) diformulasikan sebagai berikut :

$$JTK_{PWH,j \geq 4,t} = \frac{BK_{PWH,t}}{PKtim_{PWH}} \times KT_{PWH,j \geq 4}$$

Sementara itu, beban kerja tata batas di formulasi dengan pendekatan variabel antara keliling dari satuan luas kawasan, unit kelola (blok) dan petak. Jika  $TLL$  adalah total luas kawasan, dan  $FPoly$  adalah fraksi polygon maka panjang batas luar ( $PBL$ ) adalah:

$$PBL = \frac{\sqrt{TLL} \times 4}{10} \times FPoly$$

Fraksi poligon adalah pendekatan bentuk ruang kawasan dimana semakin mendekati bentuk bujursangkar maka angka fraksi mendekati 1. Konstanta 10 adalah konversi hectometer ke kilometer.

Selanjutnya, jika  $k$  adalah waktu pelaksanaan penandaan batas luar dan  $l$  adalah target waktu penyelesaian, maka beban kerja penataan batas luar pada tahun ke- $t$  ( $BK_{PBL,t}$ ) adalah:

$$BK_{PBL,t} = \text{if } time \geq k \text{ and } time < k + l \text{ then } \frac{PBL}{l} \text{ else } 0$$

Dan jika  $LP_{unit-i,j}$  adalah rencana luas petak unit ke- $i$  petak ke- $j$  serta  $LBU_i = \frac{\sqrt{LRPL_{unit-i}}}{10} \times FPoly_{unit-i}$  dan  $LBP_{i,j} = \frac{\sqrt{LP_{unit-i,j}}}{10}$  adalah pendekatan lebar batas unit dan lebar batas petak, maka panjang batas dalam unit ke- $i$  ( $PBD_{unit-i}$ ) adalah :

$$PBD_i = LBU_i + \frac{2(LBU_i^2)}{LBP_{i,j}}$$

selanjutnya, jika  $D_i$  adalah daur atau rencana jumlah petak dan  $TMK_i$  adalah tahun mulai kegiatan unit kelola ke- $i$ , maka beban kerja penataan batas dalam unit kelola ke- $i$  pada tahun ke- $t$  ( $BK_{PBD-i,t}$ ) adalah:

$$BK_{PBD-i,t} = \text{if } time \geq TMK_i \text{ and } time < TMK_i + D_i \text{ then } \frac{PBD_i}{D_i} \text{ else } 0$$

Sehingga demikian, beban kerja penataan batas pada tahun ke- $t$  ( $BK_{PAK&TB,t}$ ) adalah :

$$BK_{PAK&TB,t} = BK_{PBL,t} + \sum_{i=1}^n BK_{PBD-i,t}$$

Sehingga, kebutuhan tenaga kerja penataan dan tata batas batas berdasarkan jenjang jabatan ke- $j$  pada tahun ke- $t$  ( $JTK_{PAK&TB,j \geq 4,t}$ ) diformulasikan sebagai berikut :

$$JTK_{PAK&TB,j \geq 4,t} = \frac{BK_{PAK&TB,t}}{PKtim_{PAK&TB}} \times KT_{PAK&TB,j \geq 4}$$

- Beban kerja dalam satuan berat, meliputi jenis pekerjaan pengadaan dan distribusi logistik. Logistik meliputi semua jenis material dan bahan ke- $i$  yang diformulasikan di sub model material dan alat, yaitu pupuk, bahan bakar minyak, 10 bahan pokok makanan, ransum plus alat/bahan habis pakai dan ATK.

Jika  $JLog_t = \sum_{i=1}^n JLog_{i,t}$  adalah jumlah pengadaan dan distribusi logistic ke- $j$  pada tahun ke- $t$  dan didefinisikan sebagai beban kerja logistic  $BK_{Log,t}$ ,  $PKtim_{Log}$  adalah prestasi kerja tim logistik per tahun, maka jumlah kebutuhan tenaga kerja logistic berdasarkan jenjang jabatan ke- $j$  pada tahun ke- $t$  ( $JTK_{Log,j,t}$ ) adalah:

$$JTK_{Log,j \geq 4,t} = \frac{BK_{Log,t}}{PKtim_{Log}} \times KT_{Log,j \geq 4}$$

- Beban kerja dalam satuan khusus, meliputi jenis pekerjaan penebangan pohon, operator alat berat *dozer/skidder* (ekstraksi log) dan *wheel loader* bongkar muat, bina desa, bengkel dan supir mobil serta operator kendaraan angkutan barang (LT, TT, DT). Jumlah kebutuhan tenaga kerja di kelompok pekerjaan dengan satuan khusus ke-*i* pada tahun ke-*t* ini didefinisikan sebagai  $JTK_{SK-i,j,t}$ . Uraian adalah sebagai berikut:

- *Chainsaw-man*; jika  $PK_{CM_D-i}$  adalah volume tebangan kayu per jam,  $JKED_{CM-i}$  adalah jam kerja efektif per hari dan  $HKE_{CM-i}$  adalah hari kerja efektif per tahun penebang kayu (*chainsaw-man*) pada kelola ke-*i* (hutan alam, hutan alam intensif, tanaman dan *landclearing*), maka prestasi kerja *chainsaw-man* ( $PK_{CM-i}$ ) adalah

$$PK_{CM-i} = PK_{CM_D-i} \times JKED_{CM-i} \times HKE_{CM-i},$$

dan jika 1 adalah kode pilihan keputusan pemanenan kayu ( $kpk_i$ ) secara manual oleh *chainsawman* dan 2 oleh alat berat/sedang untuk sejumlah beban kerja pemanenan kayu pada tahun ke-*t* di unit kelola ke-*i* ( $BK_{PP-i,t}$ ), maka beban kerja *chainsaw-man* ( $BK_{CM-i,t}$ ) diinformulasikan dengan rumus logika matematika :

$$BK_{CM-i,t} = \text{if } kpk_i = 1 \text{ then } BK_{PP-i,t} \text{ else } 0$$

Selanjutnya, jika  $K_{CM-i,j}$  adalah distribusi tenaga kerja berdasarkan jenjang jabatan ke-*j*, maka jumlah tenaga kerja *chainsaw-man* pada tahun ke-*t* dan jenjang jabatan ke-*j* ( $JTK_{CM,j \geq 4,t}$ ) adalah

$$JTK_{CM,j \geq 4,t} = \sum_{i=1}^n \frac{BK_{CM-i,t}}{PK_{CM-i}} \times K_{CM,j \geq 4}$$

- Operator; jika  $JK\&A_{i,t}$  jumlah kendaraan dan alat didefinisikan sebagai beban kerja operator dan supir ( $BK_{Ope-i,t}$ ) untuk jenis kendaraan dan alat yang meliputi mobil ( $JK\&A_{mobil,t}$ ), bis ( $JK\&A_{Bis,t}$ ), angkutan barang ( $JK\&A_{ABrg-i,t}$ ) dan alat berat ekstraksi dan bongkar muat ( $JK\&A_{PK-i,t}$ ) serta  $RA_i$  adalah rasio kebutuhan operator per alat ke-*i* ( $ROA_i$ ), maka jumlah tenaga kerja operator pada tahun ke-*t* dan jenjang jabatan ke-*j* ( $JTK_{Ope,j \geq 4,t}$ ) adalah

$$JTK_{Ope,j \geq 4,t} = \sum_{i=1}^n BK_{Ope-i,t} \times ROA_i \times K_{Ope,j \geq 4}$$

- bina desa, jika  $BK_{Bindes}$  adalah jumlah beban kerja desa yang masuk dalam program bina desa,  $RT_{Bindes}$  adalah rasio jumlah desa dalam satu binaan tim serta  $KT_{Bindes-j}$  adalah komposisi tenaga kerja bina desa pada jenjang jabatan ke-*j*, serta  $TM_{Bindes}$  adalah tahun mulai kegiatan bina desa, maka jumlah tenaga kerja bina desa ( $JTK_{Bindes,j,t}$ ) adalah

$$JTK_{Bindes,j \geq 4,t} = \text{if } time \geq TM_{Bindes} \text{ then } \left( \text{round} \left( \frac{BK_{Bindes}}{RT_{Bindes}}, 0 \right) \times K_{Bindes-j \geq 4} \right) \text{ else } 0$$

- bengkel, jika persentase  $stock-opname (STOK\&A_i)$  dari jumlah kendaraan dan alat ke- $i$  pada tahun ke- $t$  ( $JK\&A_{i,t}$ ) didefinisikan sebagai beban kerja tim pembengkelan untuk perbaikan ( $BK_{Beng-i,t}$ ) serta  $PKtim_{Beng-i}$  adalah prestasi kerja tim kerja bengkel, maka jumlah tenaga kerja perbengkelan pada tahun ke- $t$  berdasarkan jenjang jabatan ke- $j$  ( $JTK_{Beng,j \geq 4,t}$ ) adalah:

$$JTK_{Beng,j \geq 4,t} = \frac{BK_{Beng-i,t}}{PKtim_{Beng-i}} \times K_{Beng,j \geq 4}$$

Pendefinisan dan formulasi tenaga kerja hingga tahap ini dapat ditabulasi dengan formulasi sebagai jumlah tenaga kerja pseudo ( $JTK_{Pseu-j,t}$ ) adalah:

$$\begin{aligned} JTK_{Pseu-j,t} = & JTK_{Tetap,j} \cup JTK_{IPP-i,j \geq 4,t} \cup JTK_{PP-i,j \geq 4,t} \cup JTK_{PWH,j \geq 4,t} \\ & \cup JTK_{PAK\&TB,j \geq 4,t} \cup JTK_{Log,j \geq 4,t} \cup JTK_{CM,j \geq 4,t} \\ & \cup JTK_{Ope,j \geq 4,t} \cup JTK_{Bindes,j \geq 4,t} \cup JTK_{Beng,j \geq 4,t} \end{aligned}$$

Untuk formulasi distribusi tenaga kerja yang sesuai dengan struktur organisasi, maka didefinisikan tenaga kerja progresif untuk jenjang manajer dan direktur, dimana jika  $RProg_{MS}$  adalah rasio 1 manager terhadap  $m$  supervisor dan  $RProg_{DM}$  adalah rasio 1 direktur terhadap  $n$  supervisor, maka jumlah progresif manajer ( $JTK_{Prog-j=3}$ ) dan direktur ( $JTK_{Prog-j=2}$ ) diformulasikan sebagai berikut:

$$JTK_{Prog-j=3} :$$

$$if \frac{JTK_{Pseu-j=4,t}}{RProg_{MS}} > JTK_{Pseu-j=3,t} \text{ then } JTK_{Pseu-j=3,t} - round\left(\frac{JTK_{Pseu-j=4,t}}{RProg_{MS}}, 0\right) \text{ else } 0$$

$$JTK_{Prog-j=2} :$$

$$\begin{aligned} if \frac{(JTK_{Pseu-j=2,t} + JTK_{Prog-j=3})}{RProg_{DM}} &> (JTK_{Pseu-j=2,t} + JTK_{Prog-j=3}) \text{ then} \\ (JTK_{Pseu-j=2,t} + JTK_{Prog-j=3}) - round\left(\frac{(JTK_{Pseu-j=2,t} + JTK_{Prog-j=3})}{RProg_{DM}}, 0\right) &\text{ else } 0 \end{aligned}$$

Sehingga demikian, jumlah tenaga kerja pada tahun ke- $t$  sesuai jenjang jabatan ke- $j$  ( $JTK_{HHK-j,t}$ ) dan total jumlah tenaga kerja (SDM) unit kelola HHK ( $JTK_{HHK,t}$ ) adalah :

$$\begin{aligned} JTK_{HHK-j,t} = & JTK_{Pseu-j,t} \cup JTK_{Prog-j=2} \cup JTK_{Prog-j=3}; \\ JTK_{HHK,t} = & \sum_{j=1}^7 JTK_{HHK-j,t} \end{aligned}$$

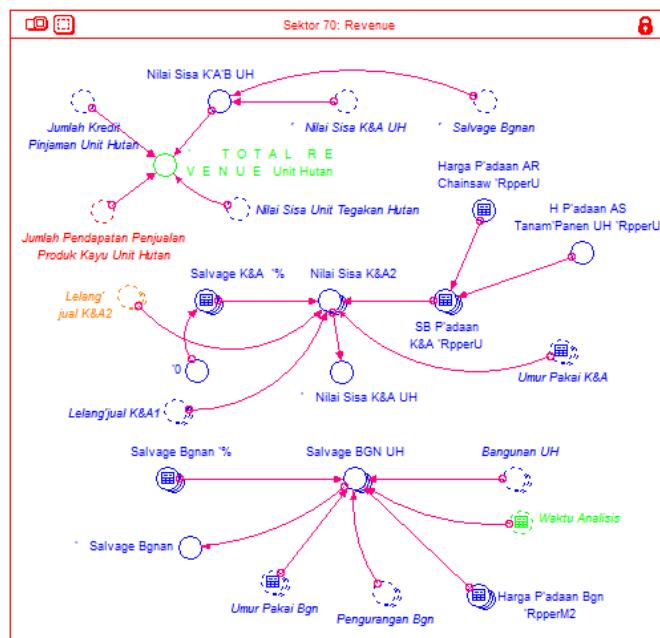
#### e. Sub sub model kelayakan usaha HHK

Pendefinisan dan fomulasi sub-sub model kelayakan usaha di unit kelola hasil hutan kayu diurai dalam 13 sektor model dan menyediakan 324 ruang data input. Konsep pikir dan penggunaan rumus pendekatan yang menjelaskan keterhubungan antar variable juga digunakan dalam pendefinisian dan formulasi sub-sub model kelayakan usaha di semua unit kelola lainnya. Pendefinisan dan formulasi ini memiliki fungsi tujuan untuk memerinci, mengolah dan menyajikan

informasi kebutuhan biaya dan peroleh pendapatan per satuan waktu ke-t serta kelayakan usaha pada rentang waktu analisis ke-u. Uraian sebagai berikut:

e.1 Pendapatan, didefinisikan dalam 63 ruang data input yang diformulasikan dalam 6 sektor model. Pendapatan dikelompokkan dalam 4 komponen pendapatan pada tahun ke-t, yaitu jumlah perolehan hutang (pemodalank;  $JB_{Htg\ HHK,t}$ ), penjualan hasil produksi ( $JB_{HP\ HHK,t}$ ), nilai sisa alat, kendaraan dan bangunan (*salvage-JB<sub>Salv\ HHK,t</sub>*) dan nilai sisa proyek - $JB_{SP\ HHK,t}$ ). Sehingga demikian, jumlah perolehan pendapatan di unit kelola hasil hutan kayu pada tahun ke-t ( $JB_{HHK,t}$ ) adalah :

$$JB_{HHK,t} = JB_{Htg\ HHK,t} + JB_{HP\ HHK,t} + JB_{Salv\ HHK,t} + JB_{SalvA\ HHK,t}$$



Gambar 75 Sektor model 70: peta formulasi rekapitulasi pendapatan

- *Perolehan hutang (pemodalank)*

Perolehan hutang atau pemodalank usaha adalah variabel keputusan yang memuat pemerincian hutang. Di keseluruhan model disediakan 7 kelompok jenis hutang, yaitu kelola hasil hutan kayu (2), hasil hutanbukan kayu (1), peternakan (1), perikanan (1), hortikultura (1) dan jasa lingkungan (1). Masing-masing kelompok menyediakan 6 ruang data input, meliputi tahun perolehan, nominal, jangka waktu pengembalian, penundaan pengembalian (*grace period*), bunga dan skema pengembalian. Jika  $B_{Htg-i,t}$  adalah nominal hutang ke-i pada tahun perolehan ke-t unit kelola HHK, maka jumlah perolehan pendapatan (*benefit*) dari hutang di unit HHK ( $JB_{Htg-HHK,t}$ ) adalah:

$$JB_{Htg\ HHK,t} = \sum_{n=1}^2 B_{Htg-i,t}$$

- *Penjualan hasil produksi*

Jika  $PHHK_{k,l,t}$  yang diformulasikan pada sub-sub unit RPL dan material adalah jumlah produksi hasil hutan kayu dan  $SH_{HHK-k,l}$  adalah satuan harga jual hasil hutan kayu jenis ke-k pada ukuran ke-l maka jumlah pendapatan penjualan hasil kayu pada tahun ke-t adalah :

$$JB_{HP\ HHK,t} = \sum_{k,l=1,1}^n PHHK_{k,l,t} \times SH_{HHK-k,l}$$

- *Nilai sisa kendaraan dan alat (salvage)*

Jika  $JK\&ALelang_{HHK-i,t}$  adalah jumlah kendaraan dan alat yang dilelang,  $K\&A_{Salv-i}$  adalah nilai sisa (*salvage*) dalam satuan % dan  $K\&A_{Harga-i}$  adalah harga pembelian kendaraan dan alat ke-i, maka nilai sisa kendaraan dan alat pada tahun ke-t dalam waktu proyek ( $JB_{Salv,t}$ ) adalah:

$$JB_{Salv,t} = \sum_{i=1}^n JK\&ALelang_{HHK-i,t} \times K\&A_{Harga-i} \times K\&A_{Salv-i}$$

- *Nilai sisa akhir proyek*

Selanjutnya, nilai sisa aktiva (*salvage-SalvA*) adalah nilai taksiran bangunan, kendaraan, alat dan tegakan tanaman pada tahun ke-u akhir proyek. Nilai sisa kendaraan, alat dan bangunan dihitung berdasarkan taksiran nilai sisa bangunan dalam satuan %. Jika  $JK\&A_{HHK-i,t=u}$  dan  $LRB_{HHK-i,t=u}$  adalah jumlah kendaraan, alat dan bangunan pada tahun ke-u akhir proyek dan  $K\&A_{SalvA-i}$  dan  $LRB_{SalvA-i}$  adalah nilai taksiran kendaraan, alat dan bangunan serta  $LRB_{Harga-i}$  adalah harga satuan pengadaan ruang bangunan; maka nilai sisa kendaraan, alat dan bangunan pada tahun ke-u akhir proyek adalah :

$$JB_{SalvA-K\&A\ HHK,t} = \sum_{i=1}^n JK\&A_{HHK-i,t=u} \times K\&A_{Harga-i} \times K\&A_{SalvA-i}$$

$$JB_{SalvA-LRB\ HHK,t} = \sum_{i=1}^n LRB_{HHK-i,t=u} \times LRB_{Harga-i} \times LRB_{SalvA-i}$$

Sementara itu, nilai sisa tegakan tanaman ( $PNW_{t=u}$ ) pada tahun ke-u akhir proyek diformulasi berdasarkan penjumlahan dari nilai total pendapatan bersih tegakan kayu dan atau hasil hutan bukan kayu pada umur rotasi ke-w ( $NR_w$ ) dengan nilai harapan lahan didiskonto. Nilai harapan lahan sendiri ditung berdasarkan diskonto dari nilai bersih yang diterima pada akhir rotasi (a) yang didiskonto pada suku bunga (r) pada umur ke-w.

$$PNW_t = \frac{NR_w + \left( \frac{a}{(1+r)^{w-1}} \right)}{(1+r)^{w-t}}$$

Untuk unit kelola HHK dimana nilai tegakan yang dihitung adalah tegakan tanaman pada sub unit kelola ke-  $i \geq 2$  (jalur tanam TPTI, hutan tanaman 1, 2 dan 3); maka rumus baku  $PNW_{t=u}$  tersebut diformulasi sebagai berikut:

- Jika  $PHHK_{i \geq 2, k, l, t} = BLK_{teb i \geq 2, t} \times V_{teb i \geq 2, k, l, t}$  adalah hasil produksi hasil hutan sub unit ke-  $i \geq 2$  pada jenis ke-k, ukuran ke-l dan tahun ke-t,  $D_i$  adalah daur/rotasi tanaman dan nilai taksiran didekati dengan  $BCR_{HHK}-1$ , maka nilai taksiran tegakan pada tahun ke-t sebelum didiskonto ( $NT_{HHK, t} = NR_W + \left( \frac{a}{(1+r)^w - 1} \right)$ ) adalah :

$$NT_{HHK-i \geq 2, t} = \text{if } time \leq u - D_{i \geq 2} \text{ then } 0 \text{ else} \\ \sum_{k=1, l=1}^n (PHHK_{i \geq 2, k, l, t} \times SH_{HHK-k, l} \times (BCR_{HHK} - 1))$$

- Selanjutnya, jika  $PNW_t = JB_{SalvA-NT HHK, u}$  diformulasi sebagai berikut:

$$JB_{SalvA-NT HHK, t} = \sum_{i=2}^4 \frac{NT_{HHK-i \geq 2, t}}{(1+r)^{D_i-t}}$$

Sehingga demikian, nilai sisa akhir proyek unit kelola HHK pada tahun ke-u adalah:

$$JB_{SalvA HHK, t} = JB_{SalvA-K&A HHK, t=u} + JB_{SalvA-LRB HHK, t=u} + JB_{SalvA-NT HHK, t=u}$$

e.2 Pembiayaan, didefinisikan dalam 256 ruang data input yang diformulasi dalam 6 sektor model. Pembiayaan dikelompokkan 10 komponen pembiayaan ke-i, meliputi pembiayaan dokumen dan perencanaan ( $JC_{HHK-DP, t}$ ), non produksi ( $JC_{HHK-NP, t}$ ), gaji ( $JC_{HHK-G, t}$ ), kendaraan dan alat ( $JC_{HHK-K&A, t}$ ), bangunan ( $JC_{HHK-BGN, t}$ ), BBM ( $JC_{HHK-BBM, t}$ ), logistic ( $JC_{HHK-LOG, t}$ ), cicilan hutang ( $JC_{CH HHK, t}$ ) dan pajak ( $JC_{PJK HHK, t}$ ). Jumlah pembiayaan ( $JC_{HHK, t}$ ) adalah :

$$JC_{HHK, t} = \sum_{i=1}^n JC_{HHK i, t}$$

- *Dokumen dan perencanaan*

Kelompok pembiayaan dokumen dan perencanaan terdiri dari 7 jenis pembiayaan, meliputi biaya dokumen PBPH, Rencana Karya Usaha (RKU), Rencana Karya Tahunan (RKT), Inventarisasi Hutan Menyeluruh Berkala (IHMB), Sertifikasi, AMDAL dan pemasaran, Masing-masing didekati dengan variable satuan biaya dan tata waktu. Satuan biaya adalah biaya rata-rata yang dikeluarkan untuk penyusunan dokumen dan perencanaan yang meliputi biaya pengumpulan data dan rapat serta penyusunan, pengusulan dan pengesahan dokumen. Kecuali biaya pemasaran dengan satuan Rp/m<sup>3</sup> volume kayu dipasarkan, jenis biaya lain menggunakan pendekatan satuan Rp/ha, dimana dokumen PBPH dan IHMB menggunakan satuan luas total PBPH serta

dokumen RKT menggunakan satuan luas RKT berikutnya dokumen RKU, sertifikasi dan AMDAL menggunakan satuan luas RPL unit kelola HHK *plus* kawasan lindung dan kawasan tidak dikelola. Variabel tata waktu meliputi tahun mulai kegiatan sub unit kelola HHK ( $TMK_{HHK}$ ), tahun mulai kegiatan ( $TMP_i$ ) serta periodesasi ( $PP_i$ ) penyusunan jenis dokumen ke-i. Tata waktu pembiayaan dokumen dan perencanaan ke-i diformulasikan sebagai ( $TWP_{DP-i,t}$ ) berikut:

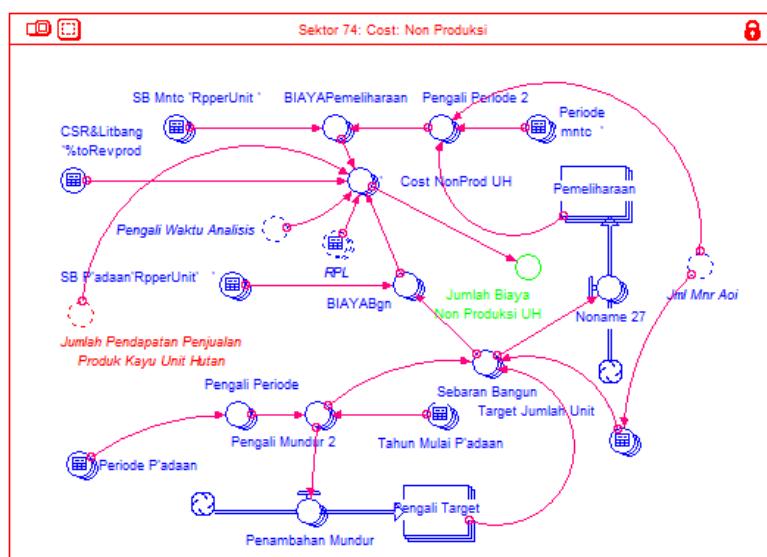
$$TWP_{DP-i,t} : \text{DELAY}((\text{if mod}(time, PP_i) \text{then } 0 \text{ else } 1), TMK_{HHK} + TMP_i)$$

Jika  $SP_{DP-i,t}$  dan  $SB_{DP-i}$  adalah satuan pembiayaan dan satuan biaya penyusunan dokumen dan perencanaan ke-i, maka jumlah pembiayaan dokumen dan perencanaan unit kelola HHK pada tahun ke-t ( $JC_{DP HHK,t}$ ) adalah :

$$JC_{HHK-DP,t} = \sum_{i=1}^n (SP_{DP-i,t} \times SB_{DP-i} \times TWP_{DP-i,t})$$

- *Non produksi*

Kelompok pembiayaan non produksi adalah variable keputusan yang tidak terikat langsung dengan aktifitas produksi. Jenis-jenis pembiayaan ini identik dengan pemenuhan prasyarat dan peningkatan citra dan perfoma, meliputi 6 jenis pembiayaan, yaitu biaya pengadaan citra, CSR, tegakan benih (TB), kawasan pelestarian plasma nutfah (KPPN). Sektor model seperti disajikan pada Gambar 76.



Gambar 76 Sektor model 74: peta formulasi pembiayaan non produksi

Pembiayaan pengadaan citra meliputi biaya pengadaan dan analisis citra dalam satuan paket dan formulasi tata waktu yang sama dengan kelompok pembiayaan dokumen, dimana jika  $TWP_{NP-citra,t}$  adalah tata waktu

pengadaan sesuai periode waktu pengadaan dan  $SB_{NP-citra}$  adalah satuan biaya, maka biaya pengadaan citra pada tahun ke-t ( $JC_{NP\ HHK-citra,t}$ ) adalah:

$$JC_{NP\ HHK-citra,t} = SB_{NP-citra} \times TWP_{NP-citra,t}$$

Formulasi sederhana lain dari kelompok pembiayaan non produksi adalah pembiayaan dana sosial (*corporate social responsibility*) ( $JC_{NP\ HHK-CSR,t}$ ), didekati variable keputusan persentase alokasi pembiayaan dana sosial ( $SB_{NP-\%CSR}$ ) dari jumlah pendapatan penjualan hasil produksi ( $JB_{HHK,t}$ ), dimana :

$$JC_{NP\ HHK-CSR,t} = \frac{SB_{NP-\%CSR}}{100} \times JB_{HHK,t}$$

Formulasi 4 jenis pembiayaan lain didekati dengan fungsi tata waktu pengadaan dan pemeliharaan. Khusus untuk jenis pembiayaan pemadam api dimana 1 menara api dilengkapi dengan 1 paket pemadam api, jika jumlah menara dan tata waktu jumlah menara api telah diformulasi di sub-sub model bangunan,dimana jika  $JMA_t$  (jumlah menara api) adalah sama dengan jumlah paket pemadam api  $JPPA_{NP,t}$  serta  $SBP'adaan_{NP-PPI}$  dan  $SBPmlh_{NP-PPI}$  adalah satuan biaya pengadaan dan pemeliharaan 1 paket pemadam api, maka jumlah biaya paket pemadam api ( $JC_{NP\ HHK-PPI,t}$ ) adalah:

$$JC_{NP\ HHK-PPI,t} = ((JPPA_{NP,t} - JPPA_{NP,t-1}) \times SBP'adaan_{NP-PPI}) + (JPPA_{NP,t} \times SBPmlh_{NP-PPI})$$

Jenis pembiayaan non produksi selanjutnya ( $NP_{i \geq 4}$ : TB, KPPN dan PUP); jika  $m_{i \geq 4}$  adalah variable keputusan target jumlah  $NP_{i \geq 4}$  terbangun dengan periodesasi  $n_{i \geq 4}$ ; maka jumlah TB, KPPN dan PUP pada tahun ke-t ( $JNP_{i \geq 4,t}$ ) diformulasi melalui tahapan berikut:

- $NPPeriod_{i \geq 4,t} : \text{DELAY}((if \ mod(time, n_{i \geq 4}) \ then \ 0 \ else \ 1), TMK_{HHK} + TMNP_{i \geq 4})$
- $JNP_{i \geq 4,t} = if (NPPeriod_{i \geq 4,t} + JNP_{i \geq 4,t-1}) \leq m_{i \geq 4}$   
 $then (NPPeriod_{i \geq 4,t} + JNP_{i \geq 4,t-1}) \ else \ m_{i \geq 4}$

Sehingga demikian, jika  $JNP_{i \geq 4,t}$  adalah jumlah petak TB, KPPN dan PUP serta  $SBP'adaan_{NP-i \geq 4}$  dan  $SBPmlh_{NP-i \geq 4}$  adalah satuan biaya pengadaan dan pemeliharaan 1 petak TB, KPPN dan PUP, maka jumlah biaya jenis pembiayaan ke- $i \geq 1$  (TB, KPPN dan PUP) kelompok pembiayaan non produksi () adalah:

$$JC_{NP\ HHK-i \geq 4,t} = (NPPeriod_{i \geq 4,t} \times SBP'adaan_{NP-i \geq 4}) + (JNP_{i \geq 4,t} \times SBPmlh_{NP-i \geq 4})$$

Sehingga demikian, jumlah pembiayaan non produksi unit HHK pada tahun ke-t ( $JC_{HHK-NP,t}$ ) adalah :

$$JC_{HHK-NP,t} = JC_{NP\ HHK-citra,t} + JC_{NP\ HHK-CSR,t} + JC_{NP\ HHK-PPI,t} + JC_{NP\ HHK-i \geq 4,t}$$

- *Gaji*

Kelompok pembiayaan gaji terdiri dari 4 jenis pembiayaan, meliputi gaji dan tunjangan kesehatan (BPJS) serta bonus dan jaminan hari tua (JHT). Gaji dengan satuan pembiayaan Rp/bulan, dengan jumlah  $12+n$  bulan per tahun ( $n$  sebagai tunjangan), sementara BPJS dengan satuan rp/bulan dengan jumlah 12 bulan per tahun. Sementara itu bonus diformulasikan dengan satuan Rp terhadap jumlah produksi ( $\text{Rp}/\text{m}^3$ ). Terakhir, JHT menggunakan satuan persentase terhadap gaji dan 12 bulan per tahun. Jika  $JTK_{HHK-j,t}$  adalah jumlah tenaga kerja berdasarkan jenjang jabatan ke- $j$  pada tahun ke- $t$ ,  $SB_{G-i,j}$  adalah satuan biaya gaji jenis ke- $i$  (gaji, BPJS, bonus, JHT) pada jenjang jabatan ke- $j$  dan  $JPHHK_t$  adalah jumlah produksi hasil hutan kayu pada tahun ke- $t$ , maka jumlah biaya gaji pada tahun ke- $t$  ( $JC_{G-i,t}$ ) diformulasikan menurut tahapan berikut, jika :

$$\begin{aligned} JC_{G-i=1,t} &= \sum_{j=1}^7 (JTK_{HHK-j,t} \times (SB_{G-i=1,j} \times (12 + n))) \\ JC_{G-i=2,t} &= \sum_{j=1}^7 (JTK_{HHK-j,t} \times SB_{G-i=2,j} \times 12) \\ JC_{G-i=3,t} &= \sum_{j=1}^7 (JTK_{HHK-j,t} \times SB_{G-i=3,j} \times JPHHK_t) \\ JC_{G-i=4,t} &= \sum_{j=1}^7 (JTK_{HHK-j,t} \times \frac{SB_{G-i=1,j} \times SB_{G-i=4,j}}{100} \times 12) \end{aligned}$$

maka;

$$JC_{HHK-G,t} = JC_{G-i=1,t} + JC_{G-i=2,t} + JC_{G-i=3,t} + JC_{G-i=4,t}$$

- *Kendaraan dan alat*

Kelompok pembiayaan kendaraan dan alat terdiri dari biaya pengadaan dan pemeliharaan, sementara biaya operasional didefinisikan sebagai biaya BBM/listrik. Jika  $JK&AP'adaan_{HHK-i,t}$  yang telah diformulasikan dan  $SB_{K&A-i}$  adalah satuan biaya/harga pengadaan kendaraan dan alat ke- $i$ , maka jumlah biaya pengadaan K&A ke- $i$  pada tahun ke- $t$  ( $JC_{K&A P'adaan-i,t}$ ) adalah :

$$JC_{K&A P'adaan,t} = \sum_{i=1}^n (JK&AP'adaan_{HHK-i,t} \times SB_{K&A P'adaan-i})$$

Selanjut biaya pemeliharaan K&A adalah biaya pengadaan *spare part* dan komponen lainnya yang didekati dengan nilai taksiran % dari harga pengadaan;.  $JK&A_{HHK-i,t}$  telah diformulasikan sebelumnya sebagai jumlah K&A ke- $i$  dan tahun ke- $t$ , dan jika  $SB_{K&A Pmlr-i}$  adalah satuan biaya pemeliharaan maka jumlah biaya pemeliharaan K&A ke- $i$  pada tahun ke- $t$  ( $JC_{K&A Pmlr-i,t}$ ) adalah :

$$JC_{K\&A Pmlr,t} = \sum_{i=1}^n \left( JK\&A_{HHK-i,t} \times \left( \frac{SB_{K\&A P'adaan-i} \times SB_{K\&A Pmlr-i}}{100} \right) \right)$$

Sehingga demikian, jumlah pembiayaan kendaraan dan alat di unit kelola HHK pada tahun ke-t adalah :  $JC_{HHK-K\&A,t} = JC_{K\&A P'adaan,t} + JC_{K\&A Pmlr,t}$

- *Bangunan*

Pembiayaan bangunan meliputi pembiayaan pengadaan dan operasional tahunan. Pembiayaan pengadaan bangunan ( $JC_{BGN P'adaan,t}$ ) didekati dengan satuan biaya/harga taksiran per  $m^2$  yang meliputi biaya bahan bangunan, upah bangun dan perabotan besar ( $SB_{BGN P'adaan-i}$ ). Jika luas kebutuhan penambahan maupun renovasi ruang bangunan ke-i pada tahun ke-t ( $LRB_{P'adaan-i,t}$ ) telah diformulasikan, maka jumlah biaya pengadaan bangunan pada tahun ke-t ( $JC_{BGN P'adaan,t}$ ) adalah:

$$JC_{BGN P'adaan,t} = \sum_{i=1}^n (LRB_{P'adaan-i,t} \times SB_{BGN P'adaan-i})$$

Selanjutnya pembiayaan operasional bangunan adalah satuan biaya/harga taksiran per  $m^2$  untuk operasional non listrik bangunan ( $SB_{BGN Ope-i}$ ). Contoh diantaranya untuk perabotan kecil (sapu, tempat sampah dll) dan kebutuhan kecil harian lainnya (tisu, gula, kopi dll). Jika  $LRB_{HHK-i,t}$  telah diformulasikan sebelumnya, maka jumlah biaya operasional bangunan pada tahun ke-t ( $JC_{BGN Ope,t}$ ) adalah:

$$JC_{BGN Ope,t} = \sum_{i=1}^n (LRB_{HHK-i,t} \times SB_{BGN Ope-i})$$

Sehingga demikian, jumlah pembiayaan bangunan di unit kelola HHK pada tahun ke-t adalah :  $JC_{HHK-BGN,t} = JC_{BGN P'adaan,t} + JC_{BGN Ope,t}$

- *BBM*

Pengadaan energi penggerak dan listrik yang diformulasikan setara dengan jumlah konsumsi bahan bakar minyak ( $TKBbm_{HHK-t}$ ), jika satuan harga/biaya BBM adalah  $h$  ( $SB_{BBM}$ ) maka jumlah pembiayaan BBM di unit kelola HHK pada tahun ke-t ( $JC_{HHK-BBM,t}$ ) adalah :

$$JC_{HHK-BBM,t} = TKBbm_{HHK-t} + SB_{BBM}$$

- *Logistik*

Semua jenis bahan dan material seperti amelioran, pupuk, 10 bahan pokok makanan dan ransum kegiatan yang telah diformulasikan di sub-sub model sebelumnya ditabulasi dalam kelompok kebutuhan logistik ke-i pada tahun ke-t ( $Log_{HHK-i,t}$ ). Jika  $SB_{Log-i}$  adalah biaya/harga pengadaan logistik per 1 satuan logistic, maka jumlah pembiayaan Logistik di unit kelola HHK pada tahun ke-t ( $JC_{HHK-BBM,t}$ ) adalah :

$$JC_{HHK-LOG,t} = Log_{HHK-i,t} + SB_{Log-i}$$

- *Pajak*

Jenis dan uraian pembiayaan ini cukup beragam, yang secara ringkas dirangkum dalam formulasi dan penjelasan berikut. Salah satu contoh sektor model seperti disajikan pada Gambar 77.

Pembiayaan pajak adalah satuan biaya pengenaan pajak ke-i ( $SB_{Paj-i}$ ) terhadap jumlah objek/pengenaan pajak pada tahun ke-t ( $JOP_{Paj-i,t}$ ), sehingga jumlah pembiayaan pajak di unit kelola HHK pada tahun ke-t ( $JC_{HHK-Paj,t}$ ) adalah :

$$JC_{HHK-Paj,t} = \sum_{i=1}^n (JOP_{HHK-i,t} \times SB_{Paj-i})$$

Pendefinisian dan formulasinya untuk unit kelola hasil hutan adalah sebagai berikut:

- Jenis pajak : DR, PSDH, Iuran, Retribusi berdasarkan jenis hasil hutan kayu untuk unit kelola HHK . Untuk unit kelola lain meliputi jenis pajak pertambahan nilai (PPn) dan Dasar Pengenaan Pajak Nilai Lain (DPP Nilai Lain).

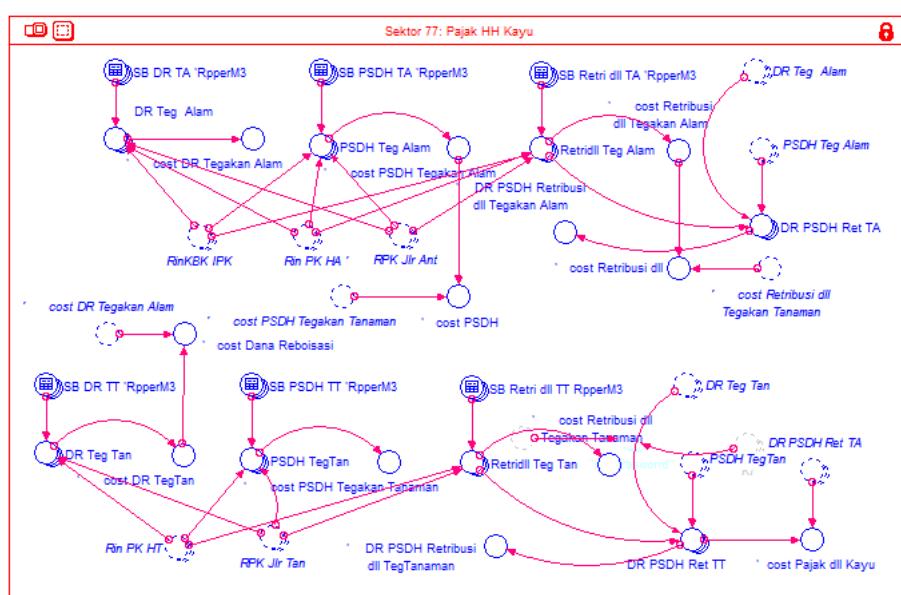
Objek pajak : Jumlah hasil hutan kayu berdasarkan per jenis ke-i (meranti, rimba campuran, rimba campuran lainnya, kayu indah, kayu dilindungi, kayu petukangan dan chip/pulp), dimana:

$$\sum_{k=1}^3 PHHK_{k,l,t} = JOP_{Kayu-i,t} .$$

Satuan biaya :Satuan biaya reboisasi ( $SB_{DR-i}$ ), provisi sumber daya hutan ( $SB_{PSDH-i}$ ), Iuran ( $SB_{Iu-i}$ ) dan retribusi ( $SB_{Ret-i}$ )

Sehingga jumlah pembiayaan jenis pajak DR adalah :

$JC_{HHK-Paj DR,t} = \sum_{i=1}^n (JOP_{Kayu-i,t} \times SB_{DR-i})$  , dan seterusnya untuk jenis pajak dalam kelompok ini (PSDH, iuran dan retribusi).



Gambar 77 Sektor model 77: peta formulasi pajak HHK

- Jenis pajak bangunan : PBB

Objek pajak : bangunan (kantor pusat,kantor site,rumah dinas dan seterunya), dimana  $LRB_{i,t} = JOP_{BGN-i,t}$

Satuan biaya : permil nilai jual objek pajak bangunan ( $PermilNJOP_{BGN-i}$ ), yang didekati dengan satuan biaya pengadaan bangunan :  $SB_{BGN-i} = PermilNJOP_{BGN-i} \times SB_{BGN\,P'adaan-i}$ , sehingga jumlah pembiayaan pajak PBB adalah:

$$JC_{HHK-PBB,t} = \sum_{i=1}^n (JOP_{BGN-i,t} \times SB_{BGN-i})$$

- Jenis pajak kendaraan : PPn dan Pajak Kendaraan Kermotor (PKB)

Objek pajak : a. Pengadaan dan lelang kendaraan & alat (mobil, motor, bis dan seterusnya), dimana  $JK&AP'adaan_{HHK-i,t} = JOP_{K&A\,PPn-i,t}$  , b. Kendaraan, dimana  $JK&A_{HHK-i,t} = JOP_{K&A\,PKB-i,t}$

Satuan biaya : a. %PPn dalam pengadaan dan lelang K&A, yang didekati dengan satuan biaya pengadaan bangunan :  $SB_{K&A\,PPn-i} = \%PPn \times K&A_{Harga-i}$ , sehingga jumlah pembiayaan pajak PBB adalah:

$$JC_{HHK-K&A\,PPn,t} = \sum_{i=1}^n (JOP_{K&A-i,t} \times SB_{PPn\,K&A-i})$$

b. PKB K&A, yang didekati dengan satuan biaya PKB kendaraan ke-i ( $SB_{K&A\,PKB-i}$ ), sehingga jumlah pembiayaan pajak PBB adalah:

$$JC_{HHK-K&A\,PKB,t} = \sum_{i=1}^n (JOP_{K&A\,PKB-i,t} \times SB_{K&A\,PKB-i})$$

Sehingga demikian, jumlah pembiayaan pajak ( $JC_{PJK\,HHK,t}$ ) adalah :

$$\begin{aligned} JC_{PJK\,HHK,t} = & JC_{HHK-Paj\,DR,t} + JC_{HHK-Paj\,PSDH,t} + JC_{HHK-Paj\,Iu,t} \\ & + JC_{HHK-Paj\,Ret,t} + JC_{HHK-PBB,t} + JC_{HHK-K&A\,PPn,t} \\ & + JC_{HHK-K&A\,PKB,t} \end{aligned}$$

- *Cicilan Hutang*

Pendefinisian dan formulasi cicilan hutang menggunakan pendekatan dua pilihan skema bunga, yaitu bunga tetap dan bunga majemuk. Yang diuraikan berikut adalah skema bunga tetap. Jika  $N_i$  adalah nominal,  $JWP_i$  adalah jangka waktu pengembalian,  $W_i$  adalah tahun berhutang,  $GP_i$  adalah penundaan pengembalian (grace periode),  $r_i$  adalah bunga hutang ke-i; maka pembayaran pembayaran cicilan hutang unit kelola HHK pada tahun ke-t ( $JC_{CH\,HHK,t}$ ) di formulasi melalui tahapan berikut:

$$CHP_i = \frac{N_i \times (1 + (r_i \times GP_i))}{JWP_i}, \text{ dimana jika } CHP_i \text{ adalah cicilan hutang pokok,}$$

$CB_i = \frac{(N_i \times (1 + (r_i \times GP_i))) \times (r_i \times JWP_i)}{JWP_i}$ , dimana jika  $CB_i$  adalah cicilan hutang, selanjutnya, jumlah biaya cicilan hutang berdasarkan tata waktu (t) pembayaran cicilan hutang ke-i di unit kelola HHK ( $JC_{HHK CH-i,t}$ ) adalah:

$$\begin{aligned} JC_{HHK CH-i,t} : & \text{ if time} > W_i + GP_i \text{ and time} \\ & \leq W_i + GP_i + JWP \text{ then } CHP_i + CB_i \text{ else } 0 \end{aligned}$$

Sehingga demikian;

$$JC_{CH HHK,t} = \sum_{i=1}^n JC_{HHK CH-i,t}$$

- e.3 Kelayakan usaha, didefinisikan dalam 5 ruang data input yang diformulasikan dalam 1 sektor model. Kelayakan usaha meliputi 4 indikator kelayakan, yaitu NPV (*net present value*), IRR (*internal rate of return*), BCR (*benefit cost rasio*) dan PBP (*payback period*).

Jika faktor diskonto nilai sekarang (*discountfactor-DF*) adalah fungsi dari  $r$  bunga analisis dan waktu ke-t :

$DF = \frac{1}{(1+r)^t}$  , maka nilai sekarang (*present value*) dari perolehan pendapatan tahun ke-t ( $PV_{JB HHK,t}$ ) dan pembiayaan tahun ke-t ( $PV_{JC HHK,t}$ ) adalah :

$$PV_{JB HHK,t} = JB_{HHK,t} \times DF ; PV_{JC HHK,t} = JC_{HHK,t} \times DF$$

Sehingga  $NPV_{HHK}$  dan  $BCR_{HHK}$  pada tahun ke-u waktu analisis adalah :

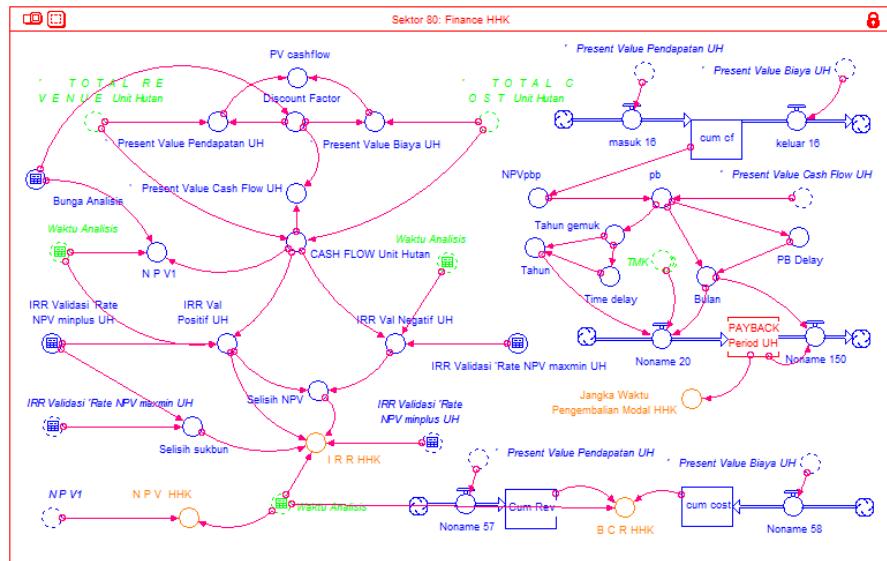
$$\begin{aligned} NPV_{HHK} &= \sum_{t=1}^u (PV_{JB HHK,t} - PV_{JC HHK,t}) \\ BCR_{HHK} &= \frac{\sum_{t=1}^u PV_{JB HHK,t}}{\sum_{t=1}^u PV_{JC HHK,t}} \end{aligned}$$

Selanjutnya, jika  $r_1$  adalah suku bunga tertinggi yang menghasilkan NPV positif mendekati 0 ( $NPV_{HHK Pos,r_1}$ ) dan jika  $r_2$  adalah suku bunga terendah yang menghasilkan NPV negatif mendekati 0 ( $NPV_{HHK Neg,r_2}$ ), maka  $IRR_{HHK}$  pada tahun ke-u waktu analisis adalah :

$$IRR_{HHK} = r_1 + \frac{NPV_{HHK Pos,r_1}}{(NPV_{HHK Pos,r_1} - NPV_{HHK Neg,r_2})} \times (r_2 - r_1)$$

Terakhir, jika  $T_t$  adalah tahun awal yang menghasilkan NPV positif, maka masa pengembalian modal unit kelola HHK ( $PBP_{HHK}$ ) adalah :

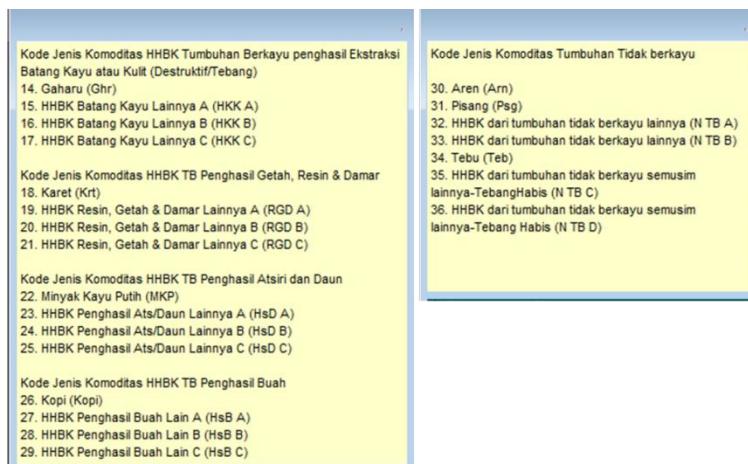
$$PBP_{HHK} = T_t + \frac{\sum_{t=1}^T (PV_{JB HHK,t} - PV_{JC HHK,t})}{(PV_{JB HHK,T_t} - PV_{JC HHK,T_t})}$$



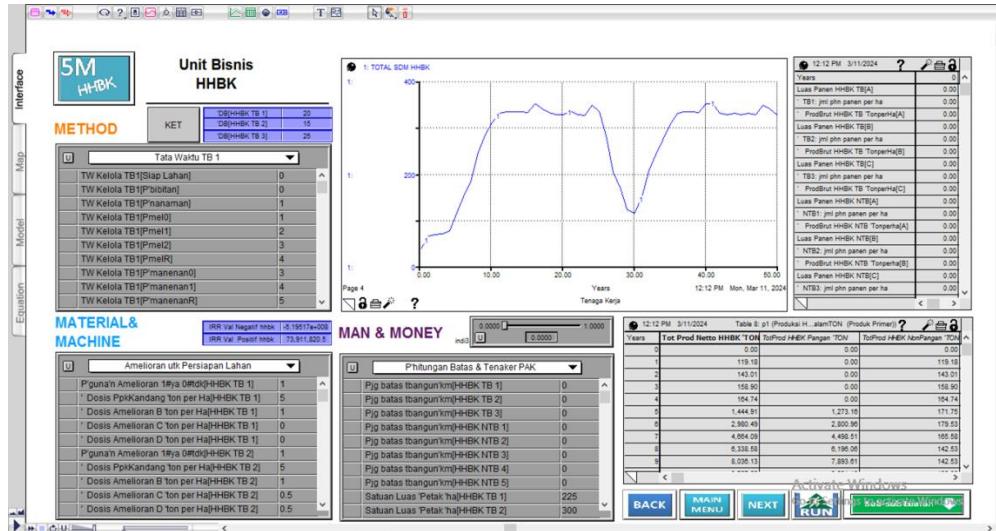
Gambar 78 Sektor model 80: peta formulasi indikator finansial

### 6.3.3.3 Sub model hasil hutan bukan kayu

Hal yang sama dengan sub model HHK, sub model hasil hutan bukan kayu (HHBK) berikut sub model sub model peternakan, perikanan, hortikultura dan jasa lingkungan mendefinisi dan men-formulasikan variabel-variabel keputusan terkait metode, material, bangunan, kendaraan dan alat, tenaga kerja dan kelayakan usaha. Formulasi di sub model HHBK ini lebih kompleks karena menghimpun pilihan keputusan budidaya sesuai karakter tanaman dan bagian tanaman yang dipanen serta pengaturan panen dan pengolahan hasil yang spesifik berbeda. Meliputi kelompok hhbk tumbuhan berkayu dan tidak berkayu serta pengelompokan hhbk penghasil zat ekstraksi, getah, resin, damar, buah, daun dan atsiri yang tersimpan pada batang, cabang dan ranting (Gambar 79). Pendefinisian sub model HHBK diformulasi melalui 5 sub-sub model, 47 sektor model dan total 1.437 ruang data input. Proses pendefinisian dan formulasi sub model HHBK dibangun berdasarkan sistem berpikir sama dengan yang digunakan dalam membangun sub model HHK. Untuk menghindari pengulangan, uraian pada sub-sub bab berikut lebih difokuskan untuk pendefinisian dan formulasi model dengan system berpikir yang spesifik baru dan berbeda.



Gambar 79 Pilihan jenis HHBK berdasarkan kodefikasi



Gambar 80 Layar utama antar muka (*interface*) sub model HHBK.

Pengisian, pemoresan dan evaluasi data disediakan pada satu layar utama (*interface*, Gambar 80) dan 2 layar lampiran yang memuat 3 tabel dan 1 slider pengisian data; 55 tabel, 5 baris dan 5 grafik data luaran serta 7 tombol-tombol menu, informasi dan navigasi.

#### a. Sub-sub model metode unit kelola HHBK

Fungsi tujuan dari formulasi sub-sub model ini adalah untuk pemerincian metode budidaya dan pengaturan hasil panen yang sesuai dengan karakter jenis tanaman HHBK. Pemerincian ini dibangun dalam 17 sektor model dan 481 ruang data input untuk menerima data masukan dan kemudian mengolahnya menjadi informasi-informasi utama terkait tata waktu dari beban kerja masing-masing jenis pekerjaan serta proyeksi hasil produksi masing-masing jenis komoditas yang diusahakan pada setiap tahun ke-t. Ruang data input yang cukup besar tersebut disediakan untuk menampung kemungkinan adanya pilihan keputusan usaha dengan 2 atau lebih jenis komoditas, baik kelompok tanaman HHBK berkayu (disediakan dalam 3 kelompok data input) maupun kelompok tanaman HHBK tidak berkayu (disediakan dalam 5 kelompok data input).

Pendefinisan dan formulasi dimulai dengan mengklasifikasikan tanaman berdasarkan teknik panennya, apakah bersifat destruktif atau tidak destruktif. Contoh tanaman dengan panen destruktif antara lain gaharu, tebu, kulit manis dan jenis lain yang pemanenan hasilnya mengharuskan tindakan penggantian tanaman baru. Metode budidaya untuk sub-unit kelola HHBK jenis komoditas ke-i dengan teknik panen destruktif ini meliputi jenis/tahapan kegiatan ke-j, yaitu: siap lahan, pembibitan, penanaman, pemeliharaan tahun 0, pemeliharaan tahun 1, pemeliharaan tahun 2, pemeliharaan rutin, penjarangan, pemanenan/peremajaan tanaman. Proses dan tahapan formulasi untuk kelompok jenis panen destruktif ini adalah sama dengan formulasi model hutan tanaman.

Kelompok jenis tanaman dengan teknik panen tidak destruktif adalah tanaman dengan tahun panen majemuk berulang hingga umur peremajaan. Contoh

tanaman kelompok jenis ini adalah tanaman penghasil getah/damar, daun dan buah. Metode budidaya untuk sub-unit kelola HHBK jenis komoditas ke-*i* dengan teknik panen tidak destruktif ini meliputi jenis/tahapan kegiatan ke-*j*, yaitu: siap lahan, pembibitan, penanaman, pemeliharaan tahun 0, pemeliharaan tahun 1, pemeliharaan tahun 2, pemeliharaan rutin, pemanenan tahun 1, pemanenan tahun 2, pemanenan rutin dan peremajaan tanaman. Jika  $TW_{i,j}$  adalah tata waktu tahapan kegiatan ke-*j*,  $PP_i$  adalah jumlah petak tanam untuk pengaturan hasil panen,  $DP_i$  adalah daur peremajaan dan  $TMK_i$  adalah tahun mulai kegiatan, serta  $PD_{i,1} = DP_i$ ,  $PD_{i,2} = 2 \times DP_i \dots PD_{i,n} = n \times DP_i$  adalah periode daur dimana  $n \cong u/DP_i$  maka tata waktu pelaksanaan jenis/tahapan kegiatan ke-*j* di formulasi sebagai berikut:

- Faktor pengali kehadiran kegiatan penyiapan/olah lahan ( $FP_{HHBK-i,OL,t}$ ) dan beban kerja penyiapan/pengolahan lahan ( $BK_{HHBK-i,OL,t}$ ) unit kelola HHBK ke-*i* pada tahun ke-*t* adalah :

$$\begin{aligned} FP_{HHBK-i,OL,t} &= \text{DELAY} \left( ( \text{if } time \geq TW_{i,OL} \text{ and } time \leq PP_i + TW_{i,OL} \text{ or } time \right. \\ &\quad \geq TW_{i,OL} + PD_{i,1} \text{ and } time \leq PP_i + TW_{i,OL} + PD_{i,1} \text{ or } time \\ &\quad \geq TW_{i,OL} + PD_{i,2} \text{ and } time \leq PP_i + TW_{i,OL} + PD_{i,2} \dots \text{ or } time \\ &\quad \geq TW_{i,OL} + PD_{i,n} \text{ and } time \\ &\quad \left. \leq PP_i + TW_{i,OL} + PD_{i,n} \text{ then } 1 \text{ else } 0 ), TMK_i, 0 \right) \end{aligned}$$

$$BK_{HHBK-i,OL,t} = FP_{HHBK-i,OL,t} \times RKT_i$$

dimana  $RKT_i$  adalah luas rencana kerja tahunan unit kelola ke-*i*

- Jika  $FP_{HHBK-i,Bibit,t} = \text{DELAY}(FP_{HHBK-i,OL,t}, (TW_{i,Bibit} - TW_{i,OL}))$  adalah faktor pengali kehadiran kegiatan penyiapan bibit,  $JT_i$  dan  $LT_i$  adalah jarak dan lebar tanam tanaman serta  $\%Sul_i$  adalah persentase penyulaman, maka beban kerja kegiatan penyiapan bibit atau jumlah kebutuhan bibit jenis ke-*i* pada tahun ke-*t* ( $BK_{HHBK-i,bibit,t}$ ) adalah :

$$\begin{aligned} BK_{HHBK-i,bibit,t} &= (FP_{HHBK-i,Bibit,t} \times JT_i \times LT_i \times RKT_i) \\ &\quad + (FP_{HHBK-i,Bibit,t-1} \times JT_i \times LT_i \times RKT_i) \end{aligned}$$

- Jika  $FP_{HHBK-i,tn,t} = \text{DELAY}(FP_{HHBK-i,OL,t}, (TW_{i,tn} - TW_{i,OL}))$  adalah faktor pengali kehadiran kegiatan penanaman berikut peremajaan, maka beban kerja kegiatan penanaman/peremajaan atau jumlah tanaman jenis ke-*i* pada tahun ke-*t* yang ditanam ( $BK_{HHBK-i,bibit,t}$ ) adalah :

$$\begin{aligned} BK_{HHBK-i,tn,t} &= (FP_{HHBK-i,tn,t} \times JT_i \times LT_i \times RKT_i) \\ &\quad + (FP_{HHBK-i,tn,t-1} \times JT_i \times LT_i \times RKT_i) \end{aligned}$$

- Untuk menampung pemerincian tindakan pemupukan berdasarkan dosis yang berbeda, kegiatan pemeliharaan dibagi dalam 4 jenis/tahapan pemeliharaan, yaitu pemeliharaan tahun 0 (P0), pemeliharaan tahun 1 (P1), pemeliharaan tahun 2 (P2), pemeliharaan rutin (PR). P0, P1 dan P2 termasuk kegiatan tahun tunggal, sementara PR adalah kegiatan tahun majemuk, dimana beban kerja tahun ke-*t* adalah pertambahan beban kerja berjalan dan beban kerja petak baru

hingga maksimum petak ke-n dikurangi petak peremajaan. Jika  $FP_{HHBK-i,PO,t} = FP_{HHBK-i,tn,t}$ ,  $FP_{HHBK-i,P1,t} = \text{DELAY}(FP_{HHBK-i,PO,t}, 1)$   $FP_{HHBK-i,P2,t} = \text{DELAY}(FP_{HHBK-i,PO,t}, 2)$  adalah faktor pengali kehadiran kegiatan P0, P1, dan P2, maka beban kerja kegiatan pemeliharaan berdasarkan jumlah tanaman jenis ke-i pada tahun ke-t yang mendapatkan perlakuan P0 ( $BK_{HHBK-i,PO,t}$ ), P1 ( $BK_{HHBK-i,P1,t}$ ) dan P2 ( $BK_{HHBK-i,P2,t}$ ) adalah :

$$\begin{aligned} BK_{HHBK-i,PO,t} &= (FP_{HHBK-i,PO,t} \times JT_i \times LT_i \times RKT_i) \\ BK_{HHBK-i,P1,t} &= (FP_{HHBK-i,P1,t} \times JT_i \times LT_i \times RKT_i) \\ BK_{HHBK-i,P2,t} &= (FP_{HHBK-i,P2,t} \times JT_i \times LT_i \times RKT_i) \end{aligned}$$

Sementara itu, jika faktor pengali peremajaan tanaman ( $FP_{HHBK-i,Prm,t}$ ) adalah  $\text{DELAY}((FP_{HHBK-i,tn,t}), DP_i)$  yaitu penanaman kembali paska periode daur/umur peremajaan ( $DP_i$ ) dan  $TW_{i,PR}$  adalah tata waktu pemeliharaan rutin, maka faktor pengali pemeliharaan rutin ( $FP_{HHBK-i,PR,t}$ ) adalah fungsi stok berikut:

$$\begin{aligned} \text{Inflow} &= \text{DELAY}(FP_{HHBK-i,tn,t}, TW_{i,PR}, 0) \\ \text{Outflow} &= FP_{HHBK-i,Prm,t} \\ FP_{HHBK-i,PR,t} &= PR(t - dt) + (\text{Inflow} - \text{Outflow}) * dt \end{aligned}$$

Selanjutkan jika  $\%KP_i$  adalah persentase tanaman hidup paska penanaman, beban kerja kegiatan pemeliharaan rutin berdasarkan jumlah tanaman jenis ke-i pada tahun ke-t yang mendapatkan perlakuan pemeliharaan rutin ( $BK_{HHBK-i,PR,t}$ ) adalah :

$$BK_{HHBK-i,PR,t} = (FP_{HHBK-i,PR,t} \times JT_i \times LT_i \times RKT_i \times \%KP_i)$$

- Untuk menampung pemerincian produksi berdasarkan umur panen, produktifitas tanaman dalam menghasilkan hasil produksi (panen) dibagi dalam 5 jenis/tahapan panen, yaitu panen pada tahun pertama umur panen ( $TW_{i,Pn\ 0}$ ), panen pada tahun kedua umur panen ( $TW_{i,Pn\ 1}$ ), panen dengan produktifitas yang cenderung sama (rutin) pada tahun ketiga hingga 2 tahun sebelum peremajaan ( $TW_{i,Pn\ R}$ ), panen pada 2 tahun sebelum peremajaan ( $TW_{i,Pn\ R+1}$ ) dan panen pada 1 tahun sebelum peremajaan ( $TW_{i,Pn\ R+2}$ ).

Jika umur panen tanaman HHBK ke-i ( $UmP_i$ ) adalah  $TW_{i,Pn\ 0}$  dan umur peremajaan tanaman HHBK ke-i ( $UmPr_i$ ) adalah  $TW_{i,Prm}$  maka:

$$\begin{aligned} FP_{HHBK-i,Pn\ 0,t} &= \text{DELAY} \left( \left( \text{if } time \geq TW_{i,Pn\ 0} \text{ and } time \leq PP_i + TW_{i,Pn\ 0} \text{ or } time \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \geq TW_{i,Pn\ 0} + PD_{i,1} \text{ and } time \leq PP_i + TW_{i,Pn\ 0} + PD_{i,1} \text{ or } time \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \geq TW_{i,Pn\ 0} + PD_{i,2} \text{ and } time \leq PP_i + TW_{i,Pn\ 0} + PD_{i,2} \dots \text{ or time} \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \geq TW_{i,Pn\ 0} + PD_{i,n} \text{ and } time \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \leq PP_i + TW_{i,Pn\ 0} + PD_{i,n} \text{ then } 1 \text{ else } 0 \right), TMK_i, 0 \right) \\ FP_{HHBK-i,Pn\ 1,t} &= \text{DELAY}(FP_{HHBK-i,Pn\ 0,t}, 1, 0) \\ FP_{HHBK-i,Pn\ R+1,t} &= \text{DELAY}(FP_{HHBK-i,Pn\ 0,t}, (UmPr_i - UmP_i - 2), 0) \end{aligned}$$

$$FP_{HKBK-i,PnR+2,t} = \text{DELAY}(FP_{HKBK-i,Pn0,t}, (UmPr_i - UmP_i - 1), 0)$$

Sementara itu, faktor pengali pemanenan rutin ( $FP_{HKBK-i,PnR,t}$ ) adalah fungsi stok berikut:

$$\text{Inflow} = \text{DELAY}(FP_{HKBK-i,tn,t}, TW_{i,PnR}, 0)$$

$$\text{Outflow} = FP_{HKBK-i,PnR+1,t} + FP_{HKBK-i,PnR+2,t} + FP_{HKBK-i,Prm,t}$$

$$FP_{HKBK-i,PnR,t} = PR(t - dt) + (\text{Inflow} - \text{Outflow}) * dt$$

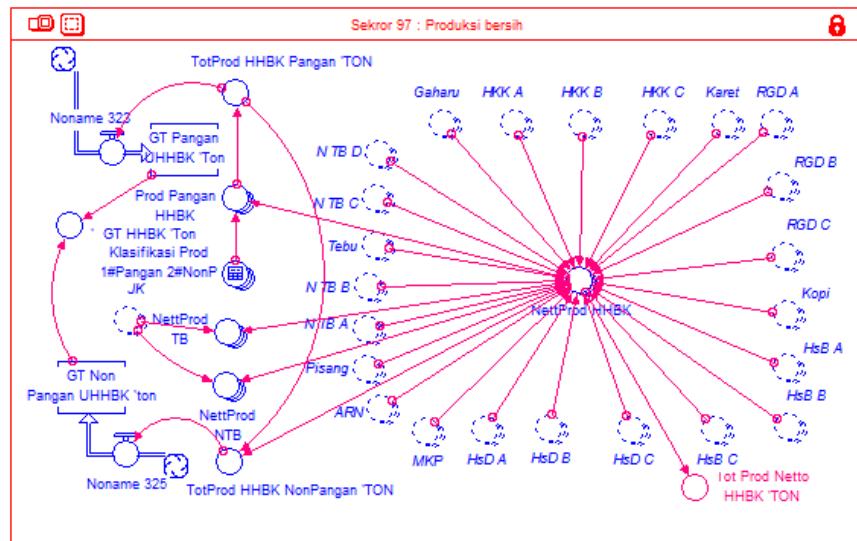
Selanjutnya, jika  $BK_{HKBK-i,PR,t}$  sebagai jumlah tanaman sebagai beban kerja pemeliharaan rutin adalah jumlah tanaman panen tanaman ke-i pada tahun ke-t;  $ProdT_i$  adalah produktifitas tahunan masing-masing tanaman,  $\%ProdT_{i,Pn0}$ ,  $\%ProdT_{i,Pn1}$ ,  $\%ProdT_{i,PnR+1}$  dan  $\%ProdT_{i,PnR+2}$  adalah persentase panen tahun pertama dan tahun kedua serta dua tahun dan setahun sebelum peremajaan terhadap produktifitas rutin, maka beban kerja kegiatan pemanenan berdasarkan volume produksi/panen tanaman ke-i pada tahun ke-t ( $BK_{HKBK-i,Panen,t}$ ) adalah :

$$\begin{aligned} BK_{HKBK-i,Panen,t} &= (ProdT_i \times FP_{HKBK-i,PnR,t}) \\ &+ (ProdT_i \times \%ProdT_{i,Pn0} \times FP_{HKBK-i,Pn0,t}) \\ &+ (ProdT_i \times \%ProdT_{i,Pn1} \times FP_{HKBK-i,Pn1,t}) \\ &+ (ProdT_i \times \%ProdT_{i,PnR+1} \times FP_{HKBK-i,PnR+1,t}) \\ &+ (ProdT_i \times \%ProdT_{i,PnR+2} \times FP_{HKBK-i,PnR+2,t}) \end{aligned}$$

Lebih lanjut, beban kerja kegiatan pemanenan berdasarkan volume produksi sekaligus menginformasikan volume kotor dari produksi tanaman ke-i pada tahun ke-t ( $PHBK_{Brut-i,t}$ )

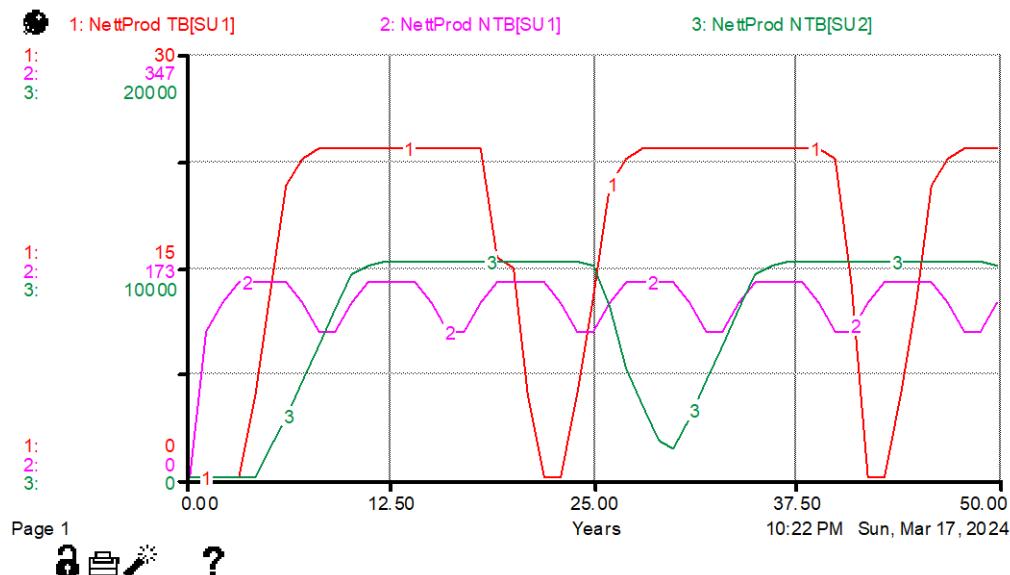
$$BK_{HKBK-i,Panen,t} = PHBK_{Brut-i,t}$$

Jika  $R/S_{i,j}$  adalah rendemen/sotiran produk menjadi produk bersih melalui proses pengolahan menjadi produk turunan ke-j (dalam 4 kodefikasi: x1, x2, x3, x4) dan atau sortiran produk primer ke-j (dalam 4 grade: premium, grad I, grad II dan grad III), maka  $PHBK_{Net-i,tur-j,t} = PHBK_{Brut-i,t} \times R_{i,j}$ ; dimana  $PHBK_{Net-i,tur-j,t}$  adalah produksi HHBK ke-i pada tahun ke-t hasil pengolahan produk primer menjadi produk turunan ke-j, atau  $PHBK_{Net-i,sor-j,t} = PHBK_{Brut-i,t} \times S_{i,j}$ ; dimana  $PHBK_{Net-i,sor-j,t}$  adalah produksi HHBK ke-i pada tahun ke-t hasil penyortiran berdasarkan kualitas mutu produk ke-j.

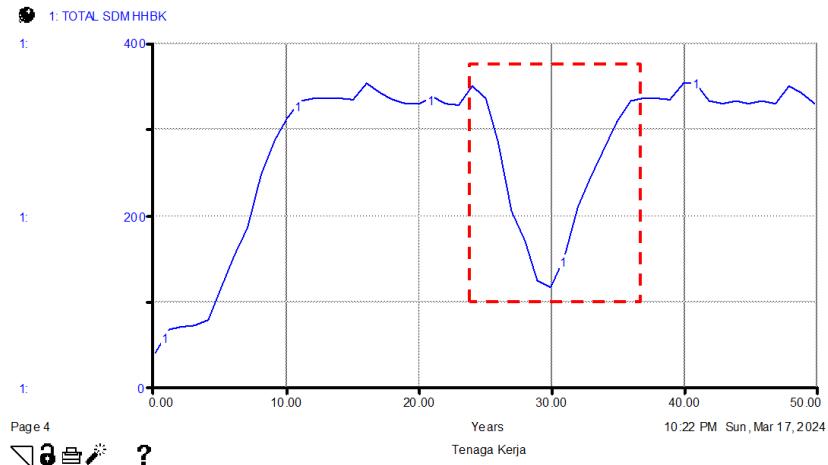


Gambar 81 Sektor model 97: peta formulasi pilihan jenis HHBK berdasarkan kodefikasi

Sejumlah 16 sektor model yang mendetailkan dan formulasi metode di tabulasi melalui sektor model 97 (Gambar 81) untuk menyediakan informasi atau variabel data luaran produksi bersih. Dua variabel luaran tersebut kemudian dapat diubah menjadi variabel beban kerja untuk formulasi kebutuhan kendaraan dan alat, tenaga kerja dan satuan pembiayaan/pendapatan seperti contoh  $PHHBK_{Brut-i,t}$  sebagai variabel beban kerja kendaraan pengangkutan hasil produksi, alat pengolahan maupun tenaga kerja dan lain-lain serta  $PHHBK_{Net-i,t}$  sebagai variabel beban kerja alat angkut pemasaran, pajak dan seterusnya.



Gambar 82 Contoh grafik data luaran : produksi bersih minyak kayu putih (TB SU 1), citronella oil (NTB SU 1) dan gulamerah (NTB SU 2)

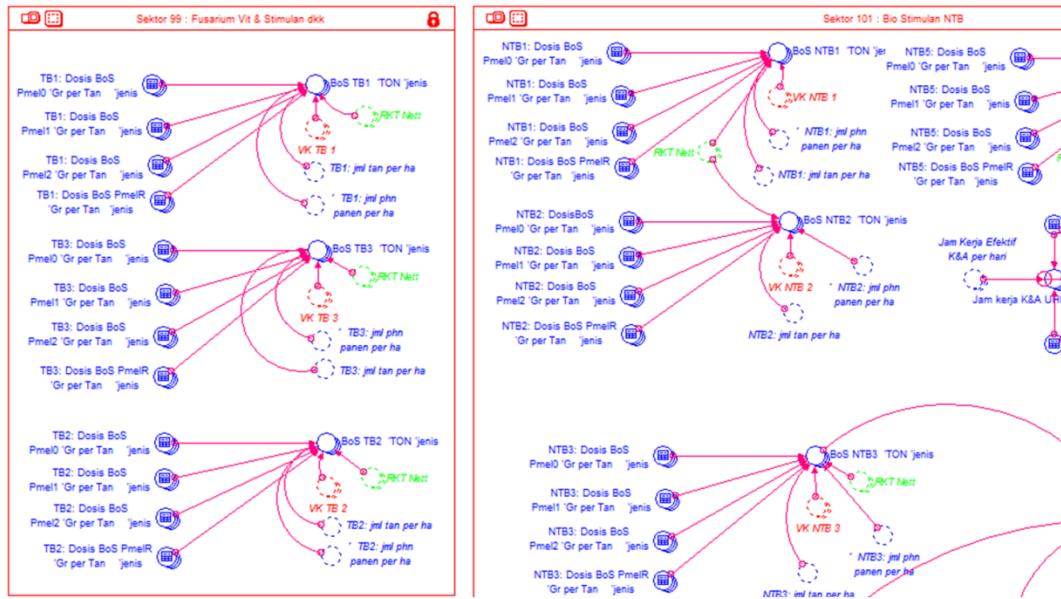


Gambar 83 Contoh grafik dinamika total kebutuhan tenaga kerja pada tahun ke-t

Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa variabel-variabel keputusan terkait pengaturan hasil berikut metode yang mengikutinya menjadi kausal dasar yang mempengaruhi dinamika dan efisiensi penggunaan bahan, kendaraan, alat, tenaga kerja, kelayakan usaha dan keberlanjutan usaha. Seperti contoh; terdapat 3 keputusan unit kelola HHBK (minyak kayu putih, serei wangi dan aren) dengan pengaturan petak berturut-turut 3, 1 dan 6 berikut tahun mulai kegiatan 2, 1 dan 2 serta keputusan-keputusan lainnya, maka fluktuasi produksi bersih yang diperoleh (Gambar 82) akan mempengaruhi fluktuasi kebutuhan tenaga kerja (Gambar 83). Contoh ini sekaligus menjelaskan model sebagai alat bantu pengambilan keputusan, dimana perubahan data input keputusan untuk melandaikan grafik tenaga kerja (kotak merah) dapat dilakukan dengan mengubah tata waktu pelaksanaan kegiatan, jumlah petak dan seterusnya hingga diperoleh perencanaan paling maksimal untuk sasaran efisiensi dan keberlanjutan itu sendiri.

#### b. Sub-sub model material dan bahan unit kelola HHBK

Fungsi tujuan dari formulasi sub-sub model ini adalah untuk pemerincian material dan bahan termasuk bangunan pada unit kelola HHBK. Pemerincian ini dibangun dalam 6 sektor model dan 347 ruang data input untuk menerima data masukan dan kemudian mengolahnya menjadi informasi-informasi utama terkait kebutuhan bibit, amelioran, *bio-stimulant*, pupuk dan bangunan serta BBM. Pendefinisian dan format formulasi pada sub unit kelola HHBK ini adalah sama dengan format formulasi di unit kelola HHK. Ruang data input terkait bangunan tidak disediakan di *interface* HHBK ini karena menggunakan data input di unit kelola HHK. Formulasi baru di unit kelola HHK sub unit material dan bahan ini adalah pendefisian dan formulasi kebutuhan *bio-stimulant*, sebagai contoh secara keseluruhan, format rumus dalam formulasinya sebagai berikut. Potongan 2 sektor model material dan bahan pada sub model kelola HHBK seperti disajikan pada Gambar 84.



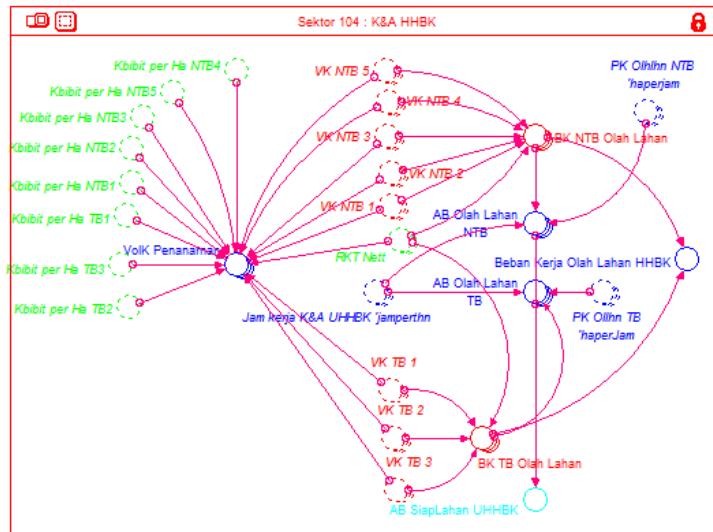
Gambar 84 Sektor model 99 dan 101: peta formulasi kebutuhan nutrisi dan lain-lain unit kelola HHBK

Jika  $BK_{HHBK-i,P0,t}$ ;  $BK_{HHBK-i,P1,t}$ ;  $BK_{HHBK-i,P2,t}$  dan  $BK_{HHBK-i,PR,t}$  diformulasikan sebagai jumlah tanaman yang membutuhkan tindakan pemberian pupuk dan *bio-stimulant* pada kegiatan P0, P1, P2 dan PR ( $NT_{HHBK-i,j,t}$ ), serta  $D_{i,j,k}$  adalah dosis pupuk dan biostimulan ke-k untuk jenis tanaman ke-i pada tahapan kegiatan pemeliharaan ke-j, maka kebutuhan nutrisi, biostimulan dan herb/insektisida jenis ke-j pada tahun ke-t ( $NBI_{k,t}$ ) adalah

$$NBI_{HHBK-k,t} = \sum_{i,j=1}^n NT_{HHBK-i,j,t} \times D_{i,j,k}$$

### c. Sub-sub model kendaraan dan alat unit kelola HHBK

Fungsi tujuan dari formulasi sub-sub model ini adalah untuk pemerincian kendaraan dan alat pada unit kelola HHBK. Pemerincian ini dibangun dalam 5 sektor model dan 126 ruang data input untuk menerima data masukan dan kemudian mengolahnya menjadi informasi-informasi utama terkait kebutuhan kendaraan dan alat pada sub unit kelola ke-i, jenis kegiatan ke-j dan tahun ke-t. Pendefinisian dan format formulasi pada sub unit kelola HHBK ini adalah sama dengan format formulasi di unit kelola HHK. Pendefinisian baru (tambahan) di unit kelola HHBK ini peralatan olah lahan bajak dan pengolahan hasil produksi menjadi produk turunan (contoh: alat penyulingan minyak kayu putih). Khusus alat berat berat olah lahan bajak, karena penggunaannya tidak rutin, dimana penggunaannya hanya di awal periode daur, maka jumlah kebutuhannya ditumpangkan ke *core business* HHK. Salah satu sektor model kendaraan dan alat pada sub model kelola HHBK seperti disajikan pada Gambar 85.



Gambar 85 Sektor model 104: peta formulasi kebutuhan kendaraan dan alat pengolahan dan penanaman HHBK

Formulasi alat berat olah/bajak lahan, baik di unit kelola HHK, HHBK maupun hortikultura adalah sebagai berikut.

- Jika  $SKK\&A_{AB\ ol}$  adalah standar kecepatan (km/jam) alat berat olah lahan diperbolehkan pada unit kelola ke- $i$ ,  $CT_{AB\ ol-i}$  adalah rotasi/frekuensi kebutuhan bajak pada lahan unit kelola ke- $i$  dan  $LB_{AB-ol}$  adalah lebar badan/garuk alat berat, maka volume luas olah lahan alat bajak per jam ( $VLK_{AB\ ol-i}$ ) adalah :

$$VLK_{AB\ ol-i} = \frac{SKK\&A_{AB\ ol} \times 1000 \times LB_{AB-ol}}{CT_{AB\ ol-i}}$$

- Jika  $HKK\&A_{AB\ ol}$  dan  $JKK\&A_{AB\ ol}$  adalah jumlah hari kerja per tahun, jumlah jam kerja per hari alat berat olah lahan dan  $BK_{ol-i,t}$  adalah beban kerja luas olah lahan unit kelola ke- $I$  pada tahun ke- $t$ , maka prestasi kerja ( $PKK\&A_{AB\ ol-i}$ ), jumlah kebutuhan per unit kelola ke- $i$  ( $JK\&A_{AB\ ol-i,t}$ ) dan jumlah kebutuhan alat berat olah lahan pada tahun ke- $t$  ( $JK\&A_{AB\ ol,t}$ )

$$PKK\&A_{AB\ ol-i} = VLK_{AB\ ol-i} \times HKK\&A_{AB\ ol} \times JKK\&A_{AB\ ol}$$

$$JK\&A_{AB\ ol-i,t} = round\left(\frac{BK_{ol-i,t}}{PKK\&A_{AB\ ol-i}}, 0\right)$$

$$JK\&A_{AB,t} = \sum_{i=1}^n JK\&A_{AB\ ol-i,t}$$

Selanjutnya, pendefinisian dan formulasi alat pengolahan hasil produksi menjadi produk turunannya, baik diunit kelola HHBK maupun unit kelola hortikultura adalah sebagai berikut:

- Jika 1 adalah kodefifikasi produk HHBK kotor ( $code_{HHBK}$ ) yang diolah menjadi produk turunan ke- $j$ , maka formulasi jumlah produksi kotor dalam kategori ke- $j$  yang memerlukan alat pengolahan sesuai jenis ke- $i$ , maka :

*if code<sub>HHBK</sub> = 1 then PHHBK<sub>Brut p'olah-i,t</sub> else PHHBK<sub>Brut sortir-i,t</sub>*

- Jika  $KP_i$  adalah volume/kapasitas pengolahan,  $DT_{P'olah-i}$  adalah lama pengolahan per satuan waktu pengolahan dan  $HKK\&A_{P'olah-i}$  dan  $JKK\&A_{P'olah-i}$  adalah jumlah hari kerja per tahun dan jumlah jam kerja per hari alat pengolahan produk ke-i, maka prestasi kerja alat pengolahan hasil produksi ( $PKK\&A_{AP'olah-i}$ ) adalah:

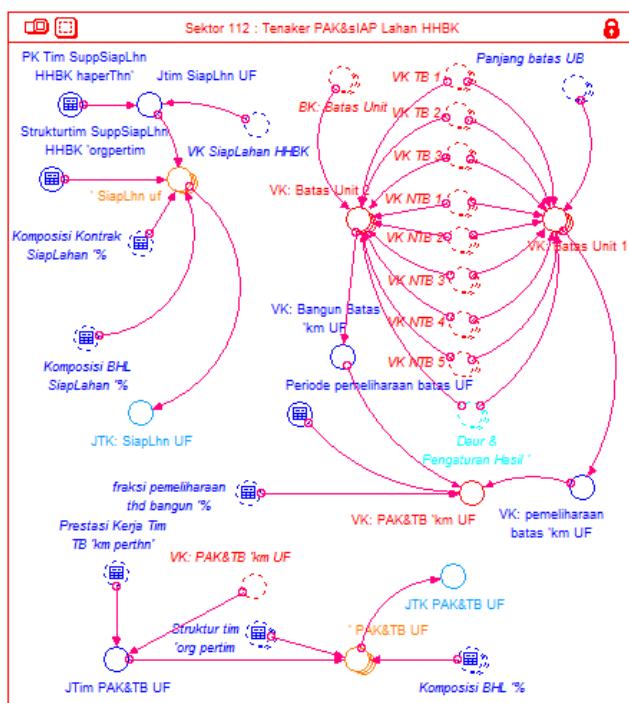
$$PKK\&A_{P'olah-i} = \frac{KP_i \times HKK\&A_{P'olah-i} \times JKK\&A_{P'olah-i}}{DT_{P'olah-i}}$$

- Maka

$$JK\&A_{P'olah-i} = round \left( \frac{PHHBK_{Brut p'olah-i,t}}{PKK\&A_{P'olah-i}}, 0 \right)$$

#### d. Sub-sub model tenaga kerja unit kelola HHBK

Fungsi tujuan dari formulasi sub-sub model ini adalah untuk pemerincian tenaga kerja pada unit kelola HHBK. Pemerincian ini dibangun dalam 6 sektor model dan 79 ruang data input untuk menerima data masukan dan kemudian mengolahnya menjadi informasi-informasi utama terkait kebutuhan kendaraan dan alat pada sub unit kelola ke-i, jenis kegiatan ke-j dan tahun ke-t. Pendefinisian dan format formulasi pada sub unit kelola HHBK ini adalah sama dengan format formulasi di unit kelola HHK. Salah satu sektormodel disajikan pada Gambar 84.



Gambar 86 Sektor model 112: peta formulasi kebutuhan nutrisi dan lain-lain

#### e. Sub-sub model finansial unit kelola HHBK

Fungsi tujuan dari formulasi sub-sub model ini adalah untuk pemerincian finansial dan kelayakan usaha pada unit kelola HHBK. Pemerincian ini dibangun

dalam 13 sektor model dan 404 ruang data input untuk menerima data masukan dan kemudian mengolahnya menjadi informasi-informasi utama terkait pendapatan (*benefit*) dan pembiayaan (*cost*) serta rincian informasi kelayakan usaha dari sub-sub unit kelola komoditas HHBK ke-i pada tahun ke-t. Banyaknya ruang data input yang disediakan adalah sesuai dengan banyaknya pilihan sub-sub unit kelola (8 sub-sub unit kelola) dan jenis komoditas (27 pilihan jenis). Pendefinisian dan format formulasi pada sub unit kelola HHBK ini adalah sama dengan format formulasi di unit kelola HHK. Salah satu tampilan informasi hasil pengolahan data (simulasi) terkait kelayakan usaha seperti disajikan pada Gambar 87. Tabel-tabel ini disediakan di setiap interface unit kelola.

Table 8: p7 (Analisis Finansial)	
Years	24
* TOTAL REVENUE Unit HHBK	74,778,037,677.38
* TOTAL COST Unit HHBK	47,783,885,888.61
CASH FLOW Unit Bisnis HHBK	26,994,151,990.75
* Present Value Pendapatan UB HHBK	4,926,534,405.71
* Present Value Biaya UB HHBK	3,148,102,894.72
* Present Value Cash Flow UB HHBK	1,778,431,510.99
N P V UB HHBK	180,272,723,433.30
B C R UB HHBK	1.89
I R R UB HHBK	68.25
Jangka Waktu Pengembalian Modal UB HHBK	2.59

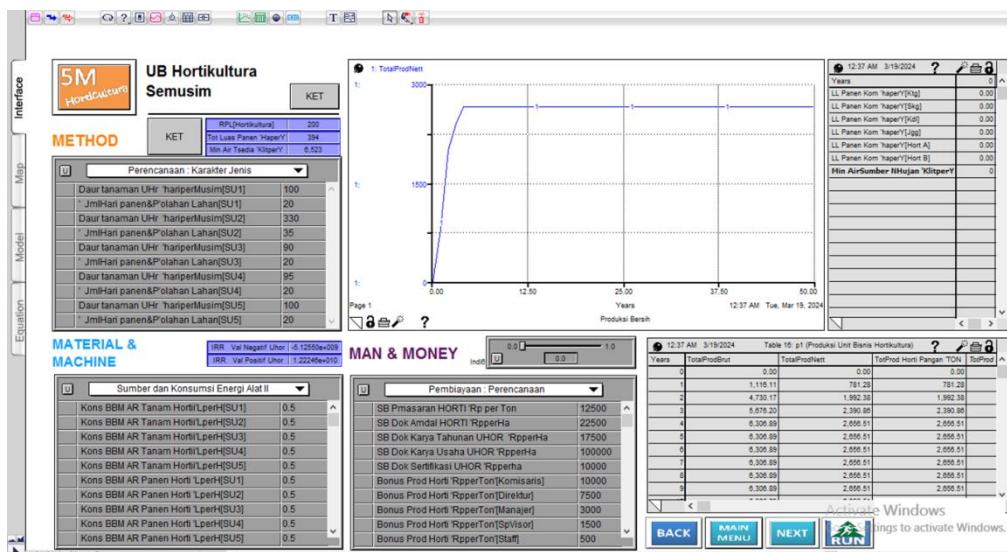
Activate Windows  
Settings to activate Windows

**BACK** **MAIN MENU** **NEXT** **RUN** **Sub-sub Luaran**

Gambar 87 Sektor model 99: kebutuhan nutrisi dan lain-lain

#### 6.3.3.4 Sub model budidaya hortikultura

Pendefinisian hortikultura dalam pemodelan ini dibatasi pada ruang lingkup komoditas penghasil pangan dan atau tanaman obat dengan umur panen maksimum 1 tahun. Sub model ini terdiri-dari 5 sub-sub model, 24 sektor model dan total 583 ruang data input. Pengisian, pemoresan dan evaluasi data disediakan pada satu layar utama (*interface*, Gambar 88) yang memuat 3 tabel dan 1 slider pengisian data; 25 tabel dan 5 baris data luaran serta 6 tombol-tombol menu, informasi dan navigasi.

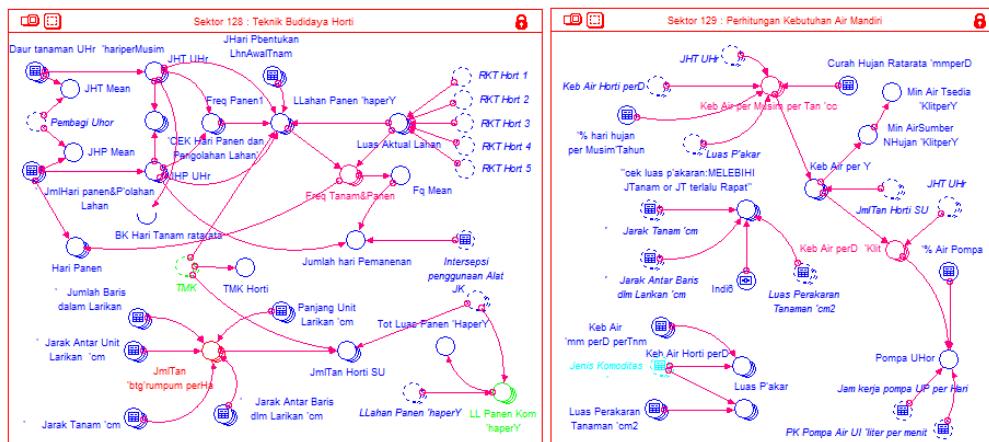


Gambar 88 *Interface* sub model hortikultura

a. Sub-sub model metode unit kelola hortikultura

Fungsi tujuan dari formulasi sub-sub model ini adalah untuk pemerincian metode budidaya dan pengaturan luas tanam serta luas panen yang sesuai dengan karakter jenis tanaman hortikultura. Pemerincian ini dibangun dalam 5 sektor model dan 202 ruang data input untuk menerima data masukan dan kemudian mengolahnya menjadi informasi-informasi utama terkait tata waktu dari beban kerja masing-masing jenis pekerjaan serta proyeksi hasil produksi masing-masing jenis komoditas yang diusahakan pada setiap tahun ke-t. Model menyediakan maksimal 5 pilihan keputusan jenis hotikultura. Cara kerja model sama untuk semuanya, bahwa jika pilihan keputusan hanya akan menggunakan 1 sub unit kelola hortikultura, maka pengisian data input ccukup dilakukan pada ruang-ruangdata input yang terkait dengan sub unit kelola tersebut dan abaikan 4 sub unit lainnya.

Sub-sub model metode dimulai sektor model 128 dan 129 (Gambar 89) untuk pemerincian variabel-variabel yang terikat dengan karakter jenis tanaman hortikultura yang diusahakan dan variabel keputusan teknik budidaya terhadap jenis tersebut. Termasuk dalam hal ini pendefinisian dan formulasi kebutuhan dan ketersediaan air serta kebutuhan penyediaan air melalui pengairan.



Gambar 89 Sektor model 128 dan 129: peta formulasi model teknik budidaya dan kebutuhan penyediaan pengairan tanaman

Jika  $JHB_{Hor-i}$  adalah jumlah hari budidaya (tanam hingga panen),  $JHP_{Hor-i}$  adalah jumlah hari panen, masa bera dan pengolahan lahan, maka fraksi pengali atau frekuensi kegiatan budidaya dan panen hortikultura ke-i per tahun ( $FTP_{Hor-i}$ ) adalah:

$$FTP_{Hor-i,t} : \text{if } time < TMK_{Hor-i} \text{ then } 0 \text{ else if } time = TMK_{Hor-i} \\ \text{then round} \left( \frac{365 - JPL_{Hor-i}}{JHB_{Hor-i} + JHP_{Hor-i}}, 0 \right) \text{ else round} \left( \frac{365}{JHB_{Hor-i} + JHP_{Hor-i}}, 0 \right)$$

Jika  $RKT_{Hor-i}$  adalah luas rencana kerja tahunan unit kelola hortikultura ke-i, maka satuan beban kerja kegiatan budidaya ke-j (penyiapan lahan, penanaman, pemeliharaan, pengamanan dan pemanenan)

$$BK_{Hor-i,j,t} = FTP_{Hor-i,t} \times RKT_{Hor-i}$$

Jika  $PL_{Hor-i}$ ,  $JAL_{Hor-i}$ ,  $JBL_{Hor-i}$ ,  $JT_{Hor-i}$  dan  $JAB_{Hor-i}$  adalah panjang larikan, jarak antar larikan, jumlah baris dalam larikan, jarak tanam dalam larikan dan jarak antar baris dalam satuan cm serta  $\%KP_{Hor-i}$  adalah persentase tanaman hidup paska penanaman, maka jumlah tanaman/rumpun per ha adalah

$$JTan_{Hor-i} = \left( round\left(\frac{10000 \times PL_{Hor-i}}{(JAL_{Hor-i} + PL_{Hor-i}) \times JT_{Hor-i}}, 0\right) \right. \\ \left. \times round\left(\frac{10000 \times JBL_{Hor-i}}{((JBL_{Hor-i} - 1) \times JAB_{Hor-i}) + JT_{Hor-i} + JAB_{Hor-i}}, 0\right) \right) \\ \times \%KP_{Hor-i}$$

Dan  $ProdT_{Hor-i}$  adalah produktifitas tanaman per tanaman atau rumpun serta memasukkan angka acak (random) sebagai variabel pendekatan pengaruh musim dimana  $RB_{rand}$  dan  $RA_{rand}$  adalah rentang bawah dan atas angka acak, maka produksi kotor unit kelola hortikultura ke-*i* pada tahun ke-*t* ( $PHorti_{Brut-i,t}$ ) adalah :

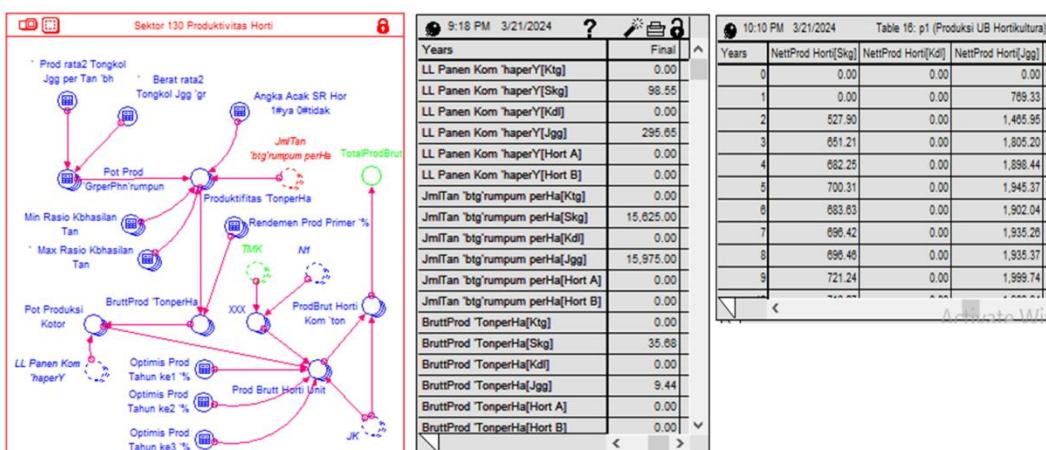
$$PHorti_{Brut-i,t} = (JTan_{Hor-i} \times ProdT_{Hor-i} \times BK_{Hor-i,panen,t}) \\ \times RWEEN(RA_{rand}, RA_{rand})_t$$

Selanjutnya, jika  $R/S_{i,j}$  adalah rendemen/sortimen menjadi, maka produksi bersih hasil pengolahan/sortiran menjadi produk turunan/sortiran hortikultura ke-*j* pada jenis ke-*i* ( $PHorti_{Net-i,sor-j,t}$ ) adalah :

$$PHorti_{Net-i,sor-j,t} = PHorti_{Brut-i,t} \times R/S_{i,j}$$

dimana:  $PHorti_{Net-i,t} = \sum_{j=1}^n PHorti_{Net-i,sor-j,t}$

Sama dengan unit kelola kayu dan HHBK, pemerincian dalam unit kelola hortikultura diinformulasikan hingga satuan individu atau rumpun tanaman (Gambar 90), yang dimaksudkan untuk menghasilkan detail luaran hingga satuan terkecil individu sehingga dapat difungsikan untuk formulasi sub sub model kebutuhan bahan dan beban kerja peralatan, kendaraan dan ketenaga-kerjaan sub model kebutuhan air dan karbon stok.



Gambar 90 Sektor model 130 dan contoh data luas panen, produktifitas dan produksi tahunan komoditas hortikultura

b. Sub-sub model material dan bahan unit kelola hortikultura

Pemerincian material dan bahan di unit kelola hortikultura dibangun dalam 4 sektor model dan 55 ruang data input. Format pendefinisian dan formulasi kebutuhan material dan bahan adalah sama dengan sub model HHBK. Hal yang berbeda adalah jika di unit kelola HHBK terdapat beberapa tahapan pemeliharaan dan pemberian pupuk berdasarkan 1 satuan tahun, maka di unit kelola hortikultura diformulasikan dalam 1 satuan musim tanam/panen. Jika  $D_{Hor-i,k}$  adalah dosis nutrisi pupuk, biostimulan dan insek/herbisida ke-k serta  $BK_{Hor-i,Pml,t}$  adalah beban kerja luas pemeliharaan unit kelola hortikultura ke-i dan tahun ke-t, maka kebutuhan nutrisi pupuk, biostimulan dan insek/herbisida ke-k pada tahun ke-t ( $NBI_{Horti-k,t}$ ) adalah:

$$NBI_{Horti-k,t} = \sum_{i=1}^n JTan_{Hor-i} \times BK_{Hor-i,Pml,t} \times D_{i,k}$$

Sementara itu, jumlah kebutuhan pengadaan bibit tanaman hortikultura ke-i pada tahun ke-t adalah :

$$Kbabit_{Horti-i,t} = JTan_{Hor-i} \times BK_{Hor-i,tan,t}$$

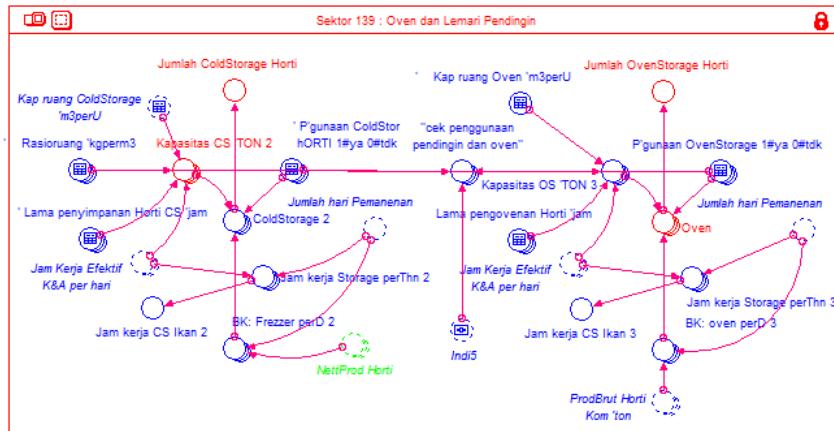
c. Sub-sub model alat dan kendaraan unit kelola hortikultura

Fungsi tujuan dari formulasi sub-sub model ini adalah sama dengan sub model HHK dan HHBK, yaitu untuk pemerincian kendaraan dan alat pada unit kelola hortikultura. Pemerincian alat dan kendaraan di unit kelola hortikultura dibangun dalam 7 sektor model dan 148 ruang data input. Format pendefinisian dan formulasi adalah sama, yaitu dengan rumus rasio beban kerja dan prestasi kerja alat sesuai fungsi masing-masing alat dan kendaraan. Dengan asumsi pengolahan lahan dilakukan secara rutin dan mekanis, maka jumlah kebutuhan alat pengolahan lahan diformulasikan tidak ditumpangkan di unit kelola utama, tapi di unit kelola hortikultura. Pengolahan lahan, penanaman, pemeliharaan dan panen di unit kelola hortikultura ini adalah variabel peubah yang spesifik karena dilakukan secara rutin dengan pilihan keputusan mekanis atau padat karya.

Jika  $JHP_{Hor-i,j}$ ,  $JKK\&A_{Hor-i,j}$  dan  $PKK\&A_{Hor-i,j}$  adalah jumlah hari kegiatan, jam kerja dan prestasi kerja alat untuk tahapan kegiatan ke-j komoditas hortikultura ke-i, maka jumlah kebutuhan alat ke-j pengolahan lahan, penanaman, pemeliharaan dan pemanenan pada tahun ( $K\&A_{Hor-i,j,t}$ ) adalah:

$$K\&A_{Hor-i,j,t} = \frac{BK_{Hor-i,j,t}}{JHP_{Hor-i,j} \times JKK\&A_{Hor-i,j} \times PKK\&A_{Hor-i,j} \times FTP_{Hor-i}}$$

Pendefinisian baru (tambahan) di unit kelola hortikultura ini (dan juga di unit kelola perikanan dan peternakan) adalah pendefinisian dan formulasi lemari pendingin dan oven. Sektor model model dan uraian formulasi terkait dua jenis alat ini seperti disajikan pada Gambar 91 dan pemerincian berikut.



Gambar 91 Sektor model 139: peta formulasi lemari pendingin dan oven

Jika  $KR_{cos-j}$  dan  $RR_{i,cos-j}$  adalah kapasitas ruang dan rasio ruang penyimpanan terhadap komoditas ke- $i$  serta  $LP_{i,cos-j}$  kebutuhan waktu penyimpanan dan  $JK_{i,cos-j}$  adalah jam kerja lemari pendingin / oven per hari untuk komoditas ke- $i$ , maka prestasi kerja atau kapasitas penyimpanan lemari pendingin / oven ke- $j$  untuk produk ke- $i$  selama 1 hari ( $KP_{i,cos-j}$ ) adalah :

$$KP_{i,cos-j} = \frac{(KR_{cos-j} \times RR_{i,cos-j} \times JK_{i,cos-j})}{LP_{i,cos-j}}$$

Dan jika  $HP_i$  dan  $Prod_{Net-i,t}$  adalah jumlah hari pemanenan dan produksi bersih komoditas ke- $i$  serta  $KepP_i$  adalah keputusan penggunaan lemari pendingin / oven ke- $j$ , maka beban kerja lemari pendingin / oven ke- $j$  untuk komoditas ke- $i$  pada tahun ke- $t$  ( $BK_{i,cos-j,t}$ ) adalah:

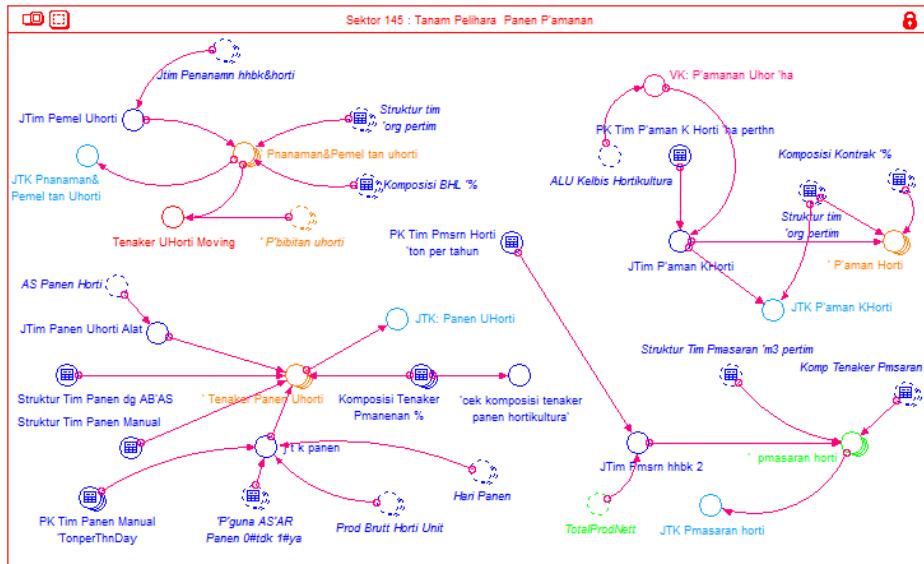
$$BK_{i,cos-j,t} : \text{if } KepP_i = 1 \text{ then } \frac{Prod_{Net-i,t}}{HP_i} \text{ else } 0$$

Sehingga jumlah kebutuhan lemari pendingin / oven ke- $j$  untuk komoditas ke- $i$  pada tahun ke- $t$  ( $K\&A_{i,cos-j,t}$ ) adalah :

$$K\&A_{i,cos-j,t} = \text{round} \left( \frac{BK_{i,cos-j,t}}{KP_{i,cos-j}}, 0 \right)$$

#### d. Sub-sub model tenaga kerja unit kelola hortikultura

Variabel tim kerja, komposisi dan prestasi kerja yang didefinisikan di sub model HHK dan HHBK adalah variabel yang sama digunakan di sub model ini. Pendefinisian dan formulasi sub-sub model tenaga kerja hortikultura ini terbangun dengan sederhana dalam 3 sektor model dan 33 ruang data input. Salah satu sektor model disajikan pada Gambar 92. Format pendefinisian dan formulasi model tenaga kerja adalah sama, yaitu rasio antara beban kerja dan prestasi kerja.



Gambar 92 Sektor model 145: peta formulasi tenaga kerja penanaman, pemeliharaan dan panen

Sebagai pengulangan dijelaskan bahwa jika  $BK_{Hor-i,t}$  adalah beban kerja dan  $PK_{tim_{Hor-i}}$  adalah prestasi kerja tim kerja ke- $i$  pada tahun ke- $t$  serta  $KT_{Hor-i,j \geq 4}$  adalah komposisi tim kerja ke- $i$  pada tingkat jabatan supervisor, staf, buruh dan kontrak ( $j \geq 4$ ), maka jumlah tenaga kerja unit kelola hortikultura ke- $i$  pada tahun ke- $t$  pada masing-masing jabatan ke- $j$  ( $JTK_{i,j \geq 4,t}$ ) dan jumlah total sumber daya manusia ( $JTK_{Hor,t}$ ) pada unit kelola hortikultura pada tahun ke- $t$  adalah:

$$JTK_{i,j \geq 4,t} = \frac{BK_{Hor-i,t}}{PK_{tim_{Hor-i}}} \times KT_{Hor-i,j \geq 4}$$

$$JTK_{Hor-j,t} = JTK_{tetap,j} \cup JTK_{i,j \geq 4,t} \cup JTK_{Prog-j=2} \cup JTK_{Prog-j=3};$$

$$JTK_{Hor,t} = \sum_{j=1}^7 JTK_{Hor-j,t}$$

#### e. Sub-sub model finansial unit kelola hortikultura

Fungsi tujuan dari formulasi sub-sub model ini adalah untuk pemerincian finansial dan kelayakan usaha pada unit kelola hortikultura. Pemerincian ini dibangun dalam 5 sektor model dan 145 ruang data input untuk menerima data masukan dan kemudian mengolahnya menjadi informasi-informasi utama terkait pendapatan, pembiayaan dan indikator-indikator investasi dan kelayakan usaha pada masing-masing sub unit kelola hortikultura komoditas ke- $i$  pada tahun ke- $t$ . Pendefinisian dan format formulasi pada sub unit kelola hortikultura ini adalah sama dengan format formulasi di unit kelola HHK dan HHBK. Salah satu tampilan informasi hasil pengolahan data (simulasi) terkait kelayakan usaha seperti disajikan pada Gambar 93.

12:52 PM 3/21/2024 Table 16: p5 (Struktur Pendapatan)

Years		4
TOTAL REVENUE Unit HORTIKULTURA	18,111,026,589.61	
Jumlah Kredit Pinjaman Hortikultura	0.00	
Jumlah Pendapatan Penjualan Produk Hortikultura	18,103,526,589.61	
Pendapatan Hortikultura[Ktg]	0.00	
Pendapatan Hortikultura[Skg]	6,593,659,057.62	
Pendapatan Hortikultura[Kdl]	0.00	
Pendapatan Hortikultura[Jgg]	11,509,867,531.99	
Pendapatan Hortikultura[Hort A]	0.00	
Pendapatan Hortikultura[Hort B]	0.00	
Nilai Sisa KAB Horti	7,500,000.00	

Activate Windows  
To activate Windows, go to Settings to activate Windows.

BACK MAIN MENU NEXT RUN

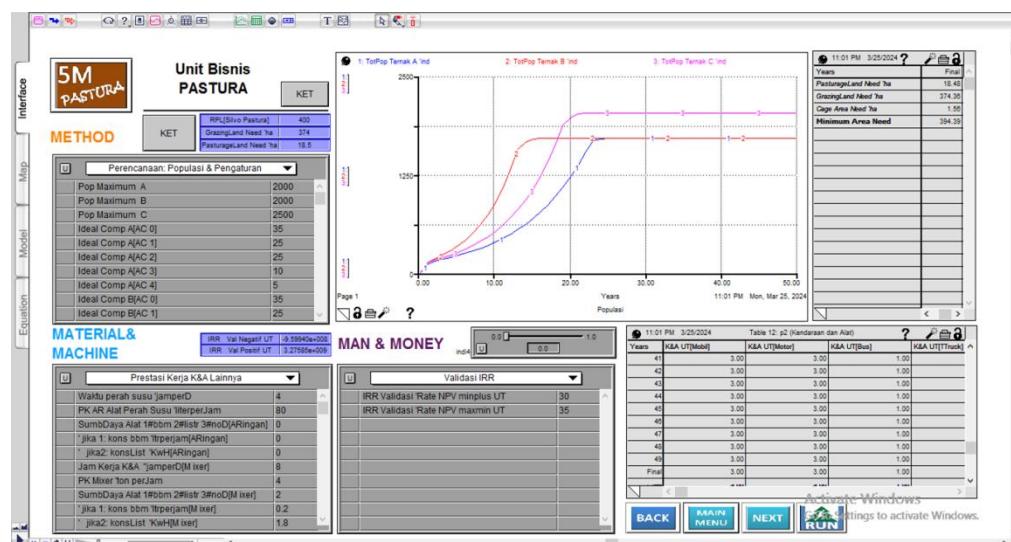
Gambar 93 Sektor model 99: kebutuhan nutrisi dan lain-lain

#### 6.3.3.5 Sub model budidaya peternakan

Sub model kelola peternakan mendefinisikan dan menformulasikan variabel-variabel keputusan terkait metode, material, bangunan, kendaraan dan alat, tenaga kerja dan kelayakan usaha unit kelola peternakan. Ruang lingkup peternakan dibatasi pada kelompok ternak mamalia besar, dimana pertambahan populasi menyebabkan pertambahan kebutuhan penggunaan lahan sebagai daya dukung ternak. Pendefinisian sub model ternak ini diformulasikan melalui 5 sub-sub model, 26 sektor model dan total 450 ruang data input. Khususnya di sub-sub model metode dan material, pendefinisian dan formulasi dibangun berdasarkan sistem berpikir yang spesifik berbeda dari sub model budidaya tumbuhan. Sistem berpikir tersebut dibangun berdasarkan kegiatan penelitian di PT Equalindo Makmur Alam Sejahtera, Kutai Kertanegara, Kalimantan Timur (Gambar 95). Fungsi tujuan dari formulasi model peternakan ini adalah tata kelola ternak untuk menghasilkan produksi utama daging ternak berikut hasil ikutannya secara berkelanjutan melalui keputusan-keputuan pengaturan populasi yang dipengaruhi oleh variabel-variabel biologis ternak seperti kelahiran, rasio kawin, kematian, pakan dan pertumbuhan fisik ternak serta variabel keputusan penjualan. Sementara itu, sistem berpikir yang membangun sub-sub model kendaraan, alat, tenaga kerja dan kelayakan usahanya dominan menggunakan sistem berpikir yang sama yang membangun sub model unit kelola lainnya. Untuk menghindari peng-ulangan, uraian pada sub-sub bab tersebut lebih difokuskan untuk pendefinisian dan formulasi model dengan sistem berpikir yang spesifik baru dan berbeda. Pengisian, pemoresan dan evaluasi data disediakan pada satu layar utama (*interface*, Gambar 93) yang memuat 3 tabel dan 1 slider pengisian data; 10 tabel, 5 baris dan 5 grafik data luaran serta 7 tombol-tombol menu, informasi dan navigasi.



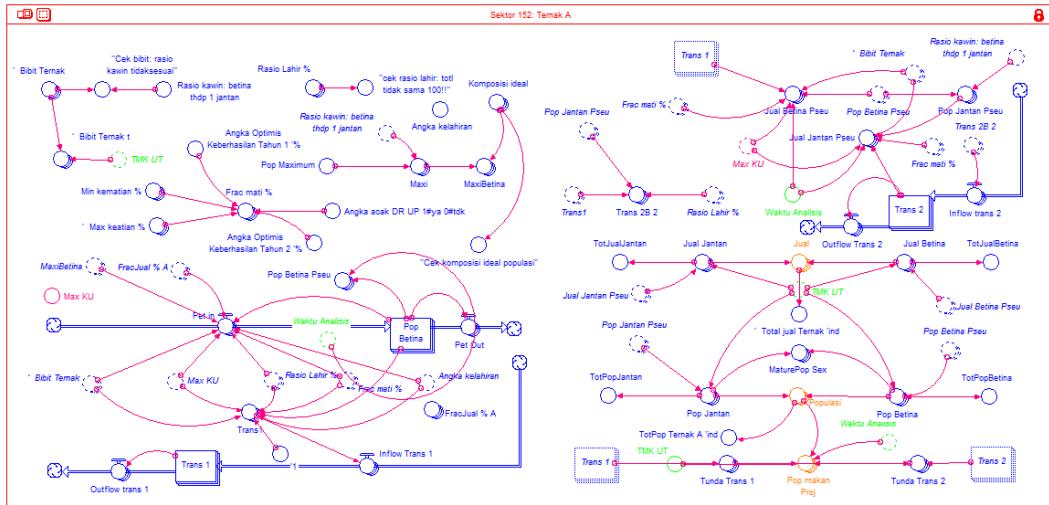
Gambar 94 Peternakan sapid an budidaya rumput pakan



Gambar 95 Interface sub model peternakan

a. Sub-sub model metode unit kelola peternakan

Pemerincian ini dibangun dalam 6 sektor model dan 134 ruang data input untuk menerima data masukan dan kemudian mengolahnya menjadi informasi-informasi utama terkait tata waktu dari beban kerja masing-masing jenis pekerjaan serta proyeksi jumlah populasi dan hasil produksi daging dan hasil ikutan lainnya berupa feses dan atau susu (bila memilih produksi susu) pada masing-masing jenis ternak yang diusahakan pada setiap tahun ke-t. Model menyediakan maksimal 3 pilihan keputusan jenis ternak mamalia besar (i).



Gambar 96 Sektor model 142: peta formulasi ternak

Populasi adalah variabel utama yang menjadi variabel kunci dalam men-formulasi beban kerja dan hasil produksi. Populasi diformulasi melalui pendekatan rumus deret ukur Malthus yang didefinisikan secara lebih detail dan kompleks berdasarkan keputusan-keputusan pengaturan populasi. Definisi pokok dalam membangun sub model ternak ini adalah :

- Ternak meliputi ternak jantan dan betina ( $j$ ) dengan 5 kelas umur ( $k$ ), yaitu kelas umur 0, 1, 2, 3 dan 4 tahun. Jumlah jantan dan betina diatur pada setiap kelas umur melalui angka rasio kawin ( $RK_i$ ), dimana jika  $Pop_{i,jantan,k,t}$  dan  $Pop_{i,betina,k,t}$  adalah populasi jantan dan populasi betina ternak ke- $i$  pada kelas umur ke- $k$  dan tahun ke- $t$ , maka :

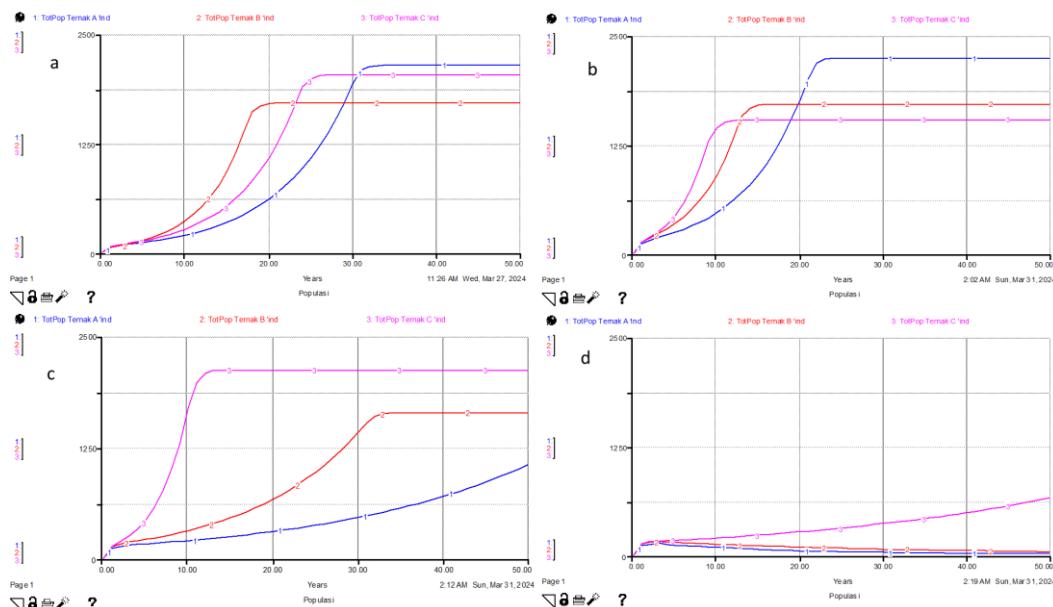
$$Pop_{i,betina,k,t} = RK_i \times Pop_{i,jantan,k,t}$$

- Jumlah ternak pada kelas umur diatur melalui pilihan keputusan komposisi kelas umur yang berkelanjutan. Jika  $KPop_{i,k}$  adalah komposisi populasi ternak ke- $i$  kelas umur ke- $k$ , maka  $\sum_{k=1}^n KPop_{i,k} = 100$
- Populasi maksimum adalah target jumlah ternak maksimum yang dikelola secara berkelanjutan. Keputusan populasi maksimum ini diperoleh melalui pertimbangan luas lahan tersedia dan target pasar.
- Populasi pada kelas umur 1, 2, 3, 4 pada tahun ke  $t$  adalah populasi *outgrowth* dari kelas umur 0, 1, 2, dan 3 pada tahun sebelumnya ( $t-1$ ) dikurangi jumlah ternak yang mati dan dijual. Sementara itu, jumlah ternak kelas umur 0 tahun adalah jumlah dari jumlah ternak betina pada kelas umur sama atau lebih dengan umur kawin ( $UK_i$ ) dikali dengan angka kelahiran ( $AK_i$ ) dan rasio kelahiran jantan dan betina ( $RK_{i,j}$ ).

$$Pop_{i,j,k=0,t} = Pop_{i,betina,k \geq UK,t-1} \times AK_i \times RK_{i,j}$$

- Produksi ternak adalah jumlah kelebihan ternak berdasarkan pengaturan populasi tersebut serta variabel keputusan jual dalam bentuk persentase pada masing-masing kelas umur ( $KJ_{i,k}$ ).

Sebelum diuraikan proses pemerincian rumusnya, berikut pada Gambar 97 disajikan contoh hasil proyeksi pertumbuhan populasi tiga jenis ternak (sapi *limousine*-biru, sapi bali-merah dan kambing-merah muda) berdasarkan 4 paket pilihan keputusan. Pertumbuhan populasi secara langsung mempengaruhi performa dan kelayakan usaha. Seperti pada contoh, paket keputusan a dan b meningkatkan populasi secara cepat dibanding c; yang mana ketiganya memiliki kelayakan usaha yang memadai namun dengan jangka waktu pengembalian modal berbeda (7,7 tahun, 6,8 tahun, 15,6 tahun). Populasi ternak sapi limousine dan bali di paket keputusan d bahkan diproyeksikan tidak bertambah karena keputusan pengaturan populasi yang tidak tepat.



Gambar 97 Contoh grafik proyeksi pertumbuhan populasi ternak A, B dan C dengan 4 [ilihan keputusan pengaturan berbeda

Kompleksitas model secara dinamik diformulasi sebagai berikut berikut.

```

Rasio_kawin:_betina_thdp_1_jantan = 10
'__Bibit_Ternak[Jantan] = 10
'__Bibit_Ternak[Betina] = 100
'__Bibit_Ternak[SEX] = if time=TMK_UT then '__Bibit_Ternak[SEX] else 0
Angka_kelahiran = 1Rasio_Lahir_%[Jantan] = 40
Rasio_Lahir_%[Betina] = 60
Angka_Optimis_Keberhasilan_Tahun_1_% = 50
Angka_Optimis_Keberhasilan_Tahun_2_% = 75
Min_kematian_%[Kelas_Umur] = 1
'__Max_kematian_%[Kelas_Umur] = 3
Angka_acak_DR_UP_1#ya_0#tdk = 1
FracJual_%_A[KU_0] = 5
FracJual_%_A[KU_1] = 10
FracJual_%_A[KU_2] = 30
FracJual_%_A[KU_3] = 60
FracJual_%_A[KU_4] = 75
"Cek_bibit:_ratio_kawin_tidak sesuai" = IF '__Bibit_Ternak[Jantan]=0 THEN 0 ELSE if
  '__Bibit_Ternak[Betina]/__Bibit_Ternak[Jantan]=Rasio_kawin:_betina_thdp_1_janta
n then 1 else 1/0

```

```

"Cek_komposisi_ideal_populasi" = if ARAYSUM(Komposisi_ideal[*])=100 then 1 else
    1/0
"cek_rasio_lahir:_totl_tidak_sama_100!!" = if ARAYSUM(Rasio_Lahir_%[*])=100 or
    ARAYSUM(Rasio_Lahir_%[*])=0 then 1 else 1/0
Frac_mati_%[Kelas_Umur] = if time=0 then (if Angka_acak_DR_UP_1#ya_0#tdk=1 then
    (RANDOM(Min_kematian_%[Kelas_Umur],'_Max_kematian_%[Kelas_Umur]))/(Angka_Op
    timis_Keberhasilan_Tahun_1_/%/100) else ((Min_kematian_%[Kelas_Umur]+
    '_Max_kematian_%[Kelas_Umur])/2))/(Angka_Optimis_Keberhasilan_Tahun_1_/%/100) else
    if time=1 then (if Angka_acak_DR_UP_1#ya_0#tdk=1 then
        (RANDOM(Min_kematian_%[Kelas_Umur],'_Max_kematian_%[Kelas_Umur]))/(Angka_Op
        timis_Keberhasilan_Tahun_2_/%/100) else ((Min_kematian_%[Kelas_Umur]+
        '_Max_kematian_%[Kelas_Umur])/2))/(Angka_Optimis_Keberhasilan_Tahun_2_/%/100) else
        (if Angka_acak_DR_UP_1#ya_0#tdk=1 then (RANDOM(Min_kematian_% [Kelas_Umur],
        '_Max_kematian_%[Kelas_Umur])) else ((Min_kematian_%[Kelas_Umur]+
        '_Max_kematian_%[Kelas_Umur])/2)))

```

#### STOCK

```

Pop__Betina[KU_0](t) = Pop__Betina[KU_0](t - dt) + (Pet_in[KU_0] - Pet_Out[KU_0]) * dtINIT
Pop__Betina[KU_0] = '_Bibit_Ternak[Betina]
Pop__Betina[KU_1](t) = Pop__Betina[KU_1](t - dt) + (Pet_in[KU_1] - Pet_Out[KU_1]) * dtINIT
Pop__Betina[KU_1] = 0
Pop__Betina[KU_2](t) = Pop__Betina[KU_2](t - dt) + (Pet_in[KU_2] - Pet_Out[KU_2]) * dtINIT
Pop__Betina[KU_2] = 0
Pop__Betina[KU_3](t) = Pop__Betina[KU_3](t - dt) + (Pet_in[KU_3] - Pet_Out[KU_3]) * dtINIT
Pop__Betina[KU_3] = 0
Pop__Betina[KU_4](t) = Pop__Betina[KU_4](t - dt) + (Pet_in[KU_4] - Pet_Out[KU_4]) * dtINIT
Pop__Betina[KU_4] = 0

```

#### INFLOWS:

```

Pet_in[KU_0] = IF MaxiBetina[KU_0]<(IF Max_KU=0 THEN '__Bibit_Ternak[Betina]
    *(100-Frac_mati_%[KU_0])/100 ELSE (round(((if time=0 then round('__Bibit_Ternak
    [Betina]*(Rasio_Lahir_%[Betina]/100)*((100-Frac_mati_%[KU_0])/100)) else if
    Max_KU=3 then round((Pop__Betina[KU_0]+Pop__Betina[KU_1]+Pop__Betina
    [KU_2])* (Rasio_Lahir_%[Betina]/100)*((100-Frac_mati_%[KU_0])/100)) else if
    Max_KU=2 then round((Pop__Betina[KU_0]+Pop__Betina[KU_1])* (Rasio_Lahir
   _%[Betina]/100)*((100-Frac_mati_%[KU_0])/100)) else if Max_KU=1 then round
    (Pop__Betina[KU_0]*(Rasio_Lahir_%[Betina]/100)*((100-Frac_mati_%[KU_0])/100))
    else round((Pop__Betina[KU_0]+Pop__Betina[KU_1]+Pop__Betina[KU_2]+Pop__
    Betina[KU_3])* (Rasio_Lahir_%[Betina]/100)*((100-Frac_mati_%[KU_0])/100)))*
    Angka_kelahiran)*((100-FracJual_%_A[KU_0])/100))) THEN MaxiBetina[KU_0]
ELSE (IF Max_KU=0 THEN '__Bibit_Ternak[Betina]*(100-Frac_mati_%[KU_0])/100
ELSE (round(((if time=0 then round('__Bibit_Ternak[Betina]*
    (Rasio_Lahir_%[Betina]/100)*((100-Frac_mati_%[KU_0])/100)) else if Max_KU=3 then
    round((Pop__Betina[KU_0]+Pop__Betina[KU_1]+Pop__Betina[KU_2])* (Rasio_Lahir_
    [%[Betina]/100)*((100-Frac_mati_%[KU_0])/100)) else if Max_KU=2 then
    round((Pop__Betina[KU_0]+Pop__Betina[KU_1])* (Rasio_Lahir_%[Betina]/100)*((100-
    Frac_mati_%[KU_0])/100)) else if Max_KU=1 then round(Pop__Betina[KU_0]
    *(Rasio_Lahir_%[Betina]/100)*((100-Frac_mati_%[KU_0])/100)) else round((Pop__
    Betina[KU_0]+Pop__Betina[KU_1]+Pop__Betina[KU_2]+Pop__Betina[KU_3])* (Rasio
    _Lahir_%[Betina]/100)*((100-Frac_mati_%[KU_0])/100)))*Angka_kelahiran)*((100-
    FracJual_%_A[KU_0])/100)))

```

```

Pet_in[KU_1] = IF MaxiBetina[KU_1]<round((if Max_KU<=0 then 0 else Pop__
    Betina[KU_0]*((100-Frac_mati_%[KU_1])/100)*(100-FracJual_%_A[KU_1])/100))
    THEN MaxiBetina[KU_1] ELSE round((if Max_KU<=0 then 0 else Pop__
    Betina[KU_0]*((100-Frac_mati_%[KU_1])/100)*(100-FracJual_%_A[KU_1])/100))
Pet_in[KU_2] = IF MaxiBetina[KU_2]<round((if Max_KU<=1 then 0 else Pop__
    Betina[KU_1]*((100-Frac_mati_%[KU_2])/100)*(100-FracJual_%_A[KU_2])/100))
    THEN MaxiBetina[KU_2] ELSE round((if Max_KU<=1 then 0 else Pop__
    Betina[KU_1]*((100-Frac_mati_%[KU_2])/100)*(100-FracJual_%_A[KU_2])/100))

```

```

Pet_in[KU_3] = IF MaxiBetina[KU_3]<round((if Max_KU<=2 then 0 else Pop__  

    Betina[KU_2]*((100-Frac_mati_%[KU_3])/100)*(100-FracJual_%_A[KU_3])/100))  

    THEN MaxiBetina[KU_3] ELSE round((if Max_KU<=2 then 0 else Pop__  

    Betina[KU_2]*((100-Frac_mati_%[KU_3])/100)*(100-FracJual_%_A[KU_3])/100))  

Pet_in[KU_4] = IF MaxiBetina[KU_4]<round((if Max_KU<=3 then 0 else Pop__  

    Betina[KU_3]*((100-Frac_mati_%[KU_4])/100)*(100-FracJual_%_A[KU_4])/100))  

    THEN MaxiBetina[KU_4] ELSE round((if Max_KU<=3 then 0 else Pop__  

    Betina[KU_3]*((100-Frac_mati_%[KU_4])/100)*(100-FracJual_%_A[KU_4])/100))

OUTFLOWS:  

    Pet_Out[KU_0] = Pop__Betina[KU_0]  

    Pet_Out[KU_1] = Pop__Betina[KU_1]  

    Pet_Out[KU_2] = Pop__Betina[KU_2]  

    Pet_Out[KU_3] = Pop__Betina[KU_3]  

    Pet_Out[KU_4] = Pop__Betina[KU_4]

STOCK  

Trans_1[Kelas_Umur](t) = Trans_1[Kelas_Umur](t - dt) + (Inflow_Trans_1[Kelas_Umur] -  

    Outflow_trans_1[Kelas_Umur]) * dtINIT Trans_1[Kelas_Umur] = 0  

    INFLOWS: Inflow_Trans_1[Kelas_Umur] = Trans1[Kelas_Umur]  

    OUTFLOWS: Outflow_trans_1[Kelas_Umur] = Trans_1[Kelas_Umur]

STOCK  

Trans_2[Kelas_Umur](t) = Trans_2[Kelas_Umur](t - dt) + (Inflow_trans_2[Kelas_Umur] -  

    Outflow_Trans_2[Kelas_Umur]) * dtINIT Trans_2[Kelas_Umur] = 0  

    INFLOWS: Inflow_trans_2[Kelas_Umur] = Trans_2B_2[Kelas_Umur]  

    OUTFLOWS: Outflow_Trans_2[Kelas_Umur] = Trans_2[Kelas_Umur]

Komposisi_ideal[KU_0] = 30  

Komposisi_ideal[KU_1] = 30  

Komposisi_ideal[KU_2] = 20  

Komposisi_ideal[KU_3] = 10  

Komposisi_ideal[KU_4] = 10  

MaturePop_Sex[Jantan] = ARAYSUM(Pop_Jantan[*])-Pop_Jantan[KU_0]  

MaturePop_Sex[Betina] = ARAYSUM(Pop_Betina[*])-Pop_Betina[KU_0]  

Maxi[Jantan] = Pop_Maximum-round(Pop_Maximum*Rasio_kawin:_betina_thd_1_jantan/  

    (Rasio_kawin:_betina_thd_1_jantan+1))  

Maxi[Betina] = round(Pop_Maximum*Rasio_kawin:_betina_thd_1_jantan/  

    (Rasio_kawin:_betina_thd_1_jantan+1))  

MaxiBetina[KU_0] = round(Maxi[Betina]*Komposisi_ideal[KU_0]/100)  

MaxiBetina[KU_1] = round(Maxi[Betina]*Komposisi_ideal[KU_1]/100)  

MaxiBetina[KU_2] = round(Maxi[Betina]*Komposisi_ideal[KU_2]/100)  

MaxiBetina[KU_3] = round(Maxi[Betina]*Komposisi_ideal[KU_3]/100)  

MaxiBetina[KU_4] = Maxi[Betina]-(round(Maxi[Betina]*Komposisi_ideal[KU_0]/100))-  

    (round(Maxi[Betina]*Komposisi_ideal[KU_1]/100))-  

    (round(Maxi[Betina]*Komposisi_ideal[KU_2]/100))-  

    (round(Maxi[Betina]*Komposisi_ideal[KU_3]/100))

Trans1[KU_0] = (IF Max_KU=0 THEN '_Bibit_Ternak[Betina]*(100-Frac_mati_%[KU_0])/100  

    ELSE (round((if time=0 then round('_Bibit_Ternak[Betina]*(Rasio_Lahir_%[Betina]/100)*  

        ((100-Frac_mati_%[KU_0])/100)) else if Max_KU=3 then round((Pop__Betina[KU_0]+  

        Pop__Betina[KU_1]+Pop__Betina[KU_2])*(Rasio_Lahir_%[Betina]/100)*((100-  

        Frac_mati_%[KU_0])/100))*1 else if Max_KU=2 then round((Pop__Betina[KU_0]+  

        Pop__Betina[KU_1])*(Rasio_Lahir_%[Betina]/100)*((100-Frac_mati_%[KU_0])/100)) else if  

        Max_KU=1 then round(Pop__Betina[KU_0]*(Rasio_Lahir_%[Betina]/100)*((100-  

        Frac_mati_%[KU_0])/100)) else round((Pop__Betina[KU_0]+Pop__Betina[KU_1]+  

        Pop__Betina[KU_2]+Pop__Betina[KU_3])*(Rasio_Lahir_%[Betina]/100)*((100-  

        Frac_mati_%[KU_0])/100)))*Angka_kelahiran)))  

Trans1[KU_1] = round(if Max_KU<=0 then 0 else Pop__Betina[KU_0]*(100-  

    Frac_mati_%[KU_1])/100)  

Trans1[KU_2] = round(if Max_KU<=1 then 0 else Pop__Betina[KU_1]*(100-  

    Frac_mati_%[KU_2])/100)

```

```

Trans1[KU_3] = round(if Max_KU<=2 then 0 else Pop_Betina[KU_2]*(100-
Frac_mati_[KU_3])/100)
Trans1[KU_4] = round(if Max_KU<=3 then 0 else Pop_Betina[KU_3]*(100-
Frac_mati_[KU_4])/100)
Trans_2B_2[KU_0] = if Rasio_Lahir_%[Betina]=0 then 0 else
round(((Trans1[KU_0]*100)/Rasio_Lahir_%[Betina])*Rasio_Lahir_%[Jantan]/100)
Trans_2B_2[KU_1] = if Rasio_Lahir_%[Betina]=0 then 0 else if time=0 then
Pop_Jantan_Pseu[KU_0]
else
round(((Trans1[KU_1]*100)/Rasio_Lahir_%[Betina])*Rasio_Lahir_%[Jantan]/100)
Trans_2B_2[KU_2] = if Rasio_Lahir_%[Betina]=0 then 0 else if time=1 then
Pop_Jantan_Pseu[KU_1]
else
round(((Trans1[KU_2]*100)/Rasio_Lahir_%[Betina])*Rasio_Lahir_%[Jantan]/100)
Trans_2B_2[KU_3] = if Rasio_Lahir_%[Betina]=0 then 0 else if time=2 then
Pop_Jantan_Pseu[KU_2]
else
round(((Trans1[KU_3]*100)/Rasio_Lahir_%[Betina])*Rasio_Lahir_%[Jantan]/100)
Trans_2B_2[KU_4] = if Rasio_Lahir_%[Betina]=0 then 0 else if time=3 then
Pop_Jantan_Pseu[KU_3]
else
round(((Trans1[KU_4]*100)/Rasio_Lahir_%[Betina])*Rasio_Lahir_%[Jantan]/100)
Tunda_Trans_1[Kelas_Umur] = DELAY(Trans_1[Kelas_Umur],TMK_UT-1,0)
Tunda_Trans_2[Kelas_Umur] = DELAY(Trans_2[Kelas_Umur],TMK_UT-1,0)
Jual_Betina[Kelas_Umur] = DELAY(Jual_Betina_Pseu[Kelas_Umur],TMK_UT-1,0)
Jual_Betina_Pseu[KU_0] = if time=0 then 0 else if time>Waktu_Analisis then 0 else if
time=Waktu_Analisis then Trans_1[KU_0] else if Max_KU<=0 then
'_Bibit_Ternak[Betina]*(100-Frac_mati_[KU_0])/100 else
Trans_1[KU_0]-Pop_Betina_Pseu[KU_0]
Jual_Betina_Pseu[KU_1] = if time=0 then 0 else if time>Waktu_Analisis then 0 else if
time=Waktu_Analisis then Trans_1[KU_1] else if Max_KU=0 then 0 else if Max_KU=1 then
Trans_1[KU_1] else Trans_1[KU_1]-Pop_Betina_Pseu[KU_1]
Jual_Betina_Pseu[KU_2] = if time=0 then 0 else if time>Waktu_Analisis then 0 else if
time=Waktu_Analisis then Trans_1[KU_2] else if Max_KU<=1 then 0 else if Max_KU=2 then
Trans_1[KU_2] else Trans_1[KU_2]-Pop_Betina_Pseu[KU_2]
Jual_Betina_Pseu[KU_3] = if time=0 then 0 else if time>Waktu_Analisis then 0 else if
time=Waktu_Analisis then Trans_1[KU_3] else if Max_KU<=2 then 0 else if Max_KU=3 then
Trans_1[KU_3] else Trans_1[KU_3]-Pop_Betina_Pseu[KU_3]
Jual_Betina_Pseu[KU_4] = if time>Waktu_Analisis then 0 else Trans_1[KU_4]
Jual_Jantan[Kelas_Umur] = DELAY(Jual_Jantan_Pseu[Kelas_Umur],TMK_UT-1,0)
Jual_Jantan_Pseu[KU_0] = if time=0 then 0 else if time>Waktu_Analisis then 0 else if Max_KU=0
then
'_Bibit_Ternak[Jantan]*(100-Frac_mati_[KU_0])/100 else if Max_KU=0 and
time=Waktu_Analisis then
'_Bibit_Ternak[Jantan]*(100-Frac_mati_[KU_0])/100 else if time=Waktu_Analisis then
Trans_2[KU_0] else Trans_2[KU_0]-Pop_Jantan_Pseu[KU_0]
Jual_Jantan_Pseu[KU_1] = if time=0 then 0 else if time>Waktu_Analisis then 0 else if
time=Waktu_Analisis then Trans_2[KU_1] else if Max_KU<1 then 0 else if Max_KU=1 then
Trans_2[KU_1] else Trans_2[KU_1]-Pop_Jantan_Pseu[KU_1]
Jual_Jantan_Pseu[KU_2] = if time=0 then 0 else if time>Waktu_Analisis then 0 else if
time=Waktu_Analisis then Trans_2[KU_2] else if Max_KU<2 then 0 else if Max_KU=2 then
Trans_2[KU_2] else Trans_2[KU_2]-Pop_Jantan_Pseu[KU_2]
Jual_Jantan_Pseu[KU_3] = if time=0 then 0 else if time>Waktu_Analisis then 0 else if
time=Waktu_Analisis then Trans_2[KU_3] else if Max_KU<3 then 0 else if Max_KU=3 then
Trans_2[KU_3] else Trans_2[KU_3]-Pop_Jantan_Pseu[KU_3]
Jual_Jantan_Pseu[KU_4] = if time>Waktu_Analisis then 0 else Trans_2[KU_4]

TotJualBetina = ARRAYSUM(Jual_Betina[*])
TotJualJantan = ARRAYSUM(Jual_Jantan[*])
Jual[Kelas_Umur] = Jual_Jantan[Kelas_Umur]+Jual_Betina[Kelas_Umur]
'__Total_jual_Ternak_ind = ARRAYSUM(Jual[*])

Pop_Betina_Pseu[KU_0] = if time>(Waktu_Analisis) then 0 else Pop_Betina[KU_0]

```

```

Pop_Betina_Pseu[KU_1] = if time=0 then 0 else if time>(Waktu_Analisis) then 0 else
Pop_Betina[KU_1]
Pop_Betina_Pseu[KU_2] = if time=1 then 0 else if time>(Waktu_Analisis) then 0 else
Pop_Betina[KU_2]
Pop_Betina_Pseu[KU_3] = if time=2 then 0 else if time>(Waktu_Analisis) then 0 else
Pop_Betina[KU_3]
Pop_Betina_Pseu[KU_4] = if time=3 then 0 else if time>(Waktu_Analisis) then 0 else
Pop_Betina[KU_4]
Pop_Betina[Kelas_Umur] = DELAY(Pop_Betina_Pseu[Kelas_Umur],TMK_UT-1,0)
Pop_Jantan_Pseu[Kelas_Umur] = if Rasio_kawin:_betina_thdp_1_jantan=0 then 0 else
round(Pop_Betina_Pseu[Kelas_Umur]/Rasio_kawin:_betina_thdp_1_jantan)
Pop_Jantan[Kelas_Umur] = DELAY(Pop_Jantan_Pseu[Kelas_Umur],TMK_UT-1,0)
Populasi[Kelas_Umur] = Pop_Betina[Kelas_Umur]+Pop_Jantan[Kelas_Umur]
Pop_makan_Proj[Kelas_Umur] = if time>Waktu_Analisis then 0 else round((if time=TMK_UT-1 then (Tunda_Trans_1[Kelas_Umur]+Tunda_Trans_2[Kelas_Umur]+Populasi[Kelas_Umur]) else (Tunda_Trans_1[Kelas_Umur]+Tunda_Trans_2[Kelas_Umur]+Populasi[Kelas_Umur])/2.5))
Pop_Maximum = 2000
TotPopBetina_ = ARAYSUM(Pop_Betina[*])
TotPopJantan_ = ARAYSUM(Pop_Jantan[*])
TotPop_Ternak'_ind = ARAYSUM(Populasi[*])

```

Berdasarkan formulasi tersebut, diperoleh 2 luaran sebagai variabel utama yang didefinisikan sebagai beban kerja dan produktifitas ternak, yaitu:

- **Populasi[Kelas\_Umur] = Pop\_Betina[Kelas\_Umur]+Pop\_Jantan[Kelas\_Umur]** dapat didefinisikan sebagai  $Pop_{i,j,k,t}$ , yaitu rincian jumlah populasi ternak ke-i pada masing-masing jenis kelamin ke-j, kelas umur ke-k dan tahun ke-t.
- **Jual[Kelas\_Umur] = Jual\_Jantan[Kelas\_Umur]+Jual\_Betina[Kelas\_Umur]** dapat didefinisikan sebagai  $TJ_{i,j,k,t}$ , yaitu rincian jumlah ternak ke-i pada masing-masing jenis kelamin ke-j dan kelas umur ke-j yang diproduksi (dijual) pada tahun ke-t.

Selanjutnya, jika  $BT_{i,j,k}$ , adalah bobot rata-rata ternak eqivalent massa daging pada jenis kelamin ke-j pada kelas umur ke-k untuk jenis ternak ke-i; maka hasil produksi eqivalent produksi daging jenis ke-i di unit kelola peternakan ( $PDaging_{i,t}$ ) adalah:

$$PDaging_{i,t} = \sum_{j=1,k=1}^n TJ_{i,j,k,t} \times BT_{i,j,k},$$

Jika unit kelola juga mengikuti sertakan produksi ikutan berupa susu dan feses sebagai pupuk kandang, dan  $ProdSusu_{i,betina,k \geq kup}$  adalah produksi harian susu perahan jenis ternak ke-i pada kelas umur ke-k dimana KUP adalah kelas umur perah dan  $JHP_i$  adalah jumlah hari perah per tahun, maka produksi susu jenis ke-i pada tahun ke-t ( $PSusu_{i,t}$ ) adalah :

$$PSusu_{i,t} = \sum_{k \geq kup}^n Pop_{i,betina,k,t} \times ProdSusu_{i,betina,k \geq kup} \times JHP_i$$

Sementara itu, jika jumlah feses harian ternak didekati dengan rasio feses terhadap bobot ternak ( $\%Feses_i$ ), maka produksi feses pada tahun ke-t ( $PFeses_t$ ) adalah:

$$PFeses_t = \sum_{i=1,j=1,k=1}^n (Pop_{i,j,k,t} \times BT_{i,j,k} \times \%Feses_i)$$

Selanjutnya, **Pop\_makan\_Proj[Kelas\_Umur]** yang didefinisikan sebagai  $PopFeed_{i,j,k,t}$  serta  $\%FeedGrass_i$ ,  $\%Drink_i$  dan  $FracBath_i$  adalah jumlah populasi ternak ke-i yang memerlukan kebutuhan pakan rumput, minum dan mandi harian yang didekati dengan rasio/persentase terhadap bobot, maka :

- Jika 1 adalah kodefikasi metode budidaya ( $P/G_i$ ) dengan sistem kandang (*pasturage*) dan 2 adalah kodefikasi metode budidaya dengan sistem pengembalaan (*grazing*) maka jumlah ternak dan jumlah kebutuhan rumput pakan pada tahun ke-t ( $Grass_t$ ) adalah :

$$if P/G_i = 1 then PopFeed_{pasturage-i,j,k,t} else PopFeed_{grazing-i,j,k,t}$$

$$GrassP_t = \sum_{i=1,j=1,k=1}^n (PopFeed_{pasturage-i,j,k,t} \times BT_{i,j,k} \times \%FeedGrass_i \times 365)$$

Jika  $Prod_{pasturage}$  adalah produktifitas lahan dalam memproduksi rumput pakan per satuan siklus panen dan  $HT_{pasturage}$  adalah jumlah hari per siklus panen rumput pakan, maka jumlah kebutuhan luas kebun rumput pakan rumput pada tahun ke-t ( $LL_{pasturage-t}$ ) adalah :

$$LL_{pasturage-t} = \frac{(GrassP_t/365) \times HT_{pasturage}}{Prod_{pasturage}} \times$$

Jika  $CarCap_{i,j,k}$  adalah kebutuhan luas daya dukung lahan per 1 ternak pada kelas umur ke-k dan jenis ke-i, maka jumlah kebutuhan ladang pengembalaan pada tahun ke-t ( $LL_{Grazing-t}$ ) adalah :

$$LL_{Grazing-t} = \sum_{G-i=1,j=1,k=1}^n (PopFeed_{grazing-i,j,k,t} \times CarCap_{i,j,k})$$

- Jumlah kebutuhan air untuk ternak pada tahun ke-t ( $WatPet_t$ ) adalah :

$$Wat_t = \sum_{i=1,j=1,k=1}^n (PopFeed_{i,j,k,t} \times BT_{i,j,k} \times ((1 + FracBath_i) \times \%Drink_i) \times 365)$$

## b. Sub-sub model material dan bahan unit kelola peternakan

Pemerincian material dan bahan di unit kelola hortikultura dibangun dalam 6 sektor model dan 153 ruang data input. Beberapa hal yang spesifik meliputi

pendefinisian dan formulasi kebutuhan bibit ternak, konsentrat, obat-vitamin, kandang dan bibit rumput pakan.

- Kebutuhan bibit ternak.

Sebagai unit kelola pembiakan ternak, jumlah ternak adalah variabel keputusan yang diambil pada tahun mulai kegiatan. Jika  $TMK_{Ternak}$ ,  $Bibit_{i,Jantan,k=KU0}$  dan  $Bibit_{i,Betina,k=KU0}$ , adalah tahun mulai kegiatan unit kelola ternak, keputusan jumlah bibit jantan dan betina kelas umur 0 tahun dimana  $Bibit_{i,betina,K=KU0} = RK_i \times Bibit_{i,jantan,k=KU0}$  maka :

$$\text{if } time = TMK_{Ternak} \text{ then } Bibit_{i,Jantan,k=KU0} \cup Bibit_{i,Betina,k=KU0}$$

$$\text{else } Pop_{i,j,k,t}$$

- Konsentrat

Konsentrat adalah pakan tambahan selain rumput pakan yang berfungsi untuk meningkatkan mutu gizi pakan sehingga mempercepat pertumbuhan dan perkembangan ternak. Konsentrat didefinisikan terdiri dari 4 jenis kandungan konsentrat (A, B, C dan D) dengan campuran komposisi tertentu (Hasanah *et al.* 2022; Duncan *et al.* 2023). Formulasi kebutuhan pengadaan konsentrat adalah sama dengan formulasi kebutuhan rumput pakan, yaitu jika  $\%Cons_i$  adalah rasio kebutuhan konsentrat per hari dalam satuan persentase terhadap bobot ternak ke-*i* dan  $Cons_{i,\%compo-l}$  adalah komposisi kandungan konsentrat ke-*l* untuk pakan jenis ternak ke-*i*, maka jumlah kebutuhan konsentrat kandungan ke-*l* pada tahun ke-*t* ( $Feed_{cons-l,t}$ ) adalah :

$$Feed_{cons-l,t} = \sum_{i=1,j=1,k=1}^n \left( PopFeed_{i,j,k,t} \times BT_{i,j,k} \times \%Cons_i \times Cons_{i,compo-l} \times 365 \right)$$

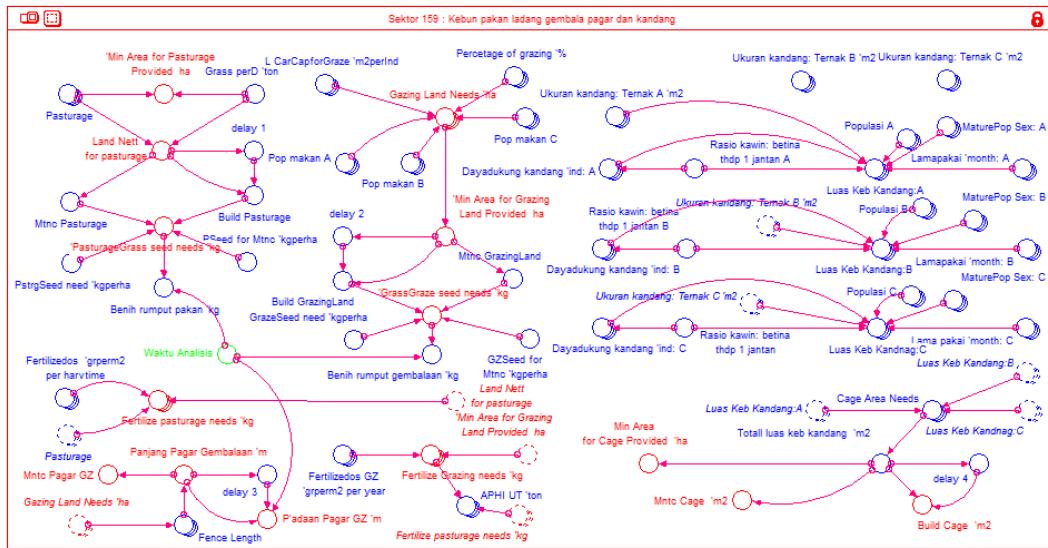
- Obat-vitamin

Sedikit berbeda dengan formulasi kebutuhan pakan dan konsentrat, kebutuhan obat-vitamin diformulasi dengan satuan dosis terhadap satuan individu ternak, dimana jika  $Dos_{OV-m,i,j,k}$  dan  $FOV_{m,i,j,k}$  adalah dosis dan frekuensi per tahun pemberian obat vitamin ke-*m* untuk ternak ke-*i* dan jenis kelamin ke-*j* pada kelas umur ke-*k*, maka kebutuhan obat dan vitamin pada tahun ke-*t* ( $OV_{m,t}$ ) adalah :

$$OV_{m,t} = \sum_{i=1,j=1,k=1}^n \left( PopFeed_{i,j,k,t} \times Dos_{OV-m,i,j,k} \times FOV_{m,i,j,k} \right)$$

- Kandang

Kandang ternak didefinisikan terdiri dari 7 jenis kandang (*o*), yaitu kandang pejantan, dewasa/kawin, hamil, menyusui, anak, penggemukkan dan karantina. Jika  $Uk_{Kand-o,i}$ ,  $DD_{Kand-o,i}$ , dan  $Bulpak_{Kand-o,i}$  adalah ukuran kandang, daya dukung/tampung dan jumlah bulan pakai kandang ke-*o* untuk jenis ternak ke-*i*, maka kebutuhan luas kandang pada tahun ke-*t* sesuai pertumbuhan populasi diformulasi sebagai berikut. Formulasi tersebut dibangun pada sektor 159 (Gambar 98).



Gambar 98 Sektor model 159: peta formulasi sub model peternakan

- Kandang jantan ( $LK_{o=1,i,t}$ ):

$$LK_{o=1,i,t} = \frac{Pop_{i,j=1,k \geq 2,t} \times Uk_{Kand-o=1,i}}{DD_{Kand-o=1,i}} \times \frac{Bulpak_{Kand-o=1,i}}{12}$$

- Kandang kawin ( $LK_{o=2,i,t}$ ):

$$LK_{o=2,i,t} = \frac{Pop_{i,j,k \geq 2,t} \times Uk_{Kand-o=2,i}}{DD_{Kand-o=2,i}} \times \frac{Bulpak_{Kand-o=2,i}}{12}$$

- Kandang hamil ( $LK_{o=2,i,t}$ ):

$$LK_{o=3,i,t} = \frac{Pop_{i,j=2,k \geq 2,t} \times Uk_{Kand-o=3,i}}{DD_{Kand-o=3,i}} \times \frac{Bulpak_{Kand-o=3,i}}{12}$$

- Kandang menyusui ( $LK_{o=4,i,t}$ ):

$$LK_{o=4,i,t} = \frac{Pop_{i,j,k=1,t} \times Uk_{Kand-o=4,i}}{DD_{Kand-o=4,i}} \times \frac{Bulpak_{Kand-o=4,i}}{12}$$

- Kandang anak ( $LK_{o=5,i,t}$ ):

$$LK_{o=5,i,t} = \frac{Pop_{i,j,k=1,t} \times Uk_{Kand-o=5,i}}{DD_{Kand-o=5,i}} \times \frac{Bulpak_{Kand-o=5,i}}{12}$$

- Kandang penggemukan ( $LK_{o=6,i,t}$ ):

$$LK_{o=6,i,t} = \frac{Pop_{i,j,k \geq 2,t} \times Uk_{Kand-o=6,i}}{DD_{Kand-o=6,i}} \times \frac{Bulpak_{Kand-o=6,i}}{12}$$

- Kandang karantina ( $LK_{o=7,i,t}$ ):

$$LK_{o=7,i,t} = \frac{Pop_{i,j,k=1,t} \times Uk_{Kand-o=7,i}}{DD_{Kand-o=7,i}} \times \frac{Bulpak_{Kand-o=7,i}}{12}$$

Sehingga demikian, luas kandang ke-o pada tahun ke-t untuk jenis ternak ke-i ( $LK_{o,i,t}$ ) adalah:

$$LK_{o,i,t} = LK_{o=1,i,t} \cup LK_{o=2,i,t} \\ \cup LK_{o=3,i,t} \cup LK_{o=4,i,t} \cup LK_{o=5,i,t} \cup LK_{o=6,i,t} \cup LK_{o=7,i,t}$$

Serta jumlah luas kandang untuk ternak ke-i ( $JLK_{i,t}$ ) dan total luas kandang ( $TLK_t$ ) adalah:

$$JLK_{i,t} = \sum_{o=1}^n LK_{o,i,t}; \quad TLK_t = \sum_{i=1}^n JK_{i,t};$$

- Bibit rumput pakan.

Jika  $Benih_{Pasturage-bgn}$ ,  $Benih_{Pasturage-pmlh}$ ,  $Benih_{Graze-bgn}$  dan  $Benih_{Grazing-pmlh}$  adalah jumlah kebutuhan benih untuk pembangunan dan pemeliharaan kebun rumput pakan dan ladang pengembalaan, maka jumlah kebutuhan benih pada tahun ke-t ( $Benih_{Pasturage-t}$  dan  $Benih_{Graze-t}$ ) adalah

$$Benih_{Pasturage-t} = ((LL_{pasturage-t} - LL_{pasturage-(t-1)}) \times Benih_{Pasturage-bgn}) \\ + (LL_{pasturage-t} \times Benih_{Pasturage-pmlh}) \\ Benih_{Grazing-t} = ((LL_{Grazing-t} - LL_{Grazing-(t-1)}) \times Benih_{Grazing-bgn}) \\ + (LL_{Grazing-t} \times Benih_{Grazing-pmlh})$$

Selanjutnya formulasi kebutuhan amelioran, pupuk dan bahan stimulan lainnya adalah sama dengan format formulasi amelioran, pupuk dan stimulan pada sub unit budidaya hutan tanaman, hasil hutan bukan kayu dan dan hortikultura.

- c. Sub-sub model alat dan kendaraan unit kelola peternakan

Pemerincian alat dan kendaraan di unit kelola peternakan dibangun dalam 4 sektor model dan 28 ruang data input. Variabel-variabel keputusannya umumnya telah didefinisikan di sub model HHK, HHBK dan Hortikultura. Beberapa pendefinisian dan formulasi alat kendaraan yang baru dan spesifik di sub-sub model alat dan kendaraan unit kelola peternakan ini antara lain:

- Alat berat olah lahan. Formulasinya adalah sama dengan formulasi alat berat olah di unit kelola HHBK, hanya di unit kelola peternakan, alat berat olah lahan, atau tepatnya alat berat pembentukan lahan hanya pada tahun awal mulai kegiatan unit kelola peternakan ( $TMK_{Ternak}$ ). Formulasinya adalah beban kerja luas lahan dibagi prestasi kerja alat berat lahan:

$$JK\&A_{AB\ ol-Ternak,t} : if\ time \\ = TMK_{Ternak}\ then\ round\left(\frac{BK_{ol-Ternak,t}}{PKK\&A_{AB\ ol-i}}, 0\right)\ else\ 0$$

- Traktor kecil. Traktor kecil didefinisikan sebagai alat sedang, yang difungsikan sebagai alat tarik gerbong pakan dari kebun rumput pakan, ruang pengolahan hingga kandang serta gerbong feses dari kandang hingga area pengolahan feses. Jika  $PKK\&A_{TK}$  adalah prestasi kerja traktor kecil per hari yang diformulasikan dari jarak angkutan dibagi perkalian dari

jumlah muatan dan SOP kecepatan serta jam kerja per hari, maka jumlah kebutuhan traktor kecil pada tahun ke-t ( $JK\&A_{AS-TK,t}$ ) adalah :

$$JK\&A_{AS-TK,t} = \text{round} \left( \frac{\text{GrassP}_t / 365}{PKK\&A_{TK}}, 0 \right)$$

- *Chopper* atau alat pencacah rumput pakan. Jika  $PKK\&A_{Chop}$  adalah prestasi kerja alat pencacah, yaitu jumlah rumput pakan yang dapat dicacah per jam dan  $JKE_{Chop}$  adalah jam kerja efektif alat pencacah, maka jumlah kebutuhan alat pencacah pada tahun ke-t ( $JK\&A_{AS-chop,t}$ ) adalah :

$$JK\&A_{AS-Chop,t} = \text{round} \left( \frac{\text{GrassP}_t / 365}{PKK\&A_{Chop} \times JKE_{Chop}}, 0 \right)$$

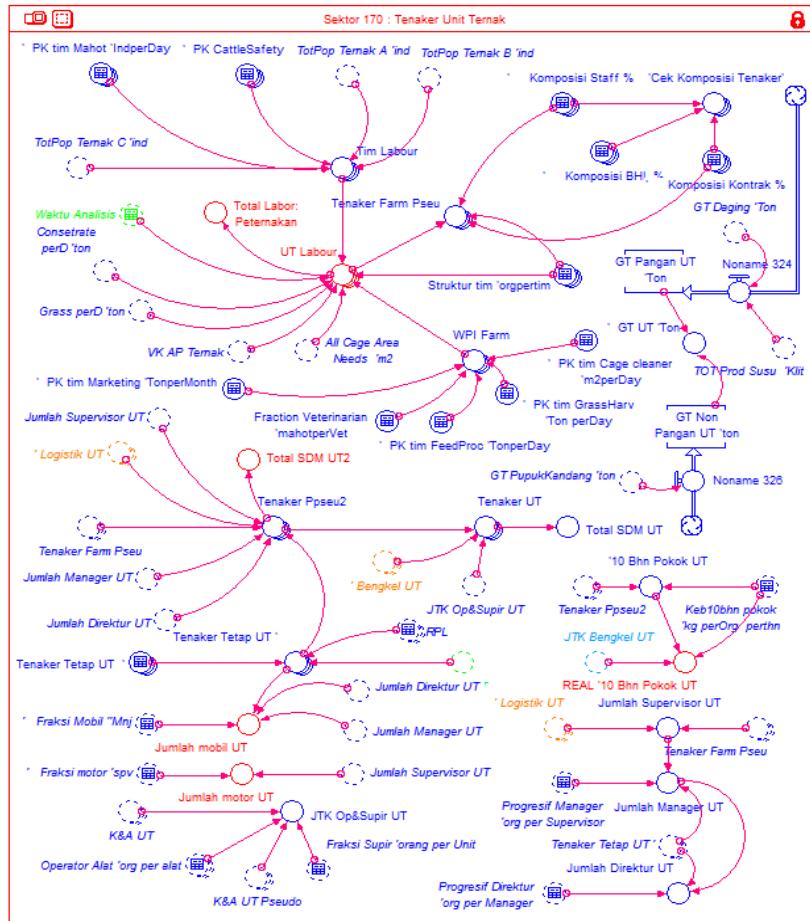
- *Mixer* atau alat pencacah pengaduk, yang mana pada unit kelola peternakan difungsikan sebagai alat pengaduk konsentrat. Jika  $PKK\&A_{Mix}$  adalah prestasi kerja alat pengaduk, yaitu jumlah konsentrat yang dapat diaduk per jam dan  $JKE_{Mix}$  adalah jam kerja efektif alat pengaduk, maka jumlah kebutuhan alat pengaduk pada tahun ke-t ( $JK\&A_{AS-Mix,t}$ ) adalah :

$$JK\&A_{AS-Mix,t} = \text{round} \left( \frac{\sum_{l=1}^4 \text{Feed}_{cons-l,t} / 365}{PKK\&A_{Mix} \times JKE_{Mix}}, 0 \right)$$

#### d. Sub-sub model tenaga kerja unit kelola peternakan

Variabel-variabel tenaga kerja didefinisikan dan diformulasi menggunakan format yang sama dengan tenagakerja di sub unit lainnya, dimana kebutuhan tenaga kerja adalah rasio dari beban kerja dan prestasi kerja masing-masing jenis pekerjaan di unit kelola peternakan. Pendefinisian dan formulasi sub-sub model tenaga kerja peternakan ini terbangun dengan sederhana dalam 4 sektor model dan 41 ruang data input. Berikut disampaikan beberapa formulasi model untuk variabel-variabel spesifik di unit kelola peternakan, yang diantaranya di formulasi di sektor 170 seperti disajikan pada Gambar 99.

- Mahot, meliputi jenis pekerjaan pengasuh, pembersih kandang dan pengumpul feses, pemelihara dan pemanenan rumput pakan, pengolah pakan, pemerah susu dan pengamanan ternak.



Gambar 99 Sektor model 170: peta formulasi tenaga kelola peternakan

- Pengasuh ternak; memiliki tanggung jawab dalam pengasuhan ternak, mulai dari pemberian pakan, obat, vitamin dan memandikan ternak, dengan satuan beban kerja jumlah individu ternak. Jika  $Pop_{i,j,k,t}$  adalah jumlah populasi ternak ke-*i*, jenis kelamin ke-*j* dan kelas umur ke-*k* pada tahun ke *t* serta  $PKT_{PT-i}$  adalah prestasi kerja atau tanggung-jawab pengasuhan ternak tim kerja pengasuhan ternak ke-*i*, maka jumlah tim kerja pengasuhan ternak pada tahun ke-*t* ( $TK_{PT,t}$ ) adalah :

$$TK_{PT,i,t} = \text{round} \left( \frac{\sum_{j=1, k=1}^n Pop_{i,j,k,t}}{PKT_{PT-i}}, 0 \right); \quad TK_{PT,t} = \sum_{i=1}^n JTK_{PT,i,t}$$

- Pembersih kandang; memiliki tanggung jawab pekerjaan pembersihan kandang dan pengumpulan feses. Formulasi didekati dengan luas kandang sebagai beban kerja. Jika  $TLK_t = \sum_{o=1, i=1}^n LK_{o,i,t}$  adalah total luas kandang pada tahun ke-*t*, dan  $PKT_{PK}$  adalah prestasi kerja atau tanggung-jawab luas kandang dibersihkan per hari oleh tim kerja pembersih kandang, maka jumlah tim kerja pembersih kandang tahun ke-*t* ( $TK_{PK,t}$ ) adalah :

$$TK_{PK,t} = \text{round} \left( \frac{TLK_t}{PKT_{PK}}, 0 \right)$$

- Pemelihara dan pemanenan rumput pakan; memiliki tanggung jawab pengadaan rumput pakan secara berkelanjutan dari kebun rumput pakan. Beban kerja didekati dengan jumlah kebutuhan hijauan rumput pakan per hari ( $GrassP_t/365$ ). Jika  $PKT_{TG}$  adalah prestasi kerja atau tanggung-jawab pengadaan rumput pakan segar per hari , maka jumlah tim kerja rumput pakan tahun ke-t ( $TK_{TG,t}$ ) adalah :

$$TK_{PK,t} = \text{round} \left( \frac{GrassP_t/365}{PKT_{TG}}, 0 \right)$$

- Pengolah pakan; memiliki tanggung jawab pencacahan dan pengadukkan pakan hingga siap disajikan pada ternak dengan standard kualitas yang cukup dan memadai. Beban kerja didekati dengan jumlah rumput pakan dan konsentrat per hari ( $GrassP_t/365 + \sum_{l=1}^n Feed_{cons-l,t}/365$ ). Jika  $PKT_{PP}$  adalah prestasi kerja atau tanggung-jawab pengolahan pakan per hari , maka jumlah tim kerja rumput pakan tahun ke-t ( $TK_{TG,t}$ ) adalah :

$$TK_{PP,t} = \text{round} \left( \frac{GrassP_t/365 + \sum_{l=1}^n Feed_{cons-l,t}/365}{PKT_{TG}}, 0 \right)$$

- Pemerah susu; memiliki tanggung jawab pemerasan susu jika produksi susu menjadi pilihan keputusan dalam unit kelola. Beban kerja didekati dengan rasio jumlah tenaga kerja operator ( $r_{AR-PS}$ ) per jumlah alat perah ( $JK\&A_{AR-PS}$ ) dimana alat perah didefinisikan sebagai alat ringan. Sehingga demikian, jumlah tim kerja pemerah susu pada tahun ke-t ( $TK_{PS,t}$ ) adalah:

$$TK_{PS,t} == \text{round} \left( \frac{JK\&A_{AR-PS}}{r_{AR-PS}}, 0 \right)$$

- Pengamanan ternak; memiliki tanggung jawab pengamanan ternak dengan satuan beban kerja jumlah individu ternak. Jika  $PKT_{ST}$  adalah prestasi kerja atau tanggung-jawab pengamanan ternak tim kerja pengamanan, maka jumlah tim kerja pengasuhan ternak pada tahun ke-t ( $TK_{ST,t}$ ) adalah :

$$TK_{PT,t} = \text{round} \left( \frac{\sum_{i=1,j=1,k=1}^n Pop_{i,j,k,t}}{PKT_{ST-i}}, 0 \right)$$

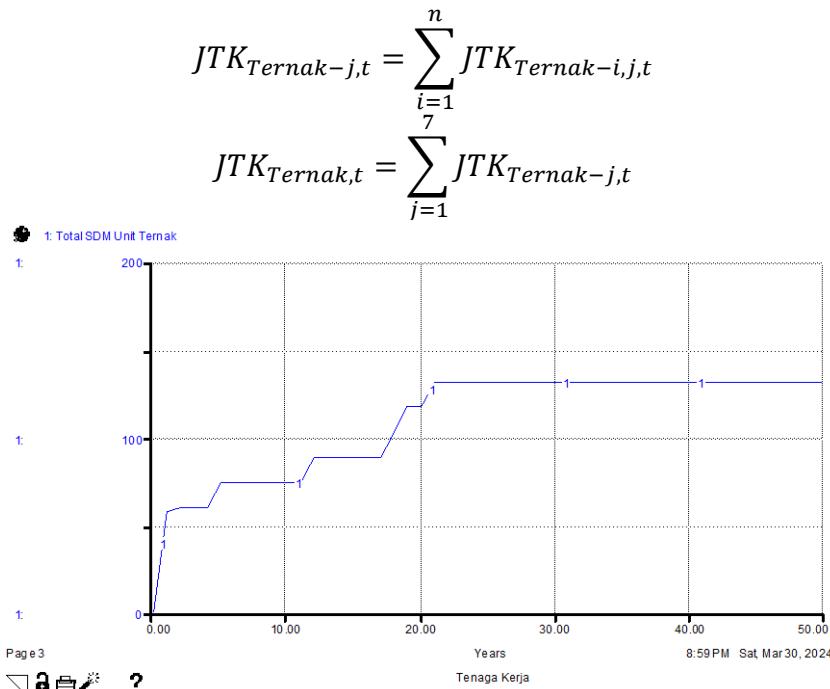
Jika  $K_{Mahot-i,j \geq 4}$  adalah komposisi tenaga kerja supervisor, staf, kontrak dan buruh, maka jumlah tenaga kerja berdasarkan tingkatan jabatan ke-j tersebut ( $JTK_{j \geq 4,t}$ ) adalah :

$$JTK_{j \geq 4,t} = \sum_{i=1}^n (TK_i \times K_{i,j \geq 4})$$

- Dokter hewan, didekati dengan rasio jumlah tim pengasuh per 1 dokter hewan ( $r_{Vet}$ ). Dokter hewan didefinisikan dalam tingkatan jaban manager, sehingga maka jumlah dokter hewan ( $JTK_{Vet,j=3}$ ) adalah:

$$JTK_{Vet,j=3} = \text{round} \left( \frac{TK_{PT,t}}{r_{Vet}}, 0 \right)$$

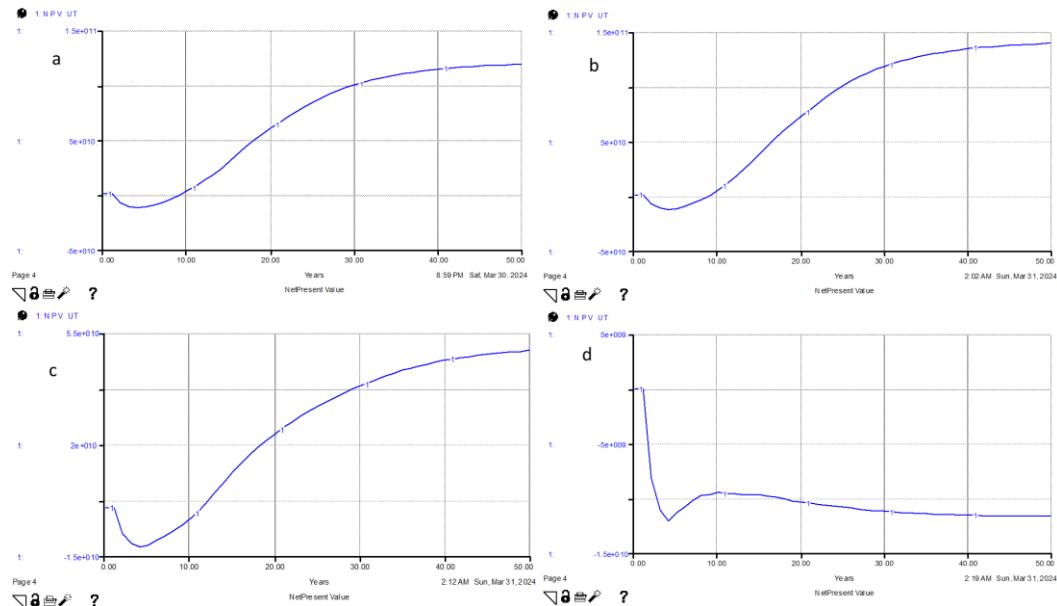
Selanjutnya, tenaga kerja dan distribusinya berdasarkan tingkatan jabatan tenaga kerja ke- $j$  pada masing-masing jenis pekerjaan ke- $i$  diformulasikan dengan format formulasi yang sama dengan tenaga kerja pada unit kelola HHK, hingga diperoleh detail tenaga kerja per jenis pekerjaan ke- $i$  dan tingkatan jabatan ke- $j$  pada tahun ke- $t$  ( $JTK_{Ternak-j,t}$ ) serta total sumberdaya manusia ( $JTK_{Ternak,t}$ ) berikut dinamikanya berdasarkan perkembangan unit kelola ternak pada tahun ke- $t$  seperti contoh disajikan pada Gambar 100.



Gambar 100 Sektor model 170: tenaga kerja unit kelola peternakan

#### e. Sub-sub model finansial unit kelola peternakan

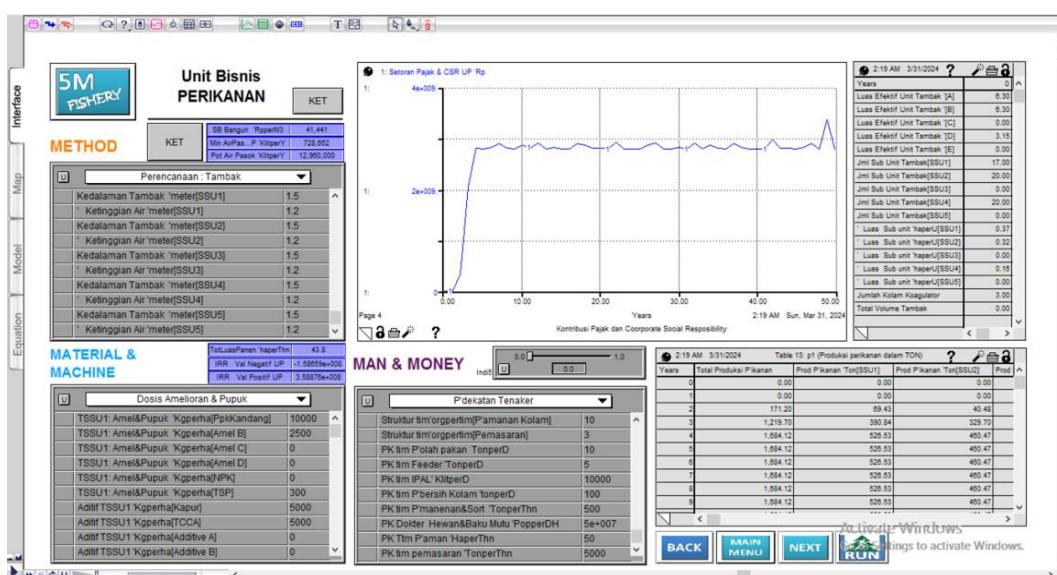
Sama dengan sub unit kelola lainnya, fungsi serta format formulasi sub-sub model finansial adalah sama dengan format formulasi pada sub model unit kelola lainnya. Pemerincian dibangun dalam 6 sektor model dan 94 ruang data input untuk menerima data masukan dan kemudian mengolahnya menjadi informasi-informasi utama terkait penerimaan pendapatan dan kebutuhan pembiayaan dan kelayakan usaha. Salah satu contoh tampilan informasi hasil pengolahan data (simulasi) terkait kelayakan usaha seperti disajikan pada Gambar 101. Gambar tersebut merujuk Gambar 95, dimana disimulasikan 4 keputusan perencanaan usaha ternak dan pengaturan populasi dan penjualan yang berbeda.



Gambar 101 Contoh grafik kelandaian grafik NPV sebagai salah satu indikator kelayakan usaha dari 4 pilihan keputusan kelola populasi yang berbeda

#### 6.3.3.6 Sub model budidaya perikanan

Sub model kelola perikanan mendefinisikan dan menformulasikan variabel-variabel keputusan terkait metode, material, bangunan, kendaraan dan alat, tenaga kerja dan kelayakan usaha unit kelola perikanan. Ruang lingkup perikanan dalam model adalah budidaya perikanan darat melalui penggunaan ruang kawasan untuk kolam-kolam buatan. Perikanan dalam model ini tidak termasuk perikanan tangkap. Demikian juga untuk unit kelola HHBK dan Peternakan, yang termasuk dalam model adalah unit usaha budidaya, sementara yang tidak termasuk adalah unit usaha yang bersifat pungut, buru atau ekstraksi dari sediaan alam.

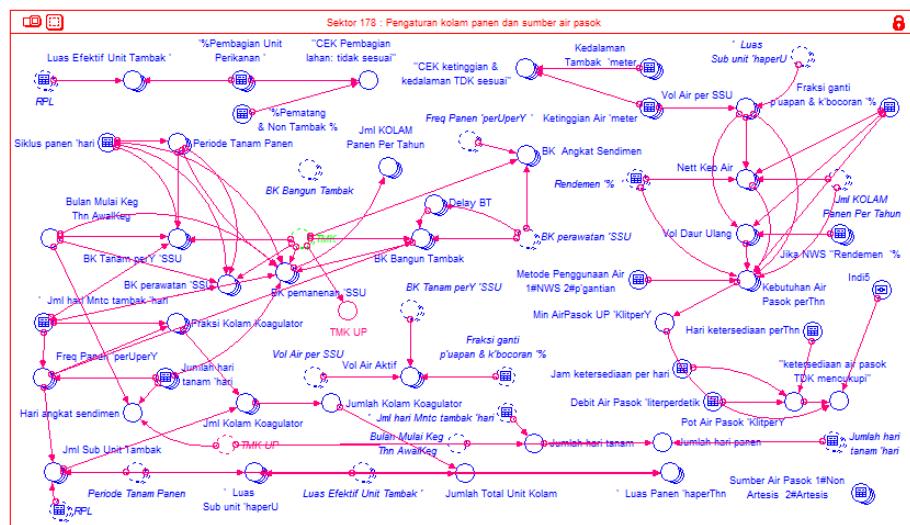


Gambar 102 Interface sub model peternakan

Pendefinisan sub model perikanan diinformulasikan melalui 5 sub-sub model, 32 sektor model dan total 426 ruang data input. Pengisian, pemrosesan dan evaluasi data disediakan pada satu layar utama (*interface*, Gambar 102) yang memuat 3 tabel dan 1 slider pengisian data; 13 tabel, 6 baris dan 4 grafik data luaran serta 7 tombol-tombol menu, informasi dan navigasi.

#### a. Sub-sub model metode unit kelola perikanan

Pemerincian ini dibangun dalam 5 sektor model dan 78 ruang data input untuk menerima data masukan dan kemudian mengolahnya menjadi informasi-informasi utama terkait tata waktu dari beban kerja masing-masing jenis pekerjaan serta proyeksi produksi ikan. Salah satu sektor seperti disajikan pada Gambar 103.



Gambar 103 Sektor model 178: peta sub model metode ternak

Kolam atau tambak adalah variabel utama yang menjadi variabel kunci dalam men-formulasikan beban kerja dan hasil produksi, seperti contoh disajikan pada Gambar 104. Definisi pokok yang membangun sistem berpikir dalam sub model perikanan ini adalah :

- Unit kelola perikanan adalah unit usaha pembesaran ikan dengan target jenis pada ukuran (*size*) tertentu sebagai satuan sub unit kelola, sebagai contoh Vaname *size* 40, Nilai *size* 10, Vaname *size* 20, Galah *size* 20 dan seterusnya.
- Keputusan jenis dan jumlah sub unit kelola dipengaruhi oleh target/peluang pasar dan tipologi biofisik, terutama kesediaan air pasok dan pengelolaan air buangan kolam. Dalam hal ini, model menyediakan maksimal 5 kombinasi sub-sub unit kelola ikan sesuai target jenis dan ukuran ikan yang akan diproduksi ( $SSU_i$ ).
- Pengaturan siklus panen, yaitu tata waktu produksi/panen ikan jenis dan size ke-*i* secara teratur berdasarkan periode waktu yang ditentukan. Sebagai contoh,  $SP_{SSU-1} = 7$  hari didefinisikan bahwa setiap 7 hari dilakukan panen secara teratur jenis dan ukuran ikan ke-1.

The figure consists of three side-by-side screenshots of a software application's data entry or reporting interface. Each screenshot shows a table with various columns and rows of data. The leftmost screenshot shows data related to fishpond management, including columns for 'Years', 'Luas Efektif Unit Tambak [A]', 'Luas Efektif Unit Tambak [B]', 'Luas Efektif Unit Tambak [C]', 'Luas Efektif Unit Tambak [D]', 'Luas Efektif Unit Tambak [E]', 'Jml Sub Unit Tambak[SSU1]', 'Jml Sub Unit Tambak[SSU2]', 'Jml Sub Unit Tambak[SSU3]', 'Jml Sub Unit Tambak[SSU4]', 'Jml Sub Unit Tambak[SSU5]', 'Luas Sub unit 'haperU[SSU1]', 'Luas Sub unit 'haperU[SSU2]', 'Luas Sub unit 'haperU[SSU3]', 'Luas Sub unit 'haperU[SSU4]', 'Luas Sub unit 'haperU[SSU5]', 'Jumlah Kolam Koagulator', 'Total Volume Tambak', and 'Berur per Tahun 'ekor[SSU1]' through 'SSU5'.

The middle screenshot shows data related to harvesting, including columns for 'Years', 'PopTanamMax 'ekorperU[SSU1]', 'PopTanamMax 'ekorperU[SSU2]', 'PopTanamMax 'ekorperU[SSU3]', 'PopTanamMax 'ekorperU[SSU4]', 'PopTanamMax 'ekorperU[SSU5]', 'Benur per Tahun 'ekor[SSU1]', 'Benur per Tahun 'ekor[SSU2]', 'Benur per Tahun 'ekor[SSU3]', 'Benur per Tahun 'ekor[SSU4]', 'Benur per Tahun 'ekor[SSU5]', 'Size Panen[SSU1]', 'Size Panen[SSU2]', 'Size Panen[SSU3]', 'Size Panen[SSU4]', 'Size Panen[SSU5]', and 'Panen PerMPerU 'ton[SSU1]' through 'SSU5'.

The rightmost screenshot shows data related to water sources, including columns for 'Years', 'Freq Panen 'perUperY[SSU1]', 'Freq Panen 'perUperY[SSU2]', 'Freq Panen 'perUperY[SSU3]', 'Freq Panen 'perUperY[SSU4]', 'Freq Panen 'perUperY[SSU5]', 'Luas Panen 'haperThn[SSU1]', 'Luas Panen 'haperThn[SSU2]', 'Luas Panen 'haperThn[SSU3]', 'Luas Panen 'haperThn[SSU4]', 'Luas Panen 'haperThn[SSU5]', 'Panen PerMPerU 'ton[SSU1]', 'Panen PerMPerU 'ton[SSU2]', 'Panen PerMPerU 'ton[SSU3]', 'Panen PerMPerU 'ton[SSU4]', 'Panen PerMPerU 'ton[SSU5]', and 'Panen PerMPerU 'ton[SSU6]'.

Gambar 104 Sektor 178: pengaturan kolam, panen dan sumber air pasok

Berdasarkan definisi pokok tersebut, maka metode budidaya diformulasikan berdasarkan tahapan berikut:

- Jika  $RPL_{Prik}$  adalah alokasi luas lahan untuk unit kelola perikanan,  $\%AlP_{Prik}$  adalah alokasi pematang dan non kolam/tambak pada RPL perikanan dan  $\%Al_{SSU-i}$  adalah persentase penggunaan lahan untuk sub sub unit kelola tambak ke- $i$ ; maka luas efektif lahan untuk tambak pada sub-sub unit kelola ke- $i$  dalam satuan ha ( $LET_{SSU-i}$ ) adalah :

$$LET_{SSU-i} = \left( RPL_{Prik} \times \frac{100 - \%AlP_{Prik}}{100} \right) \times \frac{\%Al_{SSU-i}}{100}$$

- Jika  $ADG_{SSU-i}$  adalah rata-rata pertumbuhan bobot harian, dan  $CS_{SSU-i}$  adalah kelas size yang terbagi dalam 9 kelas, yaitu 10, 20, 30 ... 90, maka jumlah hari tanam ikan minimum ( $HTM_{SSU-i}$ ) adalah :

$$HTM_{SSU-i} = \frac{1/CS_{SSU-i,j}}{ADG_{SSU-i}} = \frac{1}{CS_{SSU-i} \times ADG_{SSU-i}}$$

dan jika  $JHP_{SSU-i}$  adalah jumlah hari panen dan pemulihan tambah, maka frekuensi panen sub-sub unit kelola perikanan per tahun ( $FP_{SSU-i}$ ) adalah :

$$FP_{SSU-i} = round\left(\frac{365}{HTM_{SSU-i} + JHP_{SSU-i}}, 1\right)$$

- Jika  $SP_{SSU-i}$  adalah siklus panen dalam satuan hari dan  $r_{Koa SSU-i}$  adalah rasio jumlah kolam koagulator terhadap kolam/tambak aktif, maka jumlah tambak aktif untuk pembiakan/produksi ( $JTA_{SSU-i}$ ), jumlah kolam koagulator ( $JTK_{SSU-i}$ ), jumlah kolam ( $JK_{SSU-i}$ ), luas per unit kolam ( $LK_{SSU-i}$ ) serta total luas kolam ( $TLK_{Prik}$ ) adalah :

$$JTA_{SSU-i} = \frac{365/SP_{SSU-i}}{FP_{SSU-i}};$$

$$JTK_{SSU-i} = round(JTA_{SSU-i} \times r_{Koa SSU-i}, 0); \quad JK_{SSU-i} = JTA_{SSU-i} + JTK_{SSU-i};$$

$$LK_{SSU-i} = \text{round} \left( \frac{LET_{SSU-i}}{JK_{SSU-i}}, 0 \right);$$

$$TLK_{P'ikan} = \sum_{i=1}^n LK_{SSU-i}$$

Selanjutnya, jika  $TMK_{P'ikan}$  adalah tahun mulai unit kelola perikanan,  $BMK_{TMK-P'ikan}$  adalah bulan mulai bangun kolam/tambak pada tahun ke  $TMK_{P'ikan}$ , dan  $JHP_{SSU-i}$  adalah eqivalen dengan target waktu (jumlah hari) penyelesaian pembangunan tambak 1 unit sub-sub unit tambak ke- $i$ , maka jumlah sub-sub unit tambak siap tanam pada tahun ke- $t$  ( $JTT_{SSU-i,t}$ ) adalah:

$$\begin{aligned} JTT_{SSU-i,t}: & \text{ if } time < TMK_{P'ikan} \text{ then } 0 \text{ else if} \\ & time = TMK_{P'ikan} \text{ then } \text{round} \left( \frac{(365 - ((12 + 1 - BMK_{TMK-P'ikan}) \times 30) - JHP_{SSU-i})}{SP_{SSU-i}}, 0 \right) \\ & \text{else } JTA_{SSU-i} \end{aligned}$$

Sementara itu, jika  $HTM_{SSU-i} \cong JHT_{SSU-i}$ , maka formulasi jumlah tambak/kolam panen pada tahun ke- $t$  ( $JTP_{SSU-i,t}$ ) adalah :

$$\begin{aligned} JTP_{SSU-i,t}: & \text{ if } time < TMK_{P'ikan} \text{ then } 0 \text{ else if } time \\ & = TMK_{P'ikan} \text{ then } \text{round} \left( \frac{(365 - ((12 + 1 - BMK_{TMK-P'ikan}) \times 30) - JHP_{SSU-i} - JHT_{SSU-i})}{SP_{SSU-i}}, 0 \right) \\ & \text{else } JTA_{SSU-i} \end{aligned}$$

Formulasi jumlah produksi didekati dengan variabel daya dukung habitat kolat terhadap volume kolam. Jika  $KK_{SSU-i}$  dan  $\%HEK_{SSU-i}$  adalah kedalaman kolam dalam satuan meter dan persentase habitat efektif terhadap volume kolam dan jumlah benih padat tebar per 1 m<sup>3</sup> habitat kolam ( $CC_{PT SSU-i}$ ), maka jumlah benih tebar maksimum per 1 sub-sub unit kelola kolam ke- $i$  ( $JBTM_{SSU-i}$ ) sesuai dengan daya dukung habitat efektif kolam adalah :

$$JBTM_{SSU-i} = LK_{SSU-i} \times 10000 \times KK_{SSU-i} \times \frac{\%HEK_{SSU-i}}{100} \times CC_{PT SSU-i}$$

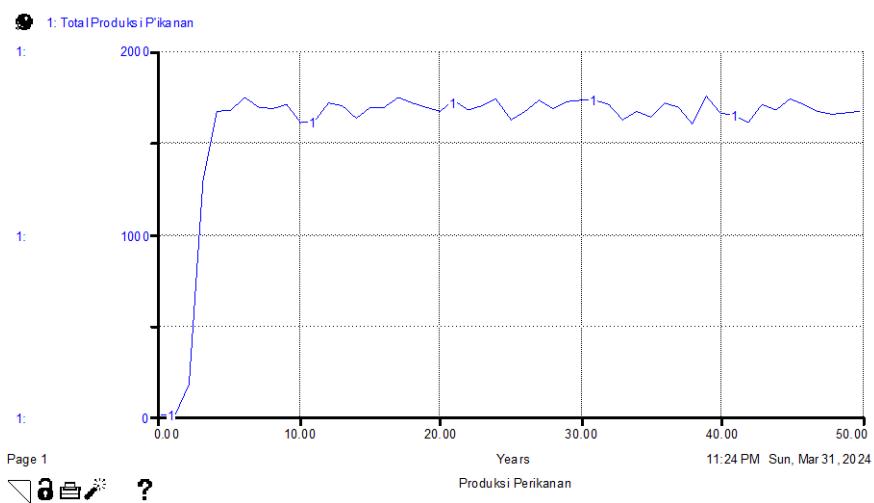
Jika  $AMin_{SR SSU-i}$  dan  $AMax_{SR SSU-i}$  adalah ambang minimum dan maksimum angka hidup benih (*survival rate*) serta  $JBT_{SSU-i}$  adalah variabel keputusan jumlah benih tebar per 1 sub-sub unit kolam dimana  $JBT_{SSU-i} \leq JBTM_{SSU-i}$  dan 1 adalah kodefikasi penggunaan angka acak produksi ( $AA_{SR SSU-i}$ ), maka produktifitas per 1 sub-sub unit kolam pada tahun ke- $t$  ( $ProdT_{SSU-i,t}$ ) adalah:

$$\begin{aligned} ProdT_{SSU-i,t}: & \text{ if } AA_{SR SSU-i} = 1 \text{ then} \\ & RAND_t(AMin_{SR SSU-i}, AMax_{SR SSU-i}) \times JBT_{SSU-i} \times ADG_{SSU-i} \times JHT_{SSU-i} \text{ else} \\ & \frac{AMin_{SR SSU-i} + AMax_{SR SSU-i}}{2} \times JBT_{SSU-i} \times ADG_{SSU-i} \times JHT_{SSU-i} \end{aligned}$$

Selanjutnya, jika  $AOP_{t=TMK}$  dan  $AOP_{t=TMK+1}$  adalah angka optimis keberhasilan produksi dalam satuan persentase digunakan sebagai angka koreksi produksi pada tahun awal kegiatan (TMK) dan TMK+1, maka produksi ikan ke- $i$  ( $Prod_{P'ikan-i,t}$ ) dan total produksi ikan pada tahun ke- $t$  ( $TProd_t$ ) adalah :

$$\begin{aligned}
 Prod_{P'ikan-i,t} : & \text{ if } time = TMK_{P'ikan} \text{ then } JTP_{SSU-i,t} \times ProdT_{SSU-i,t} \times \frac{AOP_{t=TMK}}{100} \\
 & \text{ else if } time = TMK_{P'ikan} + 1 \text{ then } JTP_{SSU-i,t} \times ProdT_{SSU-i,t} \times \frac{AOP_{t=TMK+1}}{100} \\
 & \text{ else } JTP_{SSU-i,t} \times ProdT_{SSU-i,t} \\
 TProd_{P'ikan-t} = & \sum_{i=1}^n Prod_{P'ikan-i,t}
 \end{aligned}$$

Grafik produksi seperti contoh disajikan pada Gambar 105 adalah contoh data luaran hasil pengolahan data oleh model berdasarkan data input variabel-variabel keputusan contoh tertentu dalam unit kelola perikanan.



Gambar 105 Contoh grafik total produksi perikanan pada tahun ke-t

Formulasi di sub-sub model metode dalam unit kelola perikanan ini juga mendefinisikan kebutuhan dan daya dukung sumber air pasok. Pendefinisan dan formulasi mengikuti tahapan berikut.

- Jika  $FUK$  adalah fraksi penguapan dan kebocoran kolam dalam satuan persentase serta  $Rend_{Pompa}$  dan  $Rend_{KKoa}$  adalah rendemen pompa dan kolam koagulator dalam satuan persentase, dimana  $Vol_{SSU-i} = LK_{SSU-i} \times 10000 \times KK_{SSU-i}$  adalah volume kolam dalam satuan kiloliter, maka jumlah kebutuhan sumber air pasok pada tahun ke-t dalam satuan kiloliter ( $KebAir_{K-t}$ ) adalah:

$$KebAir_{K-t} = \sum_{i=1}^n \frac{JTT_{SSU-i,t} \times \left( \left( \frac{100+FUK}{100} \right) \times Vol_{SSU-i} \right) \times 10000}{Rend_{Pompa} \times Rend_{KKoa}}$$

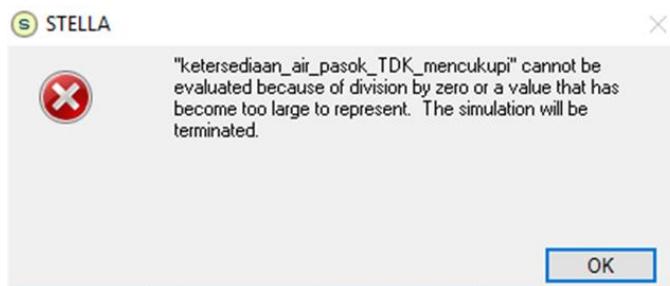
- Jika  $Deb_{Air\ sumber}$  adalah debit air dalam satuan liter per detik,  $JK_{Air\ sumber}$  jam ketersediaan air per hari dan  $JHK_{Air\ sumber}$  adalah jumlah hari ketersediaan air per tahun, jumlah ketersediaan air per tahun dalam satuan kiloliter ( $JSed_{Air}$ ) didekati dengan formulasi :

$$JSed_{Air} = \frac{Deb_{Air\ sumber} \times 3600 \times JK_{Air\ sumber} \times JHK_{Air\ sumber}}{1000}$$

- Berdasarkan dua pendekatan tersebut, dapat dibangun formulasi kesesuaian rencana usaha dengan daya dukung ketersediaan air, yang dibangun dengan pendekatan formulasi:

$$\text{if } KebAir_{K-t} \leq JSed_{Air} \text{ then } 1 \text{ else } 1/0 ;$$

Dimana fungsi rumus dari 1/0 difungsikan untuk mengaktifkan munculnya kotak dialog peringatan seperti pada Gambar 106 yang didefinisikan bahwa keputusan-keputusan dalam perencanaan tidak memenuhi daya dukung ketersediaan air sumber.



Gambar 106 Contoh kotak dialog peringatan dalam unit kelola perikanan

#### b. Sub-sub model material dan bahan unit kelola perikanan

Pemerincian material dan bahan di unit kelola perikanan dibangun dalam 5 sektor model dan 135 ruang data input. Material dan bahan yang spesifik di unit kelola perikanan meliputi amelioran, pupuk, bahan aditif, probiotik air, pakan dan obat –vitamin. Formulasinya sebagai berikut:

- Amelioran, pupuk dan bahan aditif diberikan pada saat pemulihan kolam dengan tujuan menstimulasi pertumbuhan plankton, memperbaiki kualitas air dan pertumbuhan ikan. Amelioran meliputi pupuk kandang dan jenis lainnya (A, B, C), pupuk meliputi NPK dan TSP serta bahan aditif meliputi bahan kapur, TCAA dan jenis lainnya (A, B C). Jika  $Dos_{APA-i,j}$  adalah dosis amelioran, pupuk dan bahan aditif ke-j untuk unit budidaya ikan ke-i dalam satuan kg/ha serta  $LK_{SSU-i}$  dan  $JTT_{SSU-i,t}$  adalah luas dan jumlah kolam/tambak tanam, maka jumlah kebutuhan ameliorant, pupuk dan bahan aditif ke-j pada tahun ke-t dalam satuan ton ( $JKeb_{APA-j,t}$ ) adalah:

$$JKeb_{APA-j,t} = \frac{Dos_{APA-i,j} \times LK_{SSU-i} \times JTT_{SSU-i,t}}{1000}$$

- Probiotik, pakan, obat dan vitamin diberikan pada saat pembesaran dengan tujuan peningkatan nutrisi, kekebalan dan pertumbuhan ikan. Model menyediakan ruang data keputusan dosis dalam satuan *ppm (parts per million)* untuk 11 jenis probiotik (bacillus, molose, katul, ZA, ragi, karbonal, kaporit, oxyneB, nitrogen, phosphate dan bakteriA) sesuai jenis ikan ke-i ( $Dos_{Prob-i,j}$ ). Pakan diformulasi melalui variabel  $FCR_i$  (*Feed Conversion Ratio*) yaitu rasio jumlah pakan yang dibutuhkan untuk menghasilkan berat panen pada ukuran tertentu  $Size_i$ . Sebagai contoh, jika target size panen adalah 20 maka bobot adalah  $1\text{kg} / 20 = 50\text{ gram/individu}$ . Dengan asumsi FCR 1,75 maka jumlah kebutuhan pakan selama pembesaran adalah 50 gram

$\times 1,75 = 87,5$  gram. Obat dan vitamin didefinisikan dalam 5 ruang data untuk masing-masing jenis obat dan vitamin ke-j (A, B, C, D, E). Formulasi vitamin dan obat didekati dengan persentasenya terhadap jumlah pakan ( $\%R_{OV-i,j}$ ). Sehingga demikian, jumlah kebutuhan probiotik ( $JKeb_{Prob-i,j,t}$ ), pakan ( $JKeb_{Pakan-i,t}$ ) serta obat dan vitamin ( $JKeb_{OV-j,t}$ ) sub-sub unit kelola ke-i pada tahun ke-t dalam satuan ton adalah :

$$JKeb_{Prob-j,t} = \sum_{i=1}^n \frac{Dos_{Prob-i,j} \times Vol_{SSU-i} \times JTT_{SSU-i,t}}{1000000}$$

$$JKeb_{Pakan-i,t} = \frac{FCR_{SSU-i} \times \frac{1}{Size_i} \times JBT_{SSU-i} \times JTT_{SSU-i,t}}{1000000}$$

$$JKeb_{OV-j,t} = \sum_{i=1}^n JKeb_{Pakan-i,t} \times \%R_{OV-i,j}$$

Formulasi kebutuhan bangunan ke-j adalah sama dengan formulasi bangunan pada sub unit kelolalainnya. Bangunan spesifik di unit kelola ini adalah kolam/tambak, dimana luas kebutuhan kolam pada tahun ke-t ( $LRB_{Kolam,t}$ ) adalah sama dengan total luas kolam ( $TLK_{P,ikan}$ ).

#### c. Sub-sub model alat dan kendaraan unit kelola perikanan

Pendefinisan alat dan kendaraan di unit kelola perikanan meliputi 16 jenis alat dan kendaraan ( $j$ ), yaitu: mobil, sepeda motor, bis, truk tonton, *dumptruck*, alat berat, alat ringan, genset, alat habis pakai, ATK, lemari pendingin, pompa, *mixer*, alat sedang, kincir dan IPA/HDPE. Khusus alat berat dan *dumptruck* untuk pembangunan kolam dan angkutan pembuangan bahan galian tanah asal, karena penggunaannya hanya pada tahun pertama maka jumlah kebutuhan dan beban pengadaan serta pemeliharaannya ditumpangkan ke sub model HHK. Khusus kendaraan angkutan panen ( $AP_{P,ikan}$ ), pendefinisiannya ditambahkan dengan formulasi pilihan keputusan penggunaan truk tronton atau *dumptruck* (*if AP<sub>P,ikan</sub> = 1 then AP'<sub>P,ikan-TT</sub> else AP'<sub>P,ikan-DT</sub>*). Kecuali alat sedang dan *dumpstruck* untuk kegiatan pemeliharaan kolam serta kincir dan IPA/HDPE, format formulasi alat dan kendaraan lainnya adalah sama dengan formulasi di sub unit kelola lainnya.

Secara keseluruhan, pemerincian alat dan kendaraan di unit kelola perikanan ini dibangun dalam 6 sektor model dan 39 ruang data input. Salah satu sektor diantaranya disajikan pada Gamabr 107. Pendefinisan dan formulasi alat sedang dan alat angkut endapan lumpur pada kegiatan pemeliharaan kolam serta kincir dan IPA/HDPE adalah sebagai berikut.

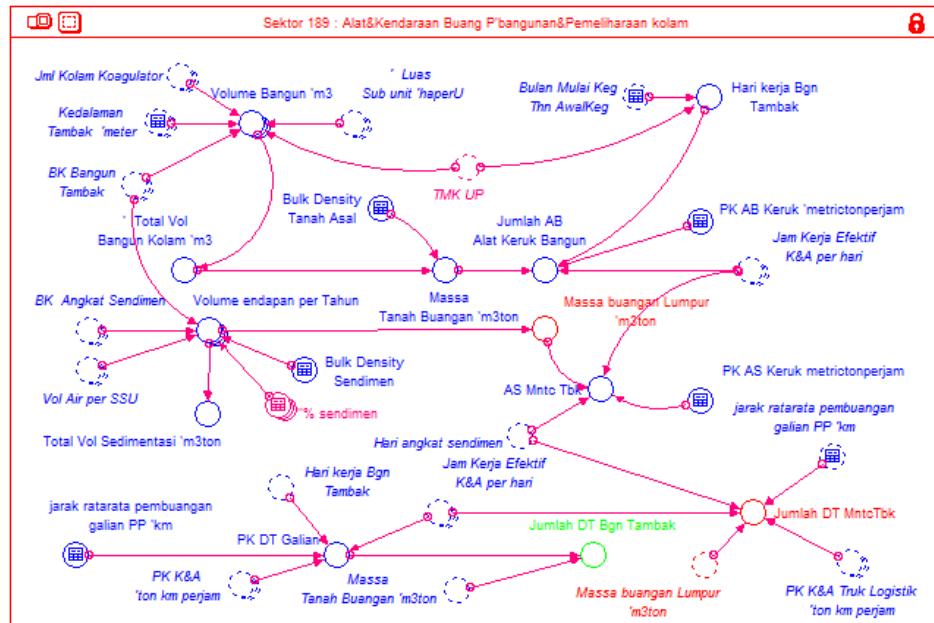
- Alat sedang dan alat angkut endapan lumpur.

Jika jumlah massa endapan lumpur pada sub unit kolam ke-i ( $MEL_{PEL-i}$ ) didekati dengan variabel persentase endapan terhadap volume kolam ( $\%Endapan$ ) dan kepadatan endapan ( $BD_{End-i}$ ) :

$$MEL_{PEL-i} = \frac{Vol_{SSU-i} \times \%Endapan \times BD_{End-i}}{100}$$

Dimana jika beban kerja pengurukan endapan lumpur ( $BK_{PEL-i,t}$ ) adalah jumlah total endapan lumpur pada semua kolam panen pada tahun ke-t :

$$BK_{PEL-t} = \sum_{i=1}^n MEL_{PEL-i} \times JTP_{SSU-i,t}$$



Gambar 107 Sektor model189: peta formulasi alat dan kendaraaan pembangunan dan pemeliharaan kolam

Selanjutnya jika  $PK_{AS PEL}$  adalah prestasi kerja alat sedang pengurukan endapan lumpur dalam satuan *metricton/jam*, maka jumlah kebutuhan alat sedang pengurukan pada tahun ke-t ( $K\&A_{AS PEL-t}$ ) adalah rasio prestasi kerja dan jam ( $JKK\&A_{AS PEL}$ ) serta hari kerja efektif ( $HKK\&A_{AS PEL}$ ) terhadap beban kerja :

$$K\&A_{AS PEL-t} = round \left( \frac{BK_{PEL-t}}{PK_{AS PEL} \times JKK\&A_{AS PEL} \times HKK\&A_{AS PEL}}, 0 \right)$$

Dimana hari kerja efektif eqivalen dengan jumlah hari panen dikali jumlah tambak/kolam panen ( $HKK\&A_{AS PEL} \cong JHP_{SSU-i} \times JTP_{SSU-i}$ ).

Sementara itu, jika  $JAB_{DT Buang}$  adalah jarak rata-rata buangan rata-rata dan  $PK_{DT Buang}$  adalah prestasi kerja *dumptruck* dalam satuan *metricton km/jam*, maka jumlah kebutuhan dumptruck sebagai kendaraan angkut buangan lumpur pada tahun ke-t ( $K\&A_{DT Buang-t}$ ) adalah rasio prestasi kerja dan jam ( $JKK\&A_{DT Buang}$ ) serta hari kerja efektif ( $HKK\&A_{DT Buang}$ ) terhadap beban kerja :

$$K\&A_{DT Buang-t} = round \left( \frac{BK_{PEL-t} \times JAB_{DT Buang}}{PK_{DT Buang} \times JKK\&A_{DT Buang} \times HKK\&A_{DT Buang}}, 0 \right)$$

- Kincir. Kincir difungsikan sebagai penyupai oksigen, yang didefinisikan melalui pendekatan prestasi kerja 1 kincir untuk menyuplai biomassa ikan

( $PK_{Kincir}$ ) dan biomassa ikan pada kolam ke- $i$  adalah eqivalen dengan produktifitas panen  $Biomass_{SSU-i} \cong Prod_{P'ikan-i,t}$  maka jumlah kebutuhan kincir untuk 1 sub-sub unit tambak/kolam ke- $i$  ( $K\&A_{Kincir SSU-i}$ ) dan total kebutuhan kincir pada tahun ke- $t$  ( $K\&A_{Kincir-t}$ ) untuk semua tambak tanam pada tahun ke- $t$  ( $JTT_{SSU-i,t}$ ) adalah :

$$K\&A_{Kincir SSU-i} = round \left( \frac{Biomass_{SSU-i}}{PK_{Kincir}}, 0 \right)$$

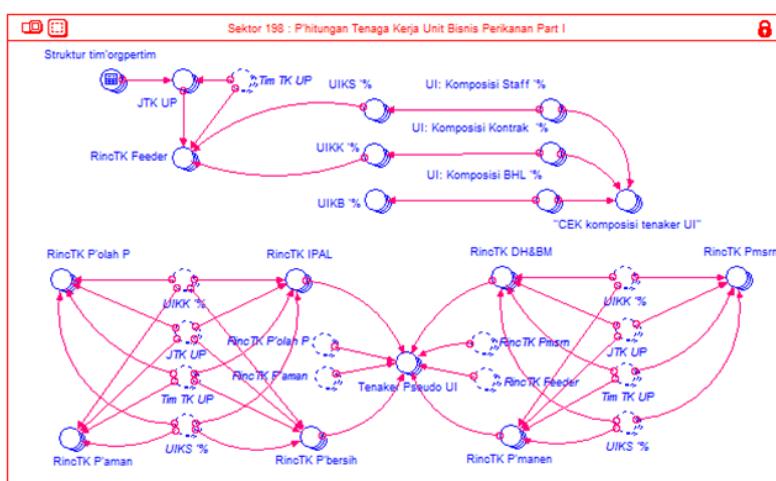
$$K\&A_{Kincir-t} = \sum_{i=1}^n K\&A_{Kincir SSU-i} \times JTT_{SSU-i,t}$$

- IPA/HDPE adalah instalasi pengolan air yang meliputi pipa, plastik pelindung dan lain-lain dalam satuan paket terhadap 1 sub-sub unit kolam/tambak, sehingga perhitungan didekati dengan jumlah kolam/tambak (tanam dan koagulator;  $JK_{SSU-i}$ ):

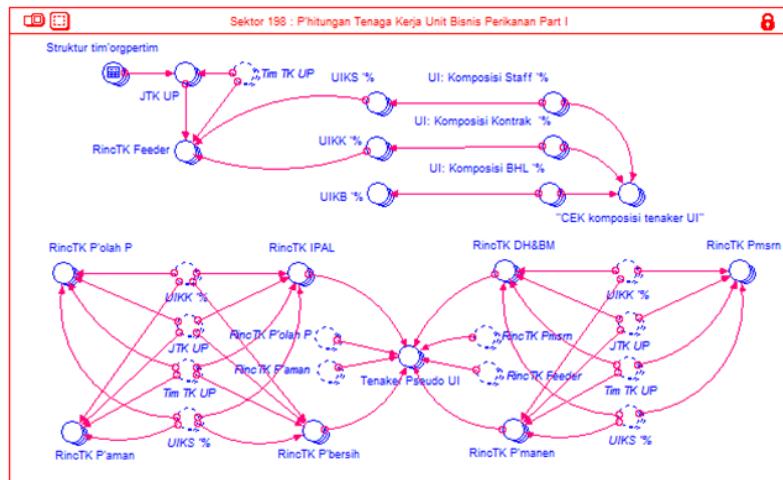
$$K\&A_{IPA/HDPE-t} = \sum_{i=1}^n JK_{SSU-i}$$

#### d. Sub-sub model tenaga kerja unit kelola perikanan

Variabel-variaabel tenaga kerja didefinisikan dan diformulasi menggunakan format yang sama dengan tenaga kerja di sub unit lainnya, terutama dengan sub unit peternakan. Jenis pekerjaan utama meliputi pengaturan dan pengolahan air, pembersih kolam, pengolahan pakan, pemberi pakan, dokter/pengendali mutu, pemanenan dan pemasaran. Pendefinisian dan formulasi sub-sub model tenaga kerja perikanan ini terbangun dengan sederhana karena sebagian besar telah didefinisi dan diformulasikan di sub-model lainnya, sehingga hanya menyisakan formulasi dalam 6 sektor model dan 21 ruang data input. Berikut disajikan 2 sektor model diantaranya pada Gambar 108 dan 109. Karena dalam format yang sama dan tidak ada formulasi yang spesifik berbeda, formulasinya tidak diuraikan dalam sub bab ini.



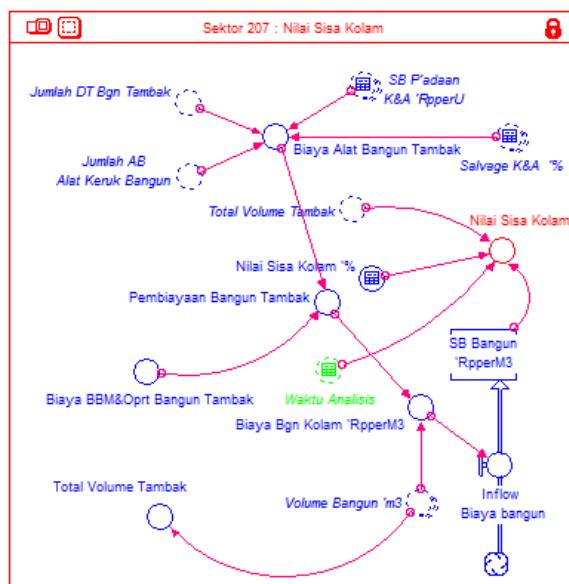
Gambar 108 Sektor model 198: peta formulasi tenaga kerja sub unit kelola perikanan



Gambar 109 Sektor 199: peta formulasi rekap tenaga kerja sub unit kelola perikanan

#### e. Sub-sub model finansial unit kelola perikanan

Sama dengan sub unit kelola lainnya, pendefinisian dan formulasi di sub-sub model finansial unit kelola perikanan ini adalah sama dengan format formulasi pada sub model unit kelola lainnya. Pemerincian dibangun dalam jumlah sektor yang lebih banyak dari sub model peternakan, yaitu 10 sektor model dan 153 ruang data input untuk menerima data masukan dan kemudian mengolahnya menjadi informasi-informasi utama terkait penerimaan pendapatan dan kebutuhan pembiayaan dan kelayakan usaha. Jumlah yang lebih banyak ini untuk menampung pilihan keputusan jenis dan size ikan serta satuan harga bahan dengan pemerincian yang lebih banyak. Salah satu tampilan sektormodel dan contoh tampilan informasi hasil pengolahan data (simulasi) terkait pembiayaan seperti disajikan pada Gambar 110 dan 111.



Gambar 110 Sektor model 207: peta formulasi nilai sisa kolam

Table 13: p6 (Pembayaran (Cost))	
Years	7
Jumlah Biaya Pemeliharaan Air UP	10,727,838,307.42
* cost Amelioran&Pupuk	802,884,970.59
* cost Bahan Aditif	6,353,272,056.82
* cost Probiotik	3,571,881,278.00
Jumlah Biaya Bibit Perikanan UP	2,127,880,000.00
Jumlah Biaya Pakan & Vitamin UP	31,337,747,317.50
* cost Pakan	27,394,538,000.00
* cost Vitamin	3,943,211,317.50
Jumlah Biaya Dokumen & Perencanaan UP	175,658,990.00
* Cost Dok & Perencanaan UP[Dok RKU]	0.00

Gambar 111 Potongan tabel hasil pengolahan data pembayaran sub unit kelola perikanan

#### 6.3.3.7 Sub model jasa lingkungan

Sub model jasa lingkungan memuat 3 sub unit kelola, yaitu kelola jasa penyimpanan karbon, pemanfaatan air dan wisata. Gabungan tiga sub unit dikelola tersebut diinformasi melalui 5 sub-sub model, 27 sektor model dan total 223 ruang data input. Pengisian, pemoresan dan evaluasi data disediakan pada satu layar utama (*interface*, Gambar 112) yang memuat 3 tabel dan 1 slider pengisian data; 12 tabel, 5 baris dan 8 grafik data luaran serta 7 tombol-tombol menu, informasi dan navigasi. Pada layar *interface* jasa lisngkungan ini ditumpangkan ruang data input tutupan tajuk dan 3 kelompok data luaran yang memuat informasi dampak/manfaat dari metode tata kelola dari semua unit kelola, yaitu informasi tutupan tajuk, simpanan karbon dan pemanfaatan air.



Gambar 112 Interface sub model jasa lingkungan

#### a. Sub-sub model metode unit kelola jasa lingkungan

Pemerincian ini dibangun dalam 8 sektor model dan 127 ruang data input untuk menerima data masukan dan kemudian mengolahnya menjadi informasi-informasi utama terkait tata waktu dari beban kerja masing-masing jenis pekerjaan serta data-data luaran : a). *baseline* data simpanan karbon serta delta (selisih tambah) simpanan pada tahun berikutnya yang kemudian diajukan dalam mekanisme pembayaran jasa perlindungan ekosistem (PES- *payment of ecosystem services*),

b). potensi air dan jumlah air yang dijual berdasarkan proyeksi pasar permintaan air, dan c). proyeksi jumlah kunjungan wisata. Definisi pokok dalam membangun sub model jasa lingkungan ini adalah:

- Baseline dan delta simpanan karbon yang diajukan dalam mekanisme PES dibatasi pada area yang didelineasi dan diajukan sebagai unit kelola jasa lingkungan penyimpanan karbon. Dalam terminologi ini, area PES tidak berhimpitan/beririsan dengan unit kelola kelola lainnya.
- Satuan unit kelola pemanfaatan air tidak secara khusus dalam satuan luas area, tapi berupa titik sumber mata air atau aliran air. Sumber air ini dapat berada pada unit-unit kelola lainnya yang di *enclave* dalam luas tertentu sebagai area lindung dan tidak diganggu. Satuan produksi air adalah kiloliter air minum curah siap konsumsi.
- Satuan unit kelola wisata juga tidak secara khusus dalam satuan luas area, tapi berupa titik-titik yang memiliki daya tarik wisata. Area yang tercakup dalam daya tarik tersebut dapat di *enclave* atau tidak, sesuai potensi dan ancamannya masing-masing.

#### a.1. Pendefinisian dan formulasi model simpanan karbon

Formulasi simpanan karbon adalah sangat kompleks, meliputi formulasi simpanan pada semua tutupan hutan, semua unit kelola berikut dinamika perubahannya masing-masing secara alami maupun karena pengaruh tindakan budidaya. Pada unit kelola jasa lingkungan untuk penyimpanan karbon, formulasi simpanan karbon menggunakan persamaan pendugaan dinamika tegakan yang dikoreksi dengan pilihan persamaan regresi dengan koefisien ( $r^2$ ) mendekati 1. Dua sektor model diantaranya disajikan pada Gambar 113 dan 114, sementara pendefinisian dan formulasinya diuraikan berdasarkan langkah-langkah berikut.

- Jika  $RPL_{Jasling}$  adalah total luas area delineasi unit kelola jasa lingkungan dari luas kluster-kluster area dengan potensi awal tegakan hutan (PATH: A, B, C, D dan Non Hutan ) ke-i ( $LCA_{PATH-i}$ ) :

$$RPL_{Jasling} = \sum_{i=1}^{5} LCA_{PATH-i}$$

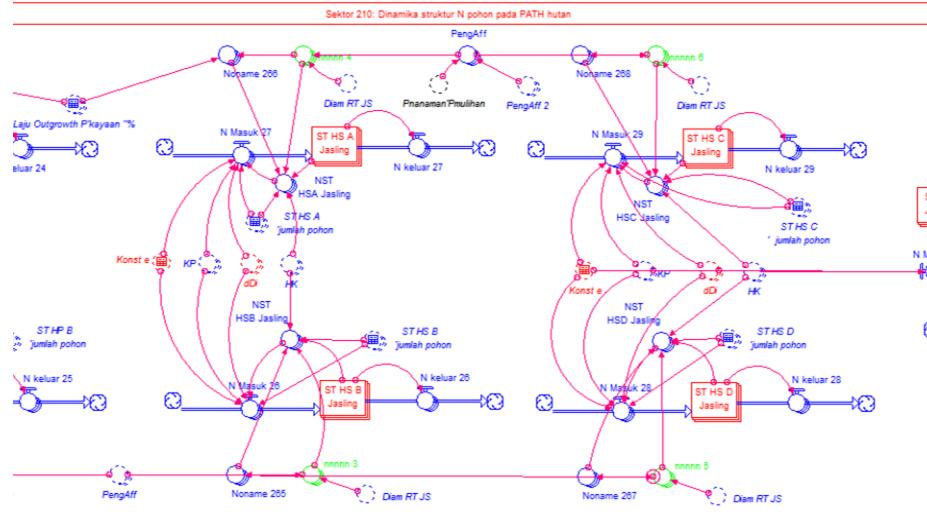
- Jika  $NoST_{Alam-i,j,t=0}$  adalah jumlah pohon alami pada kelas diameter ke-j per hektar pada kluster area ke-i pada tahun awal ( $t=0$ ), melalui pendekatan rumus dinamika tegakan  $Ndi_t = (a + Ndi_{t-1}) \times e^{(b \ln Ndi_{t-1} - c Nodi_t / t - d Di)}$  dimana a, b, c dan d adalah konstansta rumus serta  $D_j$  adalah diameter tengah kelas diameter ke-j (lengkapnya lihat sub model HHK), maka jumlah pohon tegakan alam pada kluster ke-i, kelas diameter ke-j pada tahun ke-t ( $NST_{TA-i,j,t}$ ) adalah :

$$NST_{TA-i,j,t} = (a + NST_{i,j,t-1}) \times e^{\left( b \times \ln NST_{TA-i,j,t-1} - \frac{c \times NoST_{TA-i,j,t=0}}{t - d D_j} \right)}$$

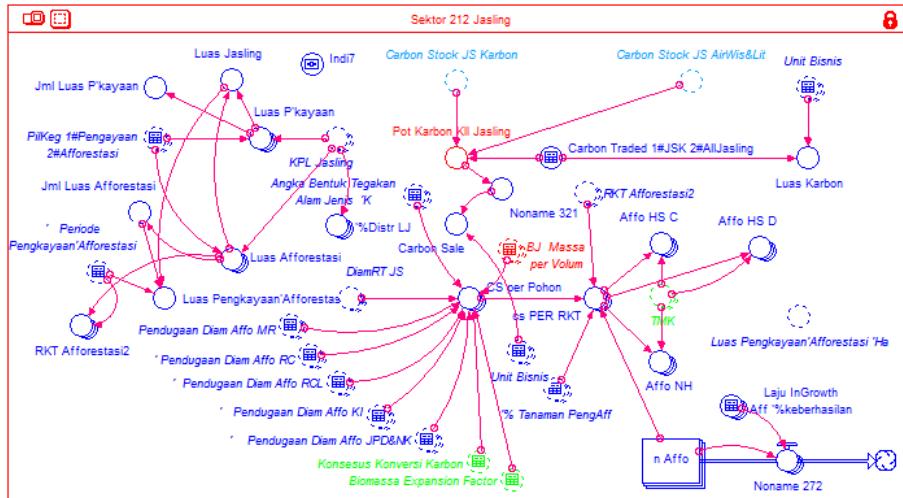
Selanjutnya jika  $FS_i$  adalah faktor suksesi dan *outgrowth* yang mengkoreksi persamaan rumus  $NST_{Alam-i,j,t}$  dan  $KT_{Alam-i,k}$  adalah komposisi tegakan dalam satuan persentase berdasarkan kelompok jenis ke-k (meranti, rimba campuran, rimba campuran lainnya, kayu indah dan pohon dilindungi), maka

jumlah pohon alam berdasarkan kelas diameter ke- $j$  dan kelompok jenis ke- $k$  pada kluster ke- $i$  dan tahun ke- $t$  ( $NST_{TA-i,j,k,t}$ ) adalah rumus pembulatan (round):

$$NST_{TA-i,j,k,t} = \text{round} \left( \frac{NST_{TA-i,j,t} \times FS_i \times KT_{TA-i,k}}{100}, 0 \right)$$



Gambar 113 Sektor model 210: peta formulasi pendugaan dinamika tegakan pada unit kelola Jasa Lingkungan



Gambar 114 Sektor model 212: peta formulasi rekapitulasi potensi karbon unit kelola Jasa Lingkunga

- Jika  $NE_{TT-i,k,t=TMK Jasling}$  adalah jumlah tanaman pengayaan pada kluster hutan ke- $i$  dengan komposisi jenis ke- $k$  pada tahun mulai kegiatan unit kelola jasling,  $D_{TT-i,k,t}$  adalah diameter tanaman pada tahun ke- $t$  yang diduga berdasarkan pilihan rumus persamaan (lihat sub model HHK) dan tanaman yang masuk pada kelas diameter ke- $j$  diduga dengan peramaan:

$$NE_{TT-i,Ingrowth-j,k}: \text{If } D_{TT-i,k} \geq D_j \text{ and } D_{TT-i,k} < D_{j+1}$$

Maka jumlah tanaman pengayaan ke-i pada kelas diameter ke-j, jenis k eke-k dan tahun ke-t ( $NE_{TT-i,j,k,t}$ ) adalah tanaman masuk ( $NE_{TT-i,Ingrowth-j,k}$ ) yang dikoreksi dengan laju *ingrowth* ( $L_{Ingrowth}$ ) :

$$NE_{TT-i,j,k,t} = NE_{TT-i,Ingrowth-j,k} \times L_{Ingrowth}^{t-TMK}$$

- Sehingga demikian, jumlah pohon berdasarkan kelas diameter ke-j dan kelompok jenis ke-k pada kluster ke-i dan tahun ke-t ( $NST_{i,j,k,t}$ ) adalah :

$$NST_{i,j,k,t} = NST_{TA-i,j,k,t} + NE_{TT-i,j,k,t}$$

Dimana  $NST_{i,j,k,t}$  dikoreksi dengan faktor pembatas  $NST_{Htn\ Klimaks-j}$ , yaitu jumlah pohon maksimum pada kelas diameter ke-j sesuai struktur tegakan pada hutan klimaks, melalui formulasi logika matematika:

$$\text{if } NST_{i,j,k,t} > NST_{Htn\ Klimaks-j} \text{ then } NST_{Htn\ Klimaks-j} \times KT_{i,k} \text{ else } NST_{i,j,k,t}$$

- Jika  $H_{j,k} = d_k \times D_j$  adalah tinggi pohon yang didekati dengan angka rasio terhadap diameter pohon ( $d_k$ ) dan  $AB_k$  adalah angka bentuk pohon pada kelompok jenis ke-k, maka volume tegakan hutan pada kelompok jenis ke-k pada kluster hutan ke-i dan tahun ke-t ( $VolTeg_i$ ) adalah :

$$VolTeg_{i,k,t} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{4} \pi \times D_j^2 \times H_{j,k} \times AB_k \times NST_{i,j,k,t}$$

Berdasarkan pendekatan rumus volume tersebut di atas dan jika  $BJ_k$  adalah berat jenis kayu pada kelompok jenis ke-k,  $BEF$  dan  $Karbon_{Conv}$  adalah faktor ekspansi karbon (*biomass espansion factor*) dan angka konversi karbon, maka simpanan karbon pada kluster hutan ke-i dan total simpanan karbon pada unit kelola jasa lingkungan adalah:

$$CS_{i,t} = \sum_{k=1}^n VolTeg_{i,k,t} \times BJ_k \times LCA_{PATH-i} \times BEF \times Karbon_{Conv}$$

$$CS_{Jasling-t} = \sum_{i=1}^n CS_{i,t}$$

- Jumlah karbon pada tahun mulai kegiatan (TMK) didefinisikan sebagai *baseline* simpanan karbon dimana jumlah karbon yang diajukan dalam mekanisme PES ( $CS_{Jasling\ PES-t}$ ) adalah pertambahan (delta) jumlah karbon, yaitu selisih dari jumlah karbon pada tahun ke-t dengan jumlah karbon pada tahun sebelumnya (t-1), sehingga delta karbon yang masuk dalam mekanisme PES ( $\delta CS_{Jasling\ PES-t}$ ) adalah:

$$\delta CS_{Jasling\ PES-t}: \text{if time} \leq TMK \text{ then } 0 \text{ else } CS_{Jasling-t} - CS_{Jasling-(t-1)}$$

- Penggunaan pendekatan rumus dinamika tegakan tersebut diatas menghasilkan kurva delta yang selanjutnya dikoreksi dengan pendekatan *trendline* dalam 3 pilihan formulasi persamaan regresi, yaitu logaritma, polynomial 2 *order* dan polynomial 3 *order* berdasarkan data seri  $\delta CS_{Jasling\ PES-t}$  dan waktu (t) untuk diubah menjadi persamaan rumus regresi dimana y adalah jumlah karbon yang

masuk dalam mekanisme PES ( $CS_{Jasling\ PES-t}$ ) dan x adalah waktu (t). Persamaan yang dipilih adalah dengan koefisian regresi mendekati 1 ( $R^2 \cong 1$ ).

Logaritma:

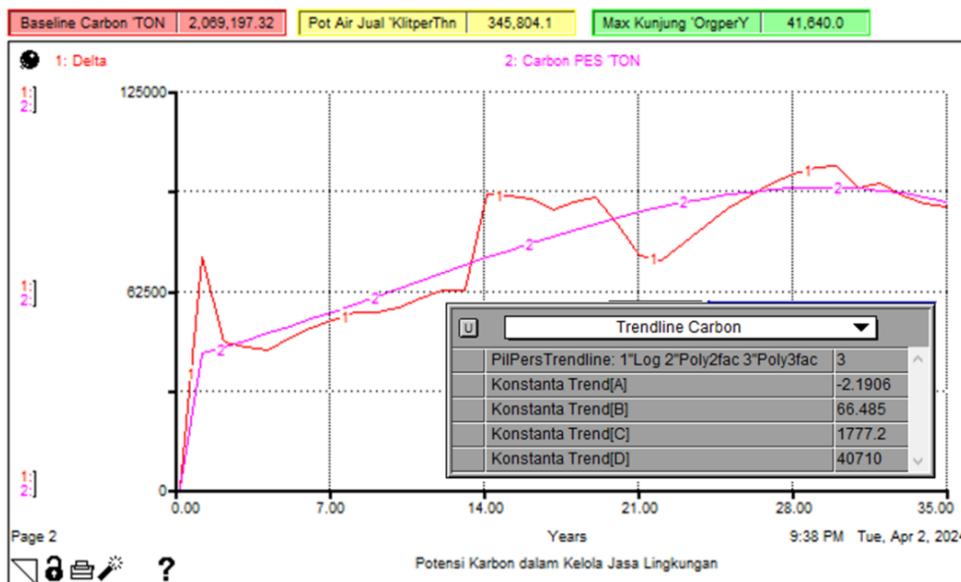
$$CS_{Jasling\ PES-t}: \text{if } t \leq TMK \text{ then } 0 \text{ else } (a \times \ln t) + b$$

Polynomial 2 order:

$$CS_{Jasling\ PES-t}: \text{if } t \leq TMK \text{ then } 0 \text{ else } (a \times t^2) + (b \times t) + c$$

Polynomial 3 order:

$$CS_{Jasling\ PES-t}: \text{if } t \leq TMK \text{ then } 0 \text{ else } = (a \times t^3) + (b \times t^2) + (c \times t) + d$$



Gambar 115 Contoh kurva delta dan jumlah karbon dalam mekanisme pembayaran karbon (PES-Payment Ecosystem Services)

#### a.2. Pendefinisian dan formulasi model pemanfaatan air dan wisata

Formulasi pemanfaatan air sederhana berdasarkan uraian berikut:

- Jika  $Deb_{AS-i}$ ,  $JK_{AS-i}$  dan  $JHK_{AS-i}$  serta  $\%PA$  adalah debit air dalam satuan liter/detik, jam ketersediaan per hari dan jumlah hari ketersediaan per tahun dari sumber mata air/aliran ke-i serta persentase pemanfaatan air sumber yang diperkenankan, maka potensi ketersediaan air sumber per tahun ( $JSed_{Jasling\ AS}$ ) adalah :

$$JSed_{Jasling\ AS} = \sum_{i=1}^n \frac{Deb_{AS-i} \times 3600 \times JK_{AS-i} \times JHK_{AS-i}}{1000} \times \frac{\%PA}{100}$$

- Jika  $Rend_{Pompa}$ ,  $Rend_{Koag}$ ,  $Rend_{Flokk}$ ,  $Rend_{ST}$  dan  $Rend_{FT}$ , adalah rendemen dalam tahapan proses pengolahan air pemompaan, kolam koagulator, kolam flokulator, settle tank dan final tank maka ambang batas

maksimum jumlah air bersih yang siap dimanfaatkan ( $JSedNet_{Jasling\ AS}$ ) adalah :

$$\begin{aligned} JSedNet_{Jasling\ AS} \\ = JSed_{Jasling\ AS} \times Rend_{Pompa} \times Rend_{Koag} \times Rend_{Flok} \\ \times Rend_{ST} \times Rend_{FT} \end{aligned}$$

- Jika  $Base_{PA}$  adalah baseline permintaan air pada tahun mulai kegiatan unit usaha air ( $TMK_{Jasling-air}$ ) dan pertumbuhan peningkatan air diduga dengan pilihan rumus pendugaan permintaan air ( $PP$ ) linear (1) atau logaritma (2), dimana  $a$  dan  $b$  adalah konstanta rumus pendugaan, maka jumlah air yang dimanfaatkan (komersil) pada tahun ke- $t$  ( $JAKNet_{JaslingAir-t}$ ) adalah :

$$\begin{aligned} JAKNet_{Jasling\ Air-t} : & \text{if time} \\ & < TMK_{Jasling-air} \text{ then } 0 \text{ else if} \\ & t = TMK_{Jasling-air} \text{ then } Base_{PA} \text{ else} \\ & \{ \text{if } PP = 1 \text{ then } Base_{PA} \times (1 + a)^{t-TMK_{Jasling-air}} \text{ else } Base_{PA} \\ & \quad + (a \times \log(t - TMK_{Jasling-air}) + b) \} \\ JAKNet_{Jasling-t} : & \text{if } JAKNet_{Jasling-t} > JSedNet_{Jasling\ AS} \\ & \text{then } JSedNet_{Jasling\ AS} \text{ else } JAKNet_{Jasling-t} \end{aligned}$$

- Jika  $\%ADK$  adalah persentase jumlah air dimanfaatkan untuk pasar air curah dalam kemasan dan  $\%ART$  adalah persentase jumlah air dimanfaatkan untuk pasar air minum rumah tangga, maka jumlah air yang dimanfaatkan untuk pasar air dalam kemasan ( $JAK - ADK_{Jasling-t}$ ) dan jumlah air yang dimanfaatkan untuk pasar rumah tangga ( $JAK - RT_{Jasling-t}$ ) adalah:

$$\begin{aligned} JAK - ADK_{Jasling-t} &= JAKNet_{Jasling-t} \times \frac{\%ADK}{100} \\ JAK - RT_{Jasling-t} &= JAKNet_{Jasling-t} \times \frac{\%ART}{100} \end{aligned}$$

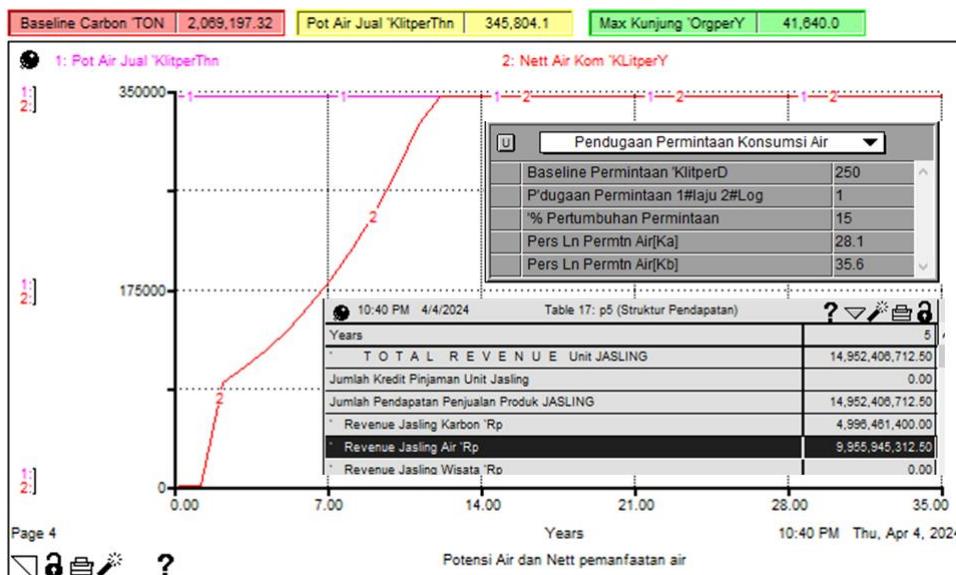
Pendefinisian dan formulasi model jasalingkungan air memiliki fungsi tujuan untuk mendetailkan beban kerja proses pengolahan air, pengangkutan hingga jumlah manfaat pendapatan pada satuan harga tertentu hingga segmentasi pasar. Model akan mengolah semua data input keputusan dan mengolahnya berdasarkan formulasi yang dibangun hingga menyediakan informasi seperti contoh disajikan pada Gambar 116.

- Selanjutnya, pendefinisian dan formulasi kunjungan wisata didekati daya dukung area kunjungan, dimana jika  $LAK_{KW}$  adalah luas area efektif kunjungan wisata,  $KR_{KW}$  adalah kebutuhan ruang kunjungan per orang,  $WKE_{KW}$  adalah waktu kunjungan wisata efektif per hari,  $WK_{KW}$  adalah rata-rata waktu kunjungan wisatawan per hari dan  $JHE_{KW}$  adalah jumlah hari efektif kunjungan wisata per tahun, maka daya tampung kunjungan wisata per tahun ( $DD_{KW}$ ) adalah:

$$DD_{KW} = \frac{LAK_{KW}}{KR_{KW}} \times \frac{WKE_{KW}}{WK_{KW}} \times JHE_{KW}$$

- Jika  $Base_{PW}$  adalah baseline permintaan kunjungan wisata pada tahun mulai kegiatan unit usaha wisata ( $TMK_{Jasling-wisata}$ ) dan pertumbuhan peningkatan kunjungan diduga dengan pilihan rumus pendugaan permintaan kunjungan ( $PP$ ) linear (1) atau logaritma (2), dimana  $a$  dan  $b$  adalah konstanta rumus pendugaan, maka jumlah kunjungan wisata pada tahun ke- $t$  ( $JKW_{Jasling}$ ) adalah :

$$\begin{aligned}
 JKW_{Jasling-t} : & \text{if time} < TMK_{Jasling-wisata} \text{ then } 0 \text{ else} \\
 & \text{if } t = TMK_{Jasling-wisata} \text{ then } Base_{PW} \text{ else} \\
 & \{ \text{if } PP = 1 \text{ then } Base_{PW} \times (1 + a)^{t-TMK_{Jasling-wisata}} \text{ else } Base_{PW} \\
 & \quad + (a \times \log(t - TMK_{Jasling-wisata}) + b) \} \\
 JKW_{Jasling-t} : & \text{if } JKW_{Jasling-t} > DD_{KW} \\
 & \text{then } DD_{KW} \text{ else } JKW_{Jasling-t}
 \end{aligned}$$



Gambar 116 Contoh data luaran jumlah maksimum kesediaan air yang dapat dijual, jumlah air dijual dan nilai pendapatan air pada tahun ke- $t$

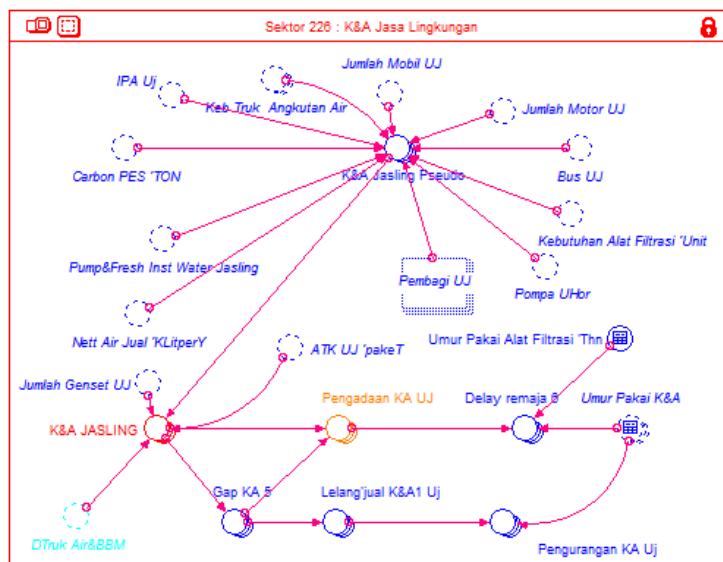
#### b. Sub-sub model material dan bahan unit kelola jasa lingkungan

Pemerincian material dan bahan di unit kelola jasa lingkungan dibangun dalam 5 sektor model dan 6 ruang data input. Material dan bahan yang spesifik di unit kelola perikanan meliputi bahan pengolahan air dan satuan ruang bangunan untuk kunjungan wisata. Format formulasinya adalah sama dengan formulasi di unit lain, yaitu dosis dikali volume air serta jumlah kunjungan per hari dikali satuan ruang bangunan fasilitas wisata.

#### c. Sub-sub model alat dan kendaraan unit kelola jasa lingkungan

Sub unit kelola jasa penyimpan karbon dan wisata adalah dua sub unit kelola jasa lingkungan tidak memiliki kebutuhan alat produksi dan kendaraan angkutan barang produksi. Dalam pendefinisian tersebut, formulasi kebutuhan alat dan kendaraan lebih sederhana pada formulasi kebutuhan kendaraan angkutan tenaga kerja yang format formulasinya adalah sama dengan formulasi di unit kelola

lainnya. Pemerincian alat dan kendaraan di unit kelola jasa lingkungan ini lebih sederhana yang dibangun dalam 5 sektor model dan 20 ruang data input. Salah satu sektor diantaranya disajikan pada Gambar 117. Pendefinisian dan formulasi yang spesifik diuraikan adalah kebutuhan alat filtrasi, instalasi pipa, pompa pendorong dan alat angkutan air.



Gambar 117 Sektor 226: peta formulasi kendaraan dan alat unit kelola jasa lingkungan

- Jika volume air harian sebagai beban kerja alat filtrasi adalah jumlah air dalam pemoresan filtrasi ( $BK_{Flok-t}$ ), dan jika  $PK_{Filt}$  adalah prestasi kerja alat filtrasi per hari, maka jumlah kebutuhan alat filtrasi pada tahun ke-t ( $K\&A_{Filt-t}$ ) adalah :

$$BK_{Filt-t} = \frac{JAKNet_{Jasling-t} / JHK_{AS-i}}{Rend_{ST} \times Rend_{FT}}$$

$$K\&A_{Filt-t} = round\left(\frac{BK_{Filt-t}}{PK_{Filt}}, 0\right)$$

- Jika jarak antara sumber air ke instalasi pengolahan air eqivalen dengan panjang pipa ( $PPipa$ ) dan  $F_{PP}$  adalah fraksi pompa pendorong per satuan jarak maka jumlah kebutuhan pompa pendorong ( $K\&A_{PP-t}$ ) adalah :

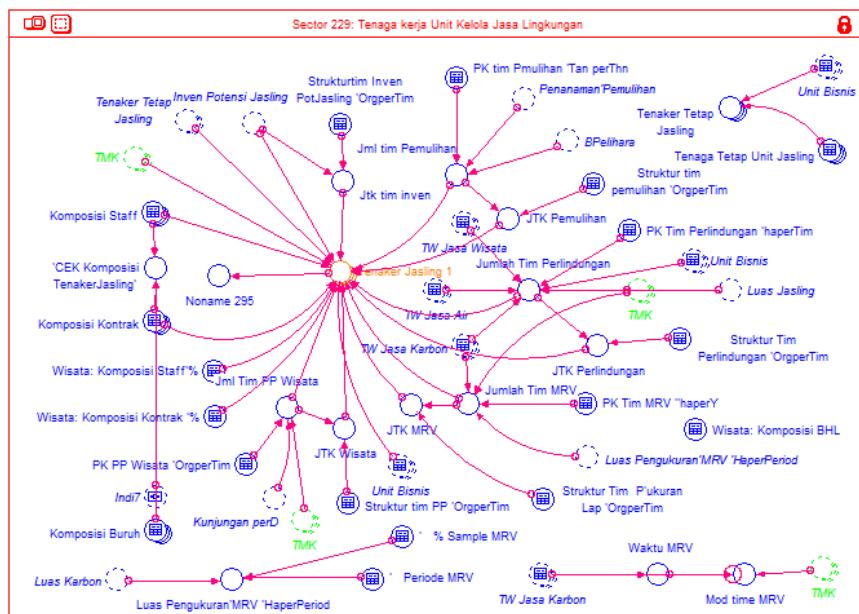
$$K\&A_{PP-t} = round\left(\frac{PPipa}{F_{PP}}, 0\right)$$

- Jika  $PK_{Truk-tangki}$  adalah prestasi kerja kendaraan truk tangki angkutan air untuk pasar air dalam kemasan (ADK) dalam satuan kiloliter km/jam,  $JAB_{ADK}$  adalah jarak rata-rata antara instalasi pengolahan air ke pasar ADK, dan  $JKE_{Truk tangki}$  adalah jam kerja efektif truk tangki, maka jumlah kebutuhan truk tangki ( $K\&A_{Truk tangki-t}$ ) adalah :

$$K\&A_{Truk tangki-t} = round \left( \frac{JAK - ADK_{Jasling-t} \times JAB_{ADK}}{PK_{Truk tangki} \times JKE_{Truk tangki}}, 0 \right)$$

d. Sub-sub model tenaga kerja unit kelola jasa lingkungan

Jenis pekerjaan utama yang spesifik diformulasikan di sub model unit kelola jasa lingkungan ini adalah pengukuran, pelaporan dan verifikasi (*MRV-measurement, reporting and verification*) untuk sub unit kelola jasa penyimpanan karbon, pengelolaan instalasi air untuk sub unit kelola pemanfaatan air dan pemandu wisata. Tenaga kerja tetap, supir, pengamanan serta formulasi komposisinya per jenjang jabatan diformulasikan sama dengan format formulasi di sub model unit kelola lainnya. Pendefinisian dan formulasi sub-sub model tenaga kerja jasa lingkungan dibangun dalam 3 sektor model dan 42 ruang data input, salah satu sektor seerti disajikan pada Gambar 118 berikut.



Gambar 118 Sektor model 229: peta formulasi tenaga kerja sub unit kelola jasa lingkungan

Pendefinisian dan formulasi tenaga kerja yang spesifik diuraikan sebagai berikut.

- Jika  $RPL_{Jasling-karbon}$  dan  $TMK_{Jasling-karbon}$  adalah luas dan tahun mulai kegiatan unit kelola jasa lingkungan sub unit kelola penyimpanan karbon serta  $\%MRV$  adalah persentase luas petak pengukuran,  $PP_{MRV}$  adalah periode waktu pelaksanaan MRV dan  $PK_{Tim\ MRV}$  adalah prestasi tim kerja MRV, maka jumlah tim kerja MRV pada tahun ke-t ( $JTK_{MRV-t}$ ) adalah :

$JTK_{MRV-t} = \text{if time} < TMK_{Jasling-karbon} \text{ then } 0 \text{ else}$

*round*  $\left( \left( \text{if } \text{mod}(time, PP_{MRV}) \text{then } \frac{RPL_{Jasling-karbon} \times \%MRV}{100} \text{ else } 0 \right), 0 \right)$

- Jika  $JAKNet_{Jasling-t}$  eqivalen dengan beban kerja ( $BK_{Tim\ IPA}$ ) dan  $PK_{Tim\ IPA}$  adalah prestasi kerja instalasi air, maka jumlah tim kerja instalasi air pada tahun ke- $t$  ( $JTK_{IPA-t}$ ) adalah :

$$JTK_{IPA-t} = \text{if } time < TMK_{Jasling-air} \text{ then } 0 \text{ else round} \left( \frac{BK_{Tim IPA}}{PK_{Tim IPA}}, 0 \right)$$

- Jika  $BKH_{Jasling-t} = \frac{JKW_{Jasling-t}}{JHE_{KW}}$  adalah beban kerja kunjungan wisata per hari dan  $PK_{Tim PP}$  adalah prestasi kerja tim pemandu/pengaman wisata, maka jumlah tim kerja pemandu/pengaman wisata pada tahun ke-t ( $JTK_{Wisata-t}$ ) adalah :

$$JTK_{Wisata-t} = \text{if } time < TMK_{Jasling-wisata} \text{ then } 0 \text{ else round} \left( \frac{BKH_{Jasling-t}}{PK_{Tim PP}}, 0 \right)$$

e. Sub-sub model finansial unit kelola perikanan

Pendefinisian dan formulasi di sub-sub model finansial unit kelola jasa lingkungan adalah sama dengan format formulasi pada sub model unit kelola lainnya. Pemerincian dibangun dalam 6 sektor model dan 28 ruang data input untuk menerima data masukan dan kemudian mengolahnya menjadi informasi-informasi utama terkait penerimaan pendapatan dan kebutuhan pembiayaan dan kelayakan usaha. Salah satu tampilan sektor model dan contoh tampilan informasi hasil pengolahan data (simulasi) terkait pembiayaan seperti disajikan pada Gambar 119.



Gambar 119 Sektor model 232: peta formulasi pembiayaan gaji dan contoh hasil pengolahan data pembiayaan unit kelola jasa lingkungan

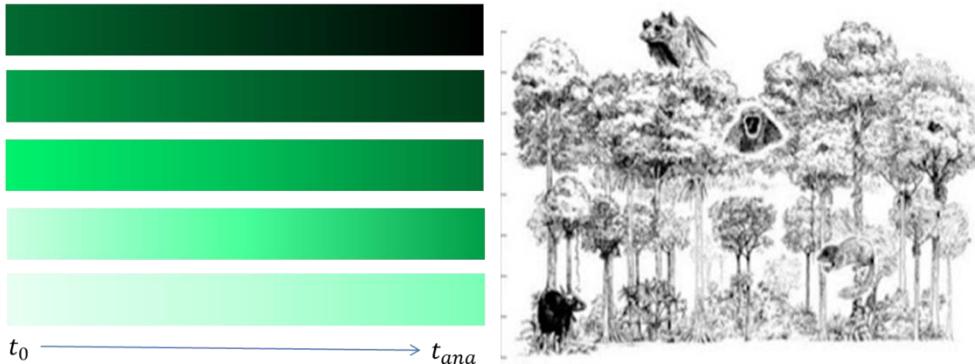
#### 6.3.3.8 Sub model tutupan tajuk pohon dan tegakan

Pendefinisian dan formulasi sub model tutupan tajuk dalam satuan persen dibangun secara rinci dan sangat kompleks melalui 17 sektor model. Untuk sub model tutupan tajuk dan simpanan karbon, layar *interface* pengisian data input tidak disediakan karena variabel data input telah didefinisikan pada sub model lain berdasarkan keputusan-keputusan tata kelolanya masing-masing. Dalam hal ini, variabel input yang digunakan dalam formulasi sub model ini adalah data input dan luaran yang dipanggil dari sub model yang berkesesuaian. Variabel utama yang dipanggil di adalah jumlah pohon per hektar pada kluster hutan ke-i yang diperinci berdasarkan distribusinya per diameter atau kelas diameter ke-j, jenis atau komposisi jenis ke-k sesuai dinamika perubahannya karena pertumbuhan ukuran dan jumlah populasinya secara alami maupun karena intervensi penanaman dan penebangan sesuai tata waktu ke-t ( $NST_{i,j,k,t}$ ) pada masing-masing unit kelola.

Pendefinisian sub model tutupan tajuk dibangun dengan sistem berpikir sebagai berikut:

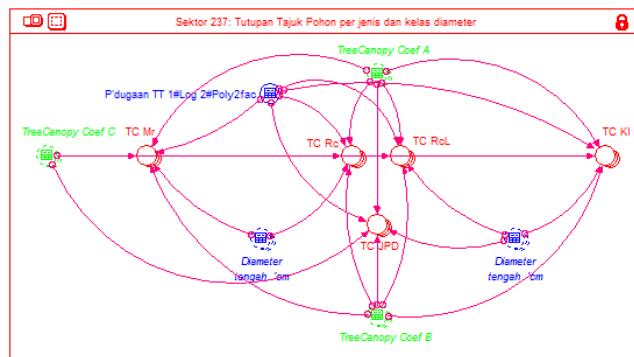
- Seperti ilustrasi bar suksesi pada Gambar 120, jika  $NST_{TA-i,j,k,t}$  adalah jumlah pohon tegakan alam per hektar pada kluster hutan ke-i berdasarkan kelas diameter ke-j, komposisi jenis ke-k yang mengalami suksesi alami sejalan waktu ke-t, maka suksesi alami kluster hutan dengan potensi awal tegakan hutan A (PATH A) memiliki peluang suksesi yang lebih baik daripada PATH B, C, D dan Non Hutan.

$$NST_{TA-i=1,j,k,t} \geq NST_{TA-i=2,j,k,t} \geq NST_{TA-i=3,j,k,t} \geq NST_{TA-i=4,j,k,t} \geq NST_{TA-i=5,j,k,t}$$



Gambar 120 Sistem berpikir dalam pendefinisian dan formulasi model suksesi, struktur, strata dan tutupan tajuk

- Tutupan tajuk per individu pohon memiliki korelasi dengan diameter pohon berdasarkan rumus-rumus persamaan tertentu. Pilihan rumus persamaan ini dibangun dalam satu sektor model (Gambar 119) yang menyediakan 2 pilihan rumus, yaitu logaritma ( $PP = 1; TT_{Log-j,k} = a_k \ln D_j + b_k$ ) dan polynomial 2 faktor ( $PP = 2; TT_{Poly-j,k} = a_k + b_k D_j + c_k (D_j)^2$ ).



Gambar 121 Sektor model 237: peta formulasi rumus pendugaan tutupan tajuk

Jika  $a_l$ ,  $b_l$  dan  $c_l$  adalah variabel bebas pendugaan sesuai jenis ke-l dan pilihan rumus pendugaan pada site hutan, maka tutupan tajuk pohon jenis ke-k pada kelas diameter ke-j dalam satuan  $m^2$  ( $TT_{j,l}$ ) adalah:

$$TT_{j,k}: \text{if } PP = 1 \text{ then } a_k \ln D_j + b_k \text{ else } a_k + b_k D_j + c_k (D_j)^2$$

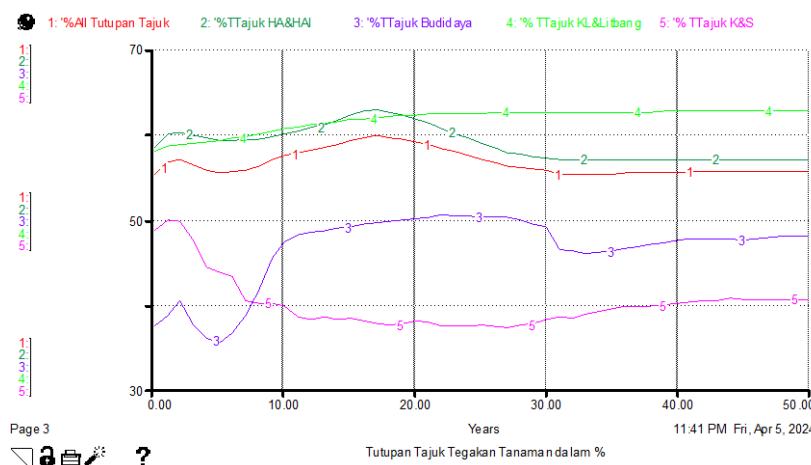
- Seperti ilustrasi strata tajuk pada Gambar 118, jika  $FSH_i$  adalah faktor koreksi strata hutan pada kluster hutan ke-i dan logika matematika tutupan tajuk

maksimum adalah 100%, maka tutupan tajuk tegakan alam kluster hutan ke-i pada tahun ke-t berdasarkan suksesi alami ( $TT_{TA-i,t}$ ) adalah :

$$TT_{TA-i,t} = if \left( \left( \sum_{j=1,k=1}^n NST_{Alam-i,j,k,t} \times TT_{j,k} / 10000 \right) \times FSH_i \right) \times 100 < 100$$

$$then \left( \left( \sum_{j=1,k=1}^n NST_{Alam-i,j,k,t} \times TT_{j,k} / 10000 \right) \times FSH_i \right) \times 100 else 100$$

- Fungsi tujuan dari intervensi manusia adalah mengambil manfaat barang dan jasa hutan melalui perlakuan silvikultur dan budidaya yang menyebabkan dampak/resiko perubahan (menambah/mengurangi) jumlah populasi pohon melalui aktifitas tebang pilih, tebang habis, pengayaan dan penanaman sesuai pilihan keputusan dan tata waktunya. Perubahan-perubahan ini berkorelasi langsung dengan tutupan tajuk tegakan hutan pada kluster ke-i serta perubahan habitat (Jacob 1994; Ali dan Yan 2017; Zhang *et al.* 2017; Ali dan Yan 2018; Ali *et al.* 2019; Luo *et al.* 2019; Draper *et al.* 2021; Kazempour Larsary *et al.* 2021; Shao *et al.* 2021; Wang *et al.* 2021; Thiel *et al.* 2023) maupun stock karbon hutan (de Costa dan Suranga 2012; de Blécourt *et al.* 2013; Berenguer *et al.* 2014; Chaplin-Kramer *et al.* 2015; Kho dan Jepsen 2015; Rahman *et al.* 2018; Zaninovich dan Gatti 2020; Saimun *et al.* 2021; Rosa dan Marques 2022; Oliveira *et al.* 2023). Perubahan tersebut diproyeksikan melalui pendefinisian dan formulasi model tutupan tajuk dan simpanan karbon untuk menghasilkan informasi tutupan tajuk berdasarkan kelompok unit kelola dan rata-rata tutupan tajuk pada keseluruhan kawasan berdasarkan keputusan tertentu seperti disajikan pada Gambar 122.



Gambar 122 Contoh data luaran formulasi tutupan tajuk

- Sub unit kelola hutan alam.* Seperti ilustrasi pada Gambar 123, pendefinisian dan formulasi dinamika tutupan tajuk hutan pada sub unit dengan intervensi silvikultur dan budidaya diperinci berdasarkan petak RKT (kelas umur) ke-1.



Gambar 123 Sistem berpikir dalam pendefinisian dan formulasi tutupan tajuk

Berdasarkan contoh unit kelola hutan alam dengan jumlah petak RKT sebanyak 25 ( $d$ ; daur), dengan  $RPL_{HA-i}$  adalah distribusi luas kluster ke- $i$  dalam unit hutan alam,  $TT_{TA-i,t}$  dan  $TT_{PT-i,t}$  adalah tutupan tajuk pada kluster hutan ke- $i$  dan tahun ke- $t$  sebelum dan paska intervensi, dimana jika  $t \leq d$  maka  $l = t$  serta jika  $t > d$  dan  $s$  adalah siklus daur ke dua dan seterusnya maka  $l = t - ((s - 1) \times d)$ , maka rata-rata tutupan tajuk hutan sebelum intervensi ( $\overline{TT}_{TA\,HA-t}$ ) dan rata-rata tutupan tajuk hutan pada kelas umur ke- $l$  paska intervensi ( $\overline{TT}_{PT\,HA-l}$ ) serta rata-rata tutupan tajuk hutan unit kelola hutan alam pada tahun ke- $t$  ( $\overline{TT}_{HA-t}$ ) adalah:

$$\begin{aligned}\overline{TT}_{TA\,HA-t} &= \frac{\sum_{i=1}^n RPL_{HA-i} \times TT_{TA-i,t}}{\sum_{i=1}^n RPL_{HA-i}} \\ \overline{TT}_{PT\,HA-t} &= \frac{\sum_{i=1}^n RPL_{HA-i} \times TT_{PT-i,t}}{\sum_{i=1}^n RPL_{HA-i}} \\ \overline{TT}_{HA-t}; \text{ if } time \leq d \text{ then } &\frac{(d - t) \times \overline{TT}_{TA\,HA-t} + \sum_{l=1}^d \overline{TT}_{PT\,HA-l}}{d} \\ \text{else } &\frac{\sum_{l=1}^d \overline{TT}_{PT\,HA-l}}{d}\end{aligned}$$

- *Sub unit kelola hutan alam intensif.* Jika  $LJ_{HAI}$  dan  $JJ_{HAI}$  adalah lebar jalur dan jumlah jalur tanaman pengayaan per ha yang diikuti dengan intervensi silvikultur tebang habis dan penanaman pada jalur, maka fraksi jalur ( $Fj_{HAI}$ ) adalah :

$$Fj_{HAI} = \frac{LJ_{HAI} \times JJ_{HAI} \times 100}{10000}$$

Jika  $LT_{HAI}$ ,  $JT_{HAI}$  dan  $\%KT_{HAI}$  adalah lebar dan jarak tanam serta keberhasilan tumbuh tanaman maka jumlah tanaman pengayaan per ha ( $NTP_{HAI}$ ) adalah fungsi pembulatan:

$$NTP_{HAI} = round\left(\frac{LT_{HAI} \times JT_{HAI} \times 100}{LT_{HAI} \times JT_{HAI}} \times \frac{\%KT_{HAI}}{100}, 0\right)$$

Jika  $D_{T\,HAI-l}$  adalah diameter tanaman pada jalur tanaman dan kelas umur ke- $l$  yang di formulasi sesuai pilihan rumus pendugaan linear, Hoerl dan Alder (seperti dijelaskan pada sub bab model HHK), yang kemudian di formulasi

menjadi tutupan tajuk pohon per individu tanaman pada kelas umur ke-l ( $TT_{Tan\ HAI-l}$ ) tanaman pengayaan, maka rata-rata tutupan tajuk tegakan tanaman pada jalur tanaman unit kelola hutan alam intensif ( $\overline{TT}_{Tan\ HA-l}$ ) adalah :

$$\overline{TT}_{Tan\ HA-l} : if \frac{TT_{Tan\ HAI-l} \times NTP_{HAI}}{10000 \times Fj_{HAI}} \times 100 < 100 then \\ \frac{TT_{Tan\ HAI-l} \times NTP_{HAI}}{10000 \times Fj_{HAI}} \times 100 else 100$$

Berdasarkan formulasi-formulasi tambahan tersebut, rata-rata tutupan tajuk hutan unit kelola hutan alam pada tahun ke-t ( $\overline{TT}_{HA-t}$ ) adalah:

$$\overline{TT}_{HA-t} : if \ time \leq d \ then \\ \frac{(d - t) \times \overline{TT}_{TA\ HA-t} + (\sum_{l=1}^d \overline{TT}_{PT\ HA-l} \times (1 - Fj_{HAI})) + (\sum_{l=1}^d \overline{TT}_{Tan\ HA-l} \times Fj_{HAI}))}{d} \\ else \frac{(\sum_{l=1}^d \overline{TT}_{PT\ HA-l} \times (1 - Fj_{HAI})) + (\sum_{l=1}^d \overline{TT}_{Tan\ HA-l} \times Fj_{HAI}))}{d}$$

- *Sub unit kelola hutan tanaman dan HHBK tumbuhan berkayu.* Kelompok unit kelola budidaya ini diikuti dengan tindakan konversi tegakan hutan alam yang masuk dalam delineasi budidaya tersebut menjadi tegakan hutan tanaman dan HHBK sesuai pilihan keputusan jumlah petak (RKT) ke-l tertentu. Formulasi tutupan tajuk dibangun dalam 2 pendefinisian dan 5 sektor model, dua diantaranya seperti disajikan pada Gambar 124.
- Untuk unit kelola hutan tanaman dan HHBK dengan hasil utama adalah ekstraksi batang melalui pengaturan tebangan peremajaan yang teratur (contoh gaharu, kulit manis dan lain-lain), dimana jumlah petak adalah sama dengan angka daur tebangan peremajaan. Formulasi model dibangun berdasarkan sistem berpikir bahwa tegakan hutan alam berkurang sejumlah  $m$  luas petak RKT secara bertahap hingga pada tahun ke-t sama dengan daur ( $t=d$ ) maka seluruh tegakan hutan alam telah hilang (dikonversi).

Jika  $\overline{TT}_{TA-m,t}$  adalah rata-rata tutupan tajuk tegakan hutan alam per ha sebelum dikonversi, serta  $\overline{TT}_{TK-m,l_m}$  adalah tutupan tajuk tegakan tanaman ke-m pada kelas umur ke-1, serta  $d_m$  dan  $l_m$  adalah daur dan kelas umur tanaman pada sub unit kelola ke-m, maka rata-rata tutupan tajuk tegakan tanaman pada sub unit kelola ke-m hutan tanaman dan atau HHBK dengan komoditas ekstraksi kayu/batang ( $\overline{TT}_{TK-m,t}$ ) adalah:

$$\overline{TT}_{TK-m,t} : if \ time \leq d_m \ then \frac{(d_m - t) \times \overline{TT}_{TA-m,t} + \sum_{l_m=1}^{d_m} \overline{TT}_{TK-m,l_m}}{d_m} \\ else \frac{\sum_{l_m=1}^{d_m} \overline{TT}_{TK-m,l_m}}{d_m}$$

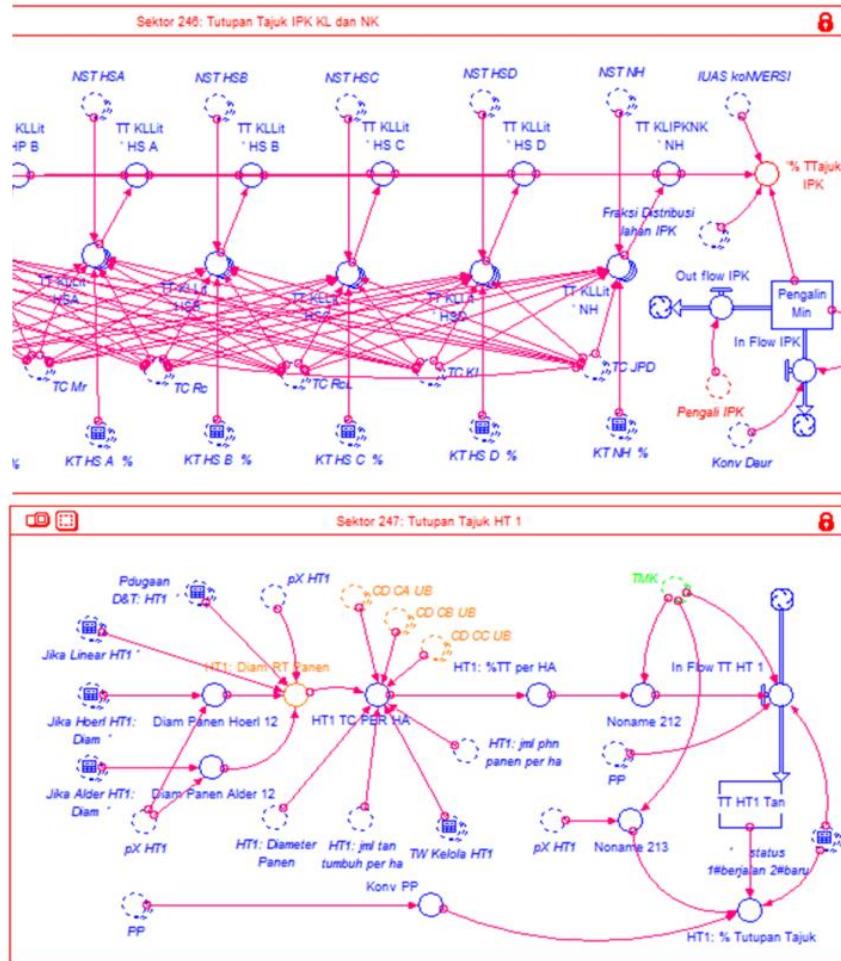
Dimana  $\overline{TT}_{TK-m,l_m}$  diformulasi sama dengan format formulasi :

jika  $LT_{TK-m}$ ,  $JT_{TK-m}$  dan  $\%KT_{TK-m}$  adalah lebar dan jarak tanam serta keberhasilan tumbuh tanaman maka jumlah tanaman per ha sub unit kelola ke-m hutan tanaman dan atau HHBK dengan komoditas ekstraksi kayu/batang ( $NTP_{TK-m}$ ) adalah:

$$NTP_{TK-m} = \text{round} \left( \frac{LT_{HAI} \times JT_{HAI} \times 100}{LT_{HAI} \times JT_{HAI}} \times \frac{\%KT_{HAI}}{100}, 0 \right)$$

Selanjutnya jika  $D_{TK-m,l}$  adalah diameter tanaman yang kemudian di formulasi menjadi tutupan tajuk pohon per individu tanaman pada sub unit kelola ke-m dan kelas umur ke-1 ( $TT_{Tan TK-m,l}$ ) sesuai pilihan rumus pendugaan tutupan tajuk (linear atau polynomial 2 faktor), maka  $\overline{TT}_{TK-m,l_m}$  adalah :

$$\overline{TT}_{TK-m,l_m}: \text{if } \frac{TT_{Tan TK-m,l} \times NTP_{TK-m}}{10000} \times 100 < 100 \text{ then} \\ \frac{TT_{Tan TK-m,l} \times NTP_{TK-m}}{10000} \times 100 \text{ else } 100$$



Gambar 124 Sektor model 245 dan 247; peta formulasi tutupan tajuk kawasan lindung, konversi dan hutan tanaman

- Untuk unit kelola HHBK non ekstraksi batang, dimana jumlah petak (p) lebih kecil dari angka daur peremajaan (d), tutupan tajuk tegakan tanaman unit kelola HHBK non ekstraksi kayu ke-m pada tahun ke-t ( $\overline{TT}_{TNK-m,t}$ ) diformulasi berdasarkan uraian berikut:

- Jika  $NTP_{TNK-m}$  dan  $D_{TNK-m,l}$  adalah jumlah tanaman per hektar dan diameter tanaman yang kemudian diformulasi lebih lanjut melalui pendekatan rumus tutupan tajuk menjadi tutupan tajuk pada unit kelola HHBK non ekstraksi kayu ke-m dan kelas umur ke- $l_m$  ( $\overline{TT}_{TNK-m,l_m}$ )
- Jika  $KU_{TNK-m}$ ,  $JP_{TNK-m}$  dan  $Daur_{TNK-m}$  adalah kelas umur, jumlah petak tanaman dan daur tanaman unit kelola HHBK pada kelompok jenis ( $m$ ) tanaman penghasil getah, resin, damar, atsiri daun dan buah (non ekstraksi batang), maka penyederhanaan formulasi dinamik adalah

$$N\_Petak[HHBK] = JP_{TNK-m}$$

$Base\_KU_{TNK-m,t} = \text{if time} \leq JP_{TNK-m} \text{ or time} > Daur_{TNK-m} \text{ and}$   
 $\text{time} \leq Daur_{TNK-m} + JP_{TNK-m} \text{ or time} > Daur_{TNK-m} + JP_{TNK-m} \text{ and}$   
 $\text{time} \leq 2*Daur_{TNK-m} + JP_{TNK-m} \text{ or time} > 2*Daur_{TNK-m} + JP_{TNK-m} \text{ and time} \leq$   
 $2*Daur_{TNK-m} + 2*JP_{TNK-m} \text{ or time} > 3*Daur_{TNK-m} + JP_{TNK-m} \text{ and time} \leq$   
 $3*Daur_{TNK-m} + 2*JP_{TNK-m} \text{ or time} > 4*Daur_{TNK-m} + JP_{TNK-m} \text{ and time} \leq$   
 $4*Daur_{TNK-m} + 2*JP_{TNK-m} \dots \text{ or time} > n*Daur_{TNK-m} + JP_{TNK-m} \text{ and time} \leq$   
 $n*Daur_{TNK-m} + JP_{TNK-m} \text{ then 1 else 0}$

$$FK\_KU[\text{Kelas umur}] = KU_l, \text{ dimana } l=1, 2, 3, \dots, n$$

$$\text{Pengali}[KU] = \text{if } FK\_KU[\text{Kelas umur}] \leq Daur_{TNK-m} \text{ then 1 else 0}$$

$$KU_{TNK-m,l,t} = \text{DELAY}(Base\_KU_{TNK-m,t}, KU_{l-1,0}) * \text{Pengali}[KU]$$

$$\text{Tutupan\_tajuk}[KU] = \overline{TT}_{TNK-m,l_m}$$

$$\overline{TT}_{TNK-m,t} = \sum_{l=1}^n KU_{TNK-m,l,t} \times \overline{TT}_{TNK-m,l_m}$$

Sehingga

$$\overline{TT}_{TNK-m,t} = \frac{(JP_{TNK-m} - t) \times \overline{TT}_{TA-m,t} + \overline{TT}_{TNK-m,t}}{JP_{TNK-m}}$$

- Untuk unit kelola hortikultura, peternakan dan perikanan; tutupan tajuk didefinisikan sebagai jumlah kehilangan tutupan tajuk tegakan alam pada tahun ke-t konversi. Jika  $TMK_{Horti\&NT-m}$  adalah tahun mulai kegiatan konversi lahan, maka tutupan tajuk unit kelola hortikultura dan non tumbuhan ke-m (peternakan & perikanan) ( $\overline{TT}_{Horti\&NT-m,t}$ ) adalah :

$$\overline{TT}_{Horti\&NT-m,t} = \text{if time} < TMK_{Horti\&NT-m} \text{ then } \overline{TT}_{TA-m,t} \text{ else 0}$$

- Unit kelola jasa lingkungan,  $NST_{Jasling-i,j,k,t}$  yang diformulasi pada unit kelola jasling, yaitu jumlah populasi pohon pada kluster hutan ke-i berdasarkan kelas diameter ke-j,jenis ke-k pada tahun ke-t yang kemudian diformulasi lebih lanjut menjadi  $\overline{TT}_{Jasling-i,t}$ , yaitu rata-rata tutupan tajuk pada kluster hutan ke-i unit kelola jasling, jika  $RPL_{Jasling-i}$  adalah distribusi luas berdasarkan kluster hutan ke-i dalam delineasi unit kelola jasling, rata-rata tutupan tajuk pada unit kelola jasling pada tahun ke-t ( $\overline{TT}_{Jasling-t}$ ) adalah:

$$\overline{TT}_{Jasling-t} = \frac{\sum_{i=1}^n \overline{TT}_{Jasling-i,t} \times RPL_{Jasling-i}}{\sum_{i=1}^n RPL_{Jasling-i}}$$

- Terakhir, pada unit kelola kaasan lindung yang tidak mendapat intervensi penebangan dan atau penanaman pengayaan , jika  $TT_{Lindung-i,t}$  adalah tutupan tajuk per ha pada klusteri ke-i yang diinformasi berdasarkan jumlah pohon pada kluster hutan ke-i, kelas diameter ke-j dan komposisi jenis ke-k pseiring waktu suksei ke-t ( $NST_{TA\ Lindung-i,j,k,t}$ ), maka tutupan tajuknya ( $\overline{TT}_{Lindung-t}$ ) adalah :

$$\overline{TT}_{Lindung-t} = \frac{\sum_{i=1}^n RPL_{Lindung-i} \times TT_{Lindung-i,t}}{\sum_{i=1}^n RPL_{Lindung-i}}$$

Berdasarkan pendefinisian dan formulasi rata-rata tutupan tajuk di setiap kluster tutupan ke-i pada tahun ke-t ( $\overline{TT}_{i-t}$ ) dalam delineasi kelola hutan alam, hutan alam intensif, HHBK, hortikultura, jasa lingkungan, non tumbuhan dan lindung ( $RPL_i$ ), maka rata-rata total tutupan tajuk di seluruh kawasan pada tahun ke-t ( $\overline{TT}_t$ ) adalah :

$$\overline{TT}_t = \frac{\sum_{i=1}^n (\overline{TT}_{i-t} \times RPL_i)}{\sum_{i=1}^n RPL_i}$$

#### 6.3.3.9 Sub model simpanan karbon

Pendefinisian simpanan karbon diinformasi dalam satuan biomassa setara ton karbon. Berbeda dengan sub model jasa lingkungan penyimpanan karbon yang men-fomulasikan jasa penyimpanan yang diajukan dalam mekanisme PES khusus pada area delineasi jasa lingkungan karbon, sub model simpanan karbon dibangun untuk mendefinisi dan formulasi nilai manfaat atau dampak penambahan atau pengurangan total simpanan karbon pada seluruh area unit kelola. Sub model ini diinformasi melalui 11 sektor model, dimana variabel utama data input adalah jumlah pohon/tanaman, berat jenis ( $B_j$ ), BEF (*Biomass Expanssion Factor*) dan KK (konstanta konversi karbon). Angka bawaan (default) yang digunakan untuk BEF adalah 1,47 dan KK adalah 0,47. Formulasi dikelompokkan dalam tiga pendekatan, yaitu pendekatan untuk biomassa tumbuhan berkayu, biomassa tumbuhan tidak berkayu dan unit kelola non tumbuhan.

- Simpanan karbon pada kelompok unit kelola tumbuhan berkayu.

Kelompok unit kelola tumbuhan berkayu meliputi unit kelola hutan alam, hutan alam intensif, hutan tanaman, HHBK tumbuhan berkayu, kawasan lindung dan jasa lingkungan. Jika  $NST_{TA-m,i,j,k,t}$  adalah jumlah pohon alam per hektar berdasarkan dinamika perubahannya sesuai unit kelola ke-m pada tahun ke-t serta rinciannya berdasarkan kelas diameter ke-j dan kelompok jenis ke-k,  $D_{TA-j}$  adalah diameter tengah dari kelas diameter ke-j,  $H_k$  adalah tinggi pada kelompok jenis ke-k yang didekati dengan angka dugaan rasio tinggi terhadap diameter ( $H/D$ ),  $AB_k$  adalah angka bentuk,  $KJ_k$  adalah komposisi kelompok jenis ke-k (dalam satuan persen), maka volume pohon berdiri pada tegakan alam berdasarkan rincian jenis ke-k dan tahun ke-t pada seluruh luas kluster hutan ke-i di unit kelola ke-m ( $VolP_{TA-m,k,t}$ ) adalah:

$$VolP_{TA-m,k,t} = \sum_{m=1,i=1,j=1}^n 1/4 \pi D_{TA-j}^2 \times H_k \times AB_k \times NST_{TA-m,i,j,k,t} \times \frac{KJ_k}{100} \times RPL_{m,i}$$

Jika  $Bj_k$  adalah berat jenis kayu jenis ke-k, maka simpanan karbon tegakan alam pada unit kelola ke-m kelompok unit kelola tumbuhan berkayu sesuai dinamika perubahannya berdasarkan waktu ke-t ( $SKEq_{TA TB-m,t}$ ) adalah:

$$SKEq_{TA TB-m,t} = \sum_{k=1}^n VolP_{TA-m,k,t} \times Bj_k \times BEF \times KK$$

Selanjutnya, jika  $NST_{TT TB-m,j,k,t}$  adalah jumlah tanaman per hektar pada unit kelola ke-m pada tahun ke-t yang memiliki intervensi penanaman/pengayaan (kelola hutan alam intensif, hutan tanaman, kelola HHBK tumbuhan berkayu dan jasa lingkungan penyimpanan karbon) serta rinciannya berdasarkan kelas umur ke-j, kelompok jenis ke-k; yang selanjutnya diformulasikan lanjut untuk menghasilkan data luaran volume tegakan tanaman per hektar pada kelas umur ke-j sesuai jenis ke-k di unit kelola ke-m ( $VolP_{TT TB-m,j,k}$ ). Jika  $JP_{m,j,t}$  dan  $LP_{m,j}$  adalah jumlah dan satuan luas petak kelas umur ke-j di unit kelola ke-m, maka volume pohon berdiri pada tegakan tanaman berdasarkan rincian jenis ke-k dan tahun ke-t pada seluruh kelas umur ke-j di unit kelola ke-m ( $VolP_{TT-m,k,t}$ ) adalah:

$$VolP_{TT TB-m,k,t} = \sum_{j=1}^N VolP_{TT TB-m,j,k} \times JP_{m,j,t} \times LP_{m,j}$$

Sehingga simpanan karbon tegakan tanaman pada unit kelola ke-m kelompok unit kelola tumbuhan berkayu sesuai dinamika perubahannya berdasarkan waktu ke-t ( $SKEq_{TT TB-m,t}$ ) adalah:

$$SKEq_{TT TB-m,t} = \sum_{k=1}^n VolP_{TT-m,k,t} \times Bj_k \times BEF \times KK$$

Dan, simpanan karbon pada unit kelola ke-m sesuai dinamika perubahannya berdasarkan waktu ke-t ( $SKEq_{TB-m,t}$ ) adalah:

$$SKEq_{TB-m,t} = SKEq_{TA TB-m,t} + SKEq_{TT TB-m,t}$$

- Simpanan karbon pada kelompok unit kelola tumbuhan tidak berkayu

Kelompok unit kelola tumbuhan tidak berkayu meliputi unit kelola HHBK tumbuhan tidak berkayu dan hortikultura. Formulasinya berdasarkan pendefinisian bahwa tegakan hutan alam yang termasuk dalam delineasi unit kelola tumbuhan tidak berkayu dan hortikultura berkang hingga nol karena proses konversi sesuai tata waktunya. Jika  $JP_{NTB-m}$  dan  $TMK_{NTB-m}$  adalah jumlah petak dan tahun mulai kegiatan serta  $SKEq_{TA NTB-m,t}$  adalah jumlah simpanan karbon tegakan alam dalam total luas delineasi unit kelola ke-m, maka jumlah simpanan karbon tegakan alam pada tahun ke-t dalam delineasi unit kelola ke-m dalam kelompok unit kelola tumbuhan tidak berkayu ( $SKEq_{TA NTB-m,t}$ ) adalah:

$$\begin{aligned}
 SKEq_{TANTB-m,t} &: \text{if } time < TMK_{NTB-m} \text{ then } SKEq_{TANTB0-m,t} \text{ else if} \\
 &\text{time} = TMK_{NTB-m} \text{ and } time < TMK_{NTB-m} + JP_{NTB-m} \text{ then} \\
 &= SKEq_{TANTB0-m,t} \times \left(1 - \frac{t - TMK_{NTB-m}}{JP_{NTB-m}}\right) \text{ else } 0
 \end{aligned}$$

Selanjutnya, jika  $NST_{TT-m,j,k,t}$  dan  $SKEq_{TTNTB-m,j,k}$  adalah jumlah tanaman per hektar pada unit kelola ke-m pada tahun ke-t dan simpanan karbon per tanaman pada kelas umur ke-j, serta jika  $JP_{m,j,t}$  dan  $LP_{m,j}$  adalah jumlah dan satuan luas petak kelas umur ke-j, maka simpanan karbon tegakan tanaman dalam delineasi unit kelola tumbuhan tidak berkayu ke-m dan tahun ke-t ( $SKEq_{TTTB-m,t}$ ) adalah:

$$SKEq_{TTTB-m,t} = NST_{TT-m,j,k,t} \times SKEq_{TTNTB-m,j,k} \times JP_{m,j,t} \times LP_{m,j}$$

volume pohon berdiri pada tegakan tanaman berdasarkan rincian jenis ke-k dan tahun ke-t pada seluruh kelas umur ke-j di unit kelola ke-m ( $VolP_{TT-m,k,t}$ ) adalah:

$$VolP_{TTTB-m,k,t} = \sum_{j=1}^N VolP_{TTTB-m,j,k} \times JP_{m,j,t} \times LP_{m,j}$$

Dan, simpanan karbon pada unit kelola ke-m dalam delineasi kelompok unit kelola tumbuhan tidak berkayu sesuai dinamika perubahannya berdasarkan waktu ke-t ( $SKEq_{NTB-m,t}$ ) adalah:

$$SKEq_{NTB-m,t} = SKEq_{TANTB-m,t} + SKEq_{TTNTB-m,t}$$

- Simpanan karbon pada kelompok unit kelola non tumbuhan

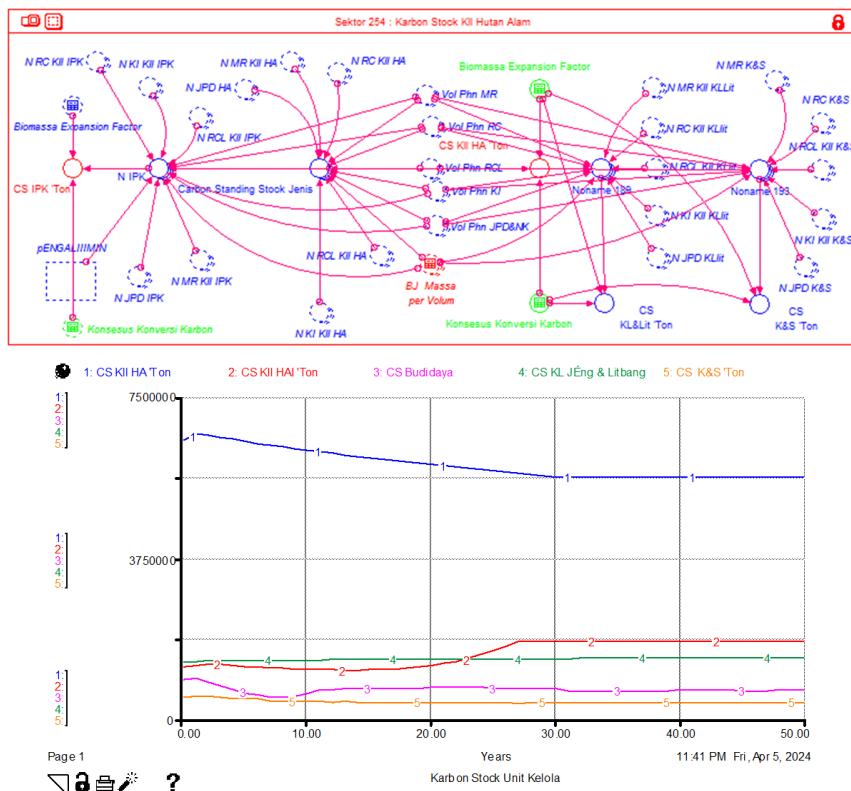
Kelompok unit kelola bukan tumbuhan meliputi unit kelola HHHBK peternakan dan perikanan. Simpanan karbon pada kelompok unit kelola ini didefinisikan sebagai jumlah simpanan karbon hutan alam yang hilang akibat konversinya menjadi unit kelola peternakan dan perikanan. Proses konversi kemungkinan menyisakan beberapa pohon sebagai peneduh, namun karena jumlahnya yang kecil serta dalam pola yang dapat diproyek-sikan, maka didefinisikan setara nihil (nol). Berdasarkan definisi tersebut, jika  $SKEq_{TANT0-m,t}$  adalah jumlah simpanan karbon tegakan alam dalam total luas delineasi unit kelola ke-m (peternakan dan perikanan) dan  $TMK_{NT-m}$  adalah tahun mulai kegiatan, kegiatan konversi hutan alamnya dilakukan pada  $TMK_{NT-m}$  tersebut (1 tahun), maka simpanan karbon pada kelompok unit non tumbuhan (peternakan dan perikanan) ( $SKEq_{TANT-m,t}$ ) adalah:

$$\begin{aligned}
 SKEq_{TANT-m,t} &\cong SKEq_{NT-m,t} ; \text{ if } time < TMK_{NTB-m} \text{ then } SKEq_{TANT0-m,t} \\
 &\text{else } 0
 \end{aligned}$$

Berdasarkan pendefinisian dan formulasi simpanan karbon di setiap unit kelola tersebut, maka total simpanan karbon di seluruh kawasan pada tahun ke-t ( $SKEq_t$ ) adalah :

$$SKEq_t = \sum_{m=1}^n SKEq_{TB-m,t} + \sum_{m=1}^n SKEq_{TB-m,t} + \sum_{m=1}^n SKEq_{NT-m,t}$$

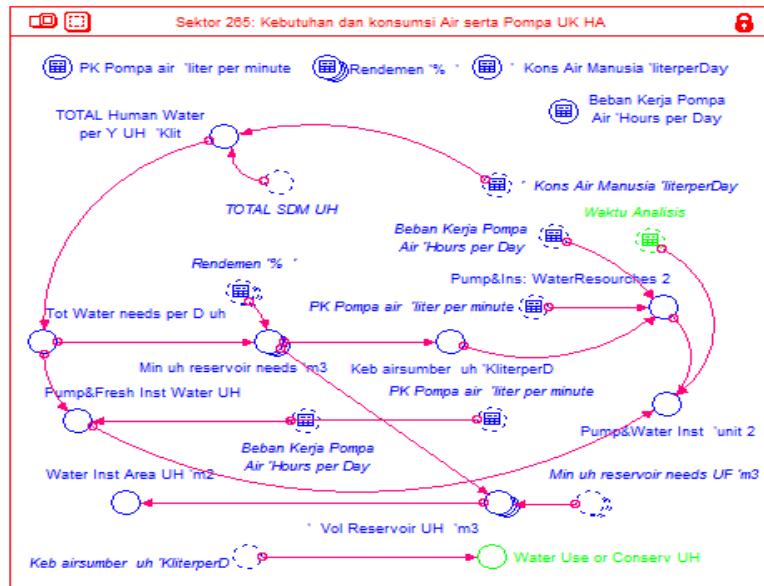
Berikut pada Gambar 125 disajikan salah satu sektormodel dan data contoh data luaran simpanan karbon pada masing-masing unit kelola.



Gambar 125 Sektor model 254: peta formulasi simpanan karbon di unit kelola hutan alam dan contoh data luaran

#### 6.3.3.10 Sub model pemanfaatan/upaya perlindungan air

Sub model pemanfaatan air sebagai upaya perlindungan air dalam kelola hutan didekati dengan variabel jumlah air yang dimanfaatkan untuk konsumsi sendiri dan diperdagangkan serta konsumsi ternak dan kebutuhan air tambak. Sub model pemanfaatan air diformulasikan dalam 8 sektor model. Salah satu sektor model seperti disajikan pada Gambar 126. Layar *interface* pengisian data input tidak disediakan karena variabel data input telah didefinisikan pada sub model lain berdasarkan keputusan-keputusan tata kelolanya masing-masing.



Gambar 126 Sektor model 265; peta formulasi pemanfaatan air di unit kelola hutan alam

Pendefinisan dan formulasinya adalah sebagai berikut:

- Kebutuhan air sumber untuk konsumsi manusia

Jika  $Kons_{Air-Man}$  adalah jumlah rata-rata konsumsi air bersih per hari oleh manusia per hari dan  $JSDM_{i,t}$  adalah jumlah sumber daya manusia pada masing-masing unit kelola ke- $i$  pada tahun ke- $t$  serta  $r_{pump}$ ,  $r_{ko}$ ,  $r_{fk}$ ,  $r_{st}$  dan  $r_{ft}$  adalah rendemen pengolahan air seperti didefinisikan pada sub model HHK, maka kebutuhan air untuk konsumsi manusia pada tahun ke- $t$  ( $KebAir_{KM-t}$ ) adalah:

$$KebAir_{M-t} = \frac{\sum_{i=1}^n JSDM_{i,t} \times Kons_{Air} \times 365}{r_{pump} \times r_{ko} \times r_{fk} \times r_{st} \times r_{ft}}$$

- Kebutuhan air sumber untuk konsumsi ternak

Jika  $Pop_{i,j,k,t}$  dan  $BT_{i,j,k}$ , populasi dan bobot ternak ke- $i$  pada masing-masing jenis kelamin ke- $j$ , kelas umur ke- $k$  dan tahun ke- $t$  serta dan  $R_{MtB}$  adalah rasio kebutuhan air minum dan mandi per hari terhadap bobot, maka kebutuhan air untuk konsumsi ternak pada tahun ke- $t$  ( $KebAir_{T-t}$ ) adalah:

$$KebAir_{T-t} = \frac{\sum_{i=1}^n Pop_{i,j,k,t} \times BT_{i,j,k} \times R_{MtB} \times 365}{r_{pump} \times r_{ko} \times r_{fk} \times r_{st} \times r_{ft}}$$

- Kebutuhan air sumber untuk kolam di unit kelola perikanan telah diformulasi di sub model perikanan , didefinisikan sebagai  $KebAir_{K-t}$
- Jika  $JAKNet_{JaslingAir-t}$  adalah jumlah air yang dimanfaatkan (komersil) pada tahun ke- $t$  yang diformulasi pada sub model unit kelola jasa lingkungan pemanfaatan air, maka jumlah atau kebutuhan air sumber kebutuhan yang dimanfaatkan pada tahun ke- $t$  ( $KebAir_{JA-t}$ ) adalah:

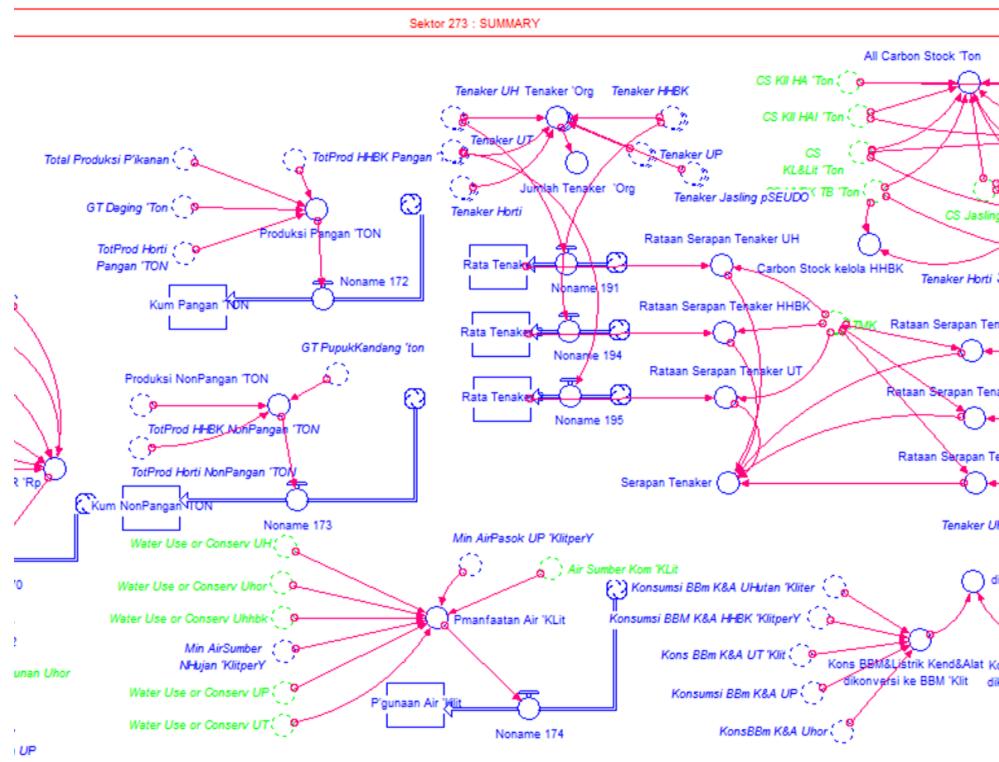
$$KebAir_{JA-t} = \frac{JAKNet_{JaslingAir-t}}{r_{pump} \times r_{ko} \times r_{fk} \times r_{st} \times r_{ft}}$$

Berdasarkan pendefinisi dan formulasi pemanfaatan air tersebut, maka total pemanfaatan air sumber pada tahun ke-t ( $PAS_t$ ) adalah :

$$PAS_t = KebAir_{M-t} + KebAir_{T-t} + KebAir_{K-t} + KebAir_{JA-t}$$

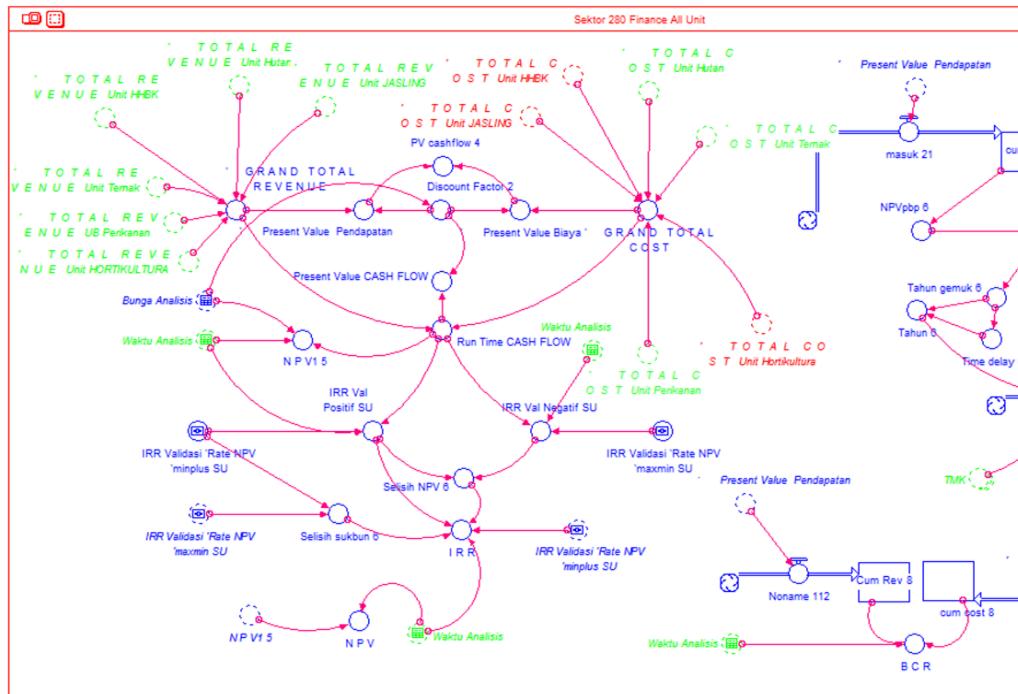
#### 6.3.3.11 Sub model ringkasan

Fungsi tujuan dari sub model ringkasan (*summary*) adalah merekap dan memerinci informasi-infomasi utama kelola multi usaha kehutanan sesuai dengan pilihan-pilihan keputusan pada setiap unit kelola. Perekapan dan pemerincianya diformulasi dalam 8 sektor model, dua diantaranya seperti disajikan pada Gambar 127 dan 128. Informasi-informasi tersebut disediakan dalam 2 layar tatap muka (A dan B), seperti disajikan pada Gambar 129 dan 139.

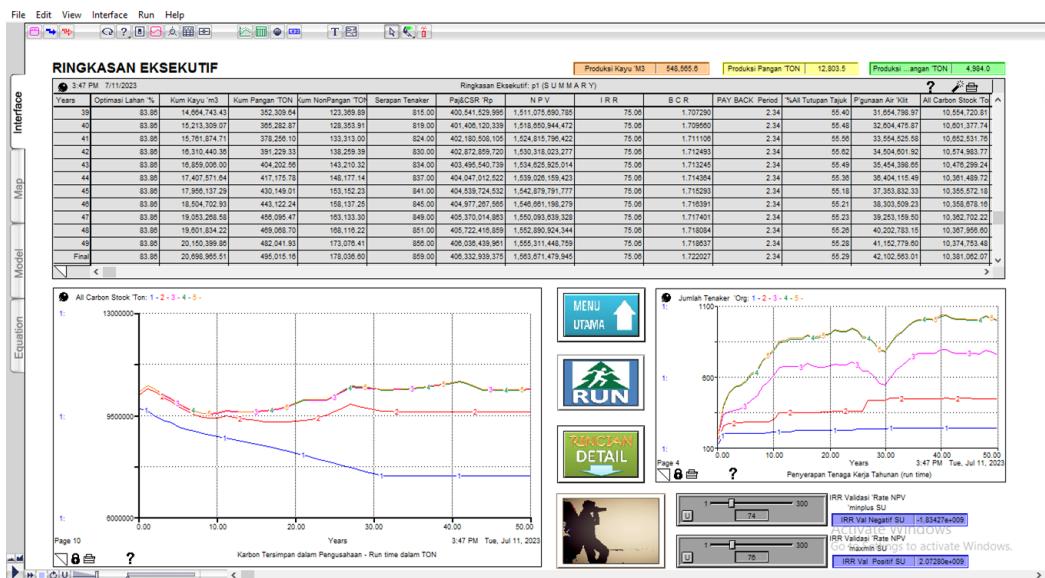


Gambar 127 Sektor model 273: peta formulasi model rekapitulasi

Layar tatap muka A terdiri dari 2 tombol navigasi, 1 tombol pemroresan (*running*), 2 *slider* verifikasi data, 5 data baris serta 1 kelompok data tabel (*table pad*) dan 2 kelompok data grafik (*graph pad*).



Gambar 128 Sektor model 280: peta formulasi model rekapitulasi pembiayaan, pendapatan dan indikator finansial semua unit kelola



Gambar 129 Interface sub model ringkasan A

Kelompok data tabel memuat 6 tabel informasi, meliputi :

- Ringkasan (*summary*) yang memerinci 13 data luaran utama sebagai indikator multi usaha kehutanan. Data diperkaya dengan 17 tampilan grafik dalam 2 kelompok data grafik (*graph pad*). Data grafik ditujukan untuk menyediakan perbandingan antara indikator-indikator dalam RPL berjalan (rencana penggunaan lahan) dengan indikator-indikator yang sama dalam RPL alternatif

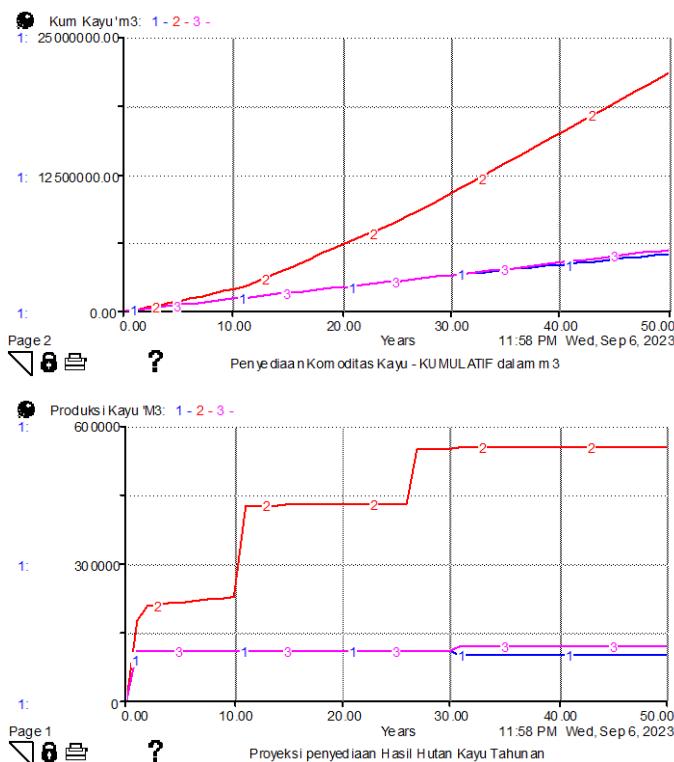
lainnya (Contoh disajikan pada Gambar 130-138). Pendefinisian dan formulasi nya adalah sebagai berikut.

- Optimasi pemanfaatan lahan, menyediakan informasi luas lahan aktif yang dimanfaatkan dalam satuan persen. Variabel data ini direkap dari data luaran dari sub model rencana penggunaan lahan. Jika  $RPL_{Net\ y}$  adalah luas rencana luas pemanfaatan lahan aktif untuk unit usaha ke-y terhadap total luas lahan ( $TLL$ ) atau jika  $NRPL_y$  rencana luas lahan yang tidak dimanfaatkan, maka persentase luas lahan aktif diusahakan hingga tahun ke-t ( $\%OL$ ) terhadap total luas lahan ( $TLL$ ) :

$$\%OL_t = \frac{\sum_{y=1}^n RPL_{Net\ y}}{TLL} \times 100 \cong \frac{TLL - \sum_{y=1}^n NRPL_{Net\ y}}{TLL} \times 100$$

- Proyeksi sediaan barang hasil produksi berupa hasil hutan kayu (HHK), menyediakan informasi total akumulasi volume HHK hingga tahun berjalan ( $t_b$ ) dalam satuan  $m^3$ . Variabel data ini direkap dari data luaran produksi kayu dari sub model HHK dan data luaran pemanfaatan kayu tebangan peremajaan untuk jenis hhbk tumbuhan berkayu dari sub model hasil hutan bukan kayu (HHBK). Jika  $JPHHK_t$  adalah jumlah rprodukasi kayu pada tahun ke-t, maka total akumulasi sediaan HHKhinga tahun ke-t ( $Kum\ HHK_{t_b}$ ) adalah :

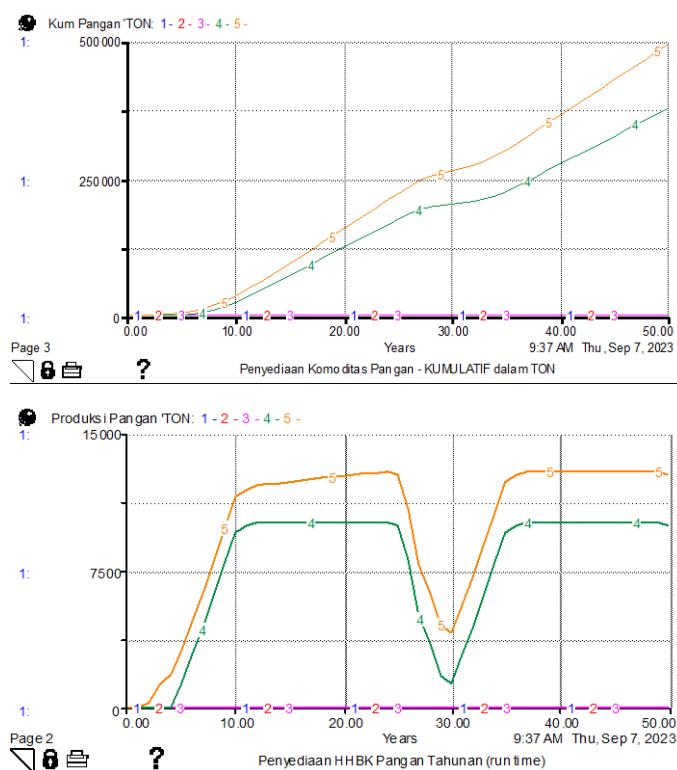
$$Kum\ HHK_{t_b} = \sum_{t=1}^{t=t_b} JPHHK_t$$



Gambar 130 Contoh tampilan grafik akumulasi sediaan dan sediaan HHK tahunan

- Proyeksi sediaan barang hasil produksi berupa hasil hutan kayu dari kelompok pangan (HHBK Pangan), menyediakan informasi total akumulasi volume HHBK Pangan hingga tahun berjalan ( $t_b$ ) dalam satuan ton. Variabel data ini direkap dari data luaran produksi HHBK Pangan dari sub model HHBK dengan pilihan komoditas berupa komoditas pangan serta data luaran produksi dari sub model hortikultura, peternakan dan perikanan. Untuk unit kelola HHBK, jika  $i=1$  adalah kodeifikasi jenis hasil produksi bersih HHBK ke- $i$  ( $PHHBK_{Net-i,t}$ ) adalah HHBK Pangan, maka sediaan adalah komoditas pangan, total sediaan HHBK Pangan ( $JPHHBK_{P Net-i,t}$ ) diformulasi sebagai berikut:

*if  $PHHBK_{Net-i,t}$  and  $i = 1$  then  $PHHBK_{P Net-i,t}$  else 0*



Gambar 131 Contoh tampilan grafik akumulasi sediaan dan sediaan tahunan HHBK Pangan

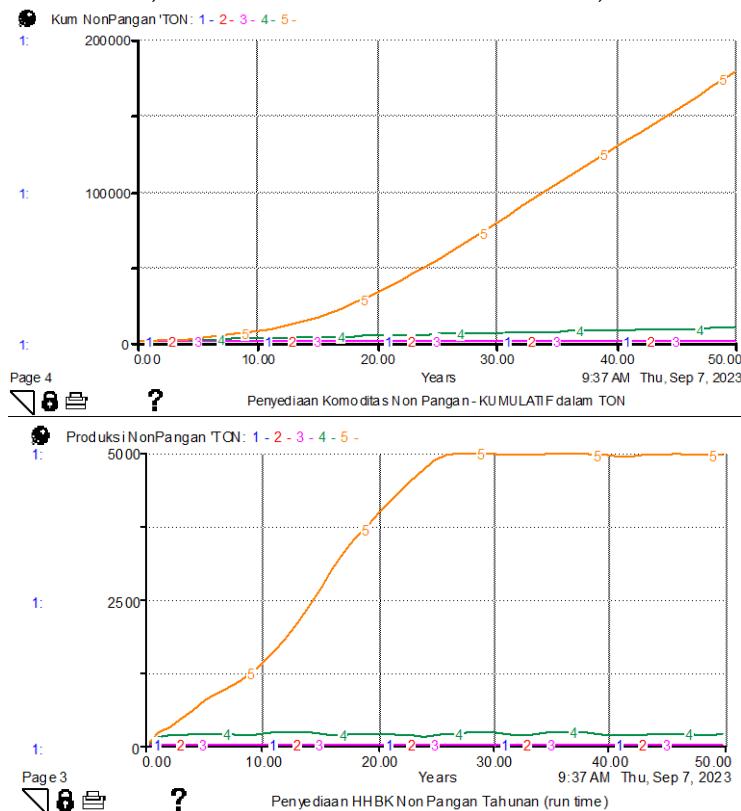
dan jika  $PHorti_{Net-i,t}$ ,  $PDaging_{i,t}$  dan  $PSusu_{i,t}$  adalah produksi bersih tanaman hortikultura serta produksi bersih daging dan susu dari unit kelola peternakan dan  $TProd_{P'ikan-t}$  adalah total produksi ikan dari unit kelola perikanan, maka total keseluruhan sediaan barang produksi HHBK Pangan ( $JPHHBK_{P-t}$ ) dan kumulasinya hingga tahun berjalan ( $Kum HHBK_{Pangan-t_b}$ ) adalah

$$\begin{aligned} JPHHBK_{Pangan-t} = & \sum_{i=1}^n PHHBK_{P Net-i,t} + \sum_{i=1}^n PHorti_{Net-i,t} \\ & + \sum_{i=1}^n PDaging_{i,t} + \sum_{i=1}^n PSusu_{i,t} + TProd_{P'ikan-t} \end{aligned}$$

$$Kum\ HHBK_{Pangan-t_b} = \sum_{t=1}^{t=t_b} JPHHBK_{Pangan-t}$$

- Proyeksi sediaan barang hasil produksi berupa hasil hutan kayu dari kelompok non pangan (HHBK Pangan), menyediakan informasi total akumulasi volume HHBK Non Pangan hingga tahun berjalan ( $t_b$ ) dalam satuan ton. Variabel data ini direkap dari data luaran produksi HHBK Non Pangan dari sub model HHBK dengan pilihan komoditas berupa komoditas non pangan serta data luaran produksi feses (pupuk kandang) dari sub model peternakan. Jika  $i=2$  adalah kodefikasi jenis hasil produksi bersih HHBK ke- $i$  ( $PHHBK_{Net-i,t}$ ) adalah HHBK Non Pangan, maka sediaan adalah komoditas non pangan, total sediaan HHBK Non Pangan ( $PHHBK_{NP\ Net-i,t}$ ) diformulasi sebagai berikut:

*if  $PHHBK_{Net-i,t}$  and  $i = 2$  then  $PHHBK_{NP\ Net-i,t}$  else 0*



Gambar 132 Contoh tampilan grafik akumulasi sediaan dan sediaan tahunan HHBK Non Pangan

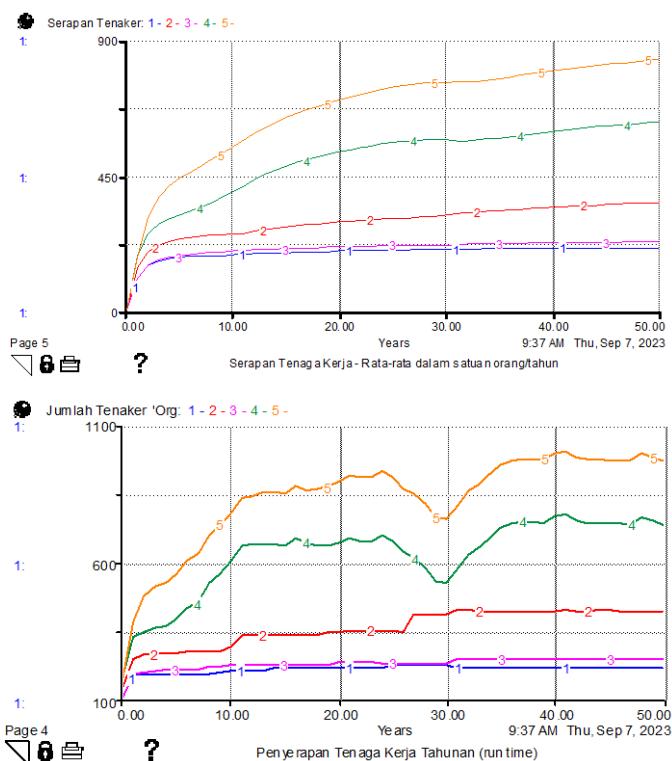
dan jika  $PFeses_{Net-i,t}$  adalah produksi feses dari sub unit kelola peternakan, maka total keseluruhan sediaan barang produksi HHBK Non Pangan ( $JPHHBK_{NP-t}$ ) dan kumulasinya hingga tahun berjalan ( $Kum\ HHBK_{Non\ Pangan-t_b}$ ) adalah

$$JPHHBK_{NP-t} = \sum_{i=1}^n PHHBK_{NP\ Net-i,t} + \sum_{i=1}^n PFeses_{Net-i,t}$$

$$Kum\ HHBK_{Non\ Pangan-t_b} = \sum_{t=1}^{t=t_b} JPHHBK_{NP-t}$$

- Proyeksi serapan tenaga kerja, menyediakan informasi rata-rata akumulasi tenaga kerja hingga tahun berjalan ( $t_b$ ) dalam satuan orang. Jika  $JTK_{y,t}$ . Variabel data ini direkap dari data luaran jumlah tenaga kerja di seluruh unit kelola dalam kelola multi usaha kehutanan. Jika  $JTK_{y,t}$  adalah jumlah tenaga kerja di unit kelola ke-y pada tahun ke-t, maka rata-rata akumulasi tenaga kerja hingga tahun berjalan ( $\overline{JTK}_{t_b}$ ) adalah :

$$\overline{JTK}_{t_b} = \frac{\sum_{t=1}^{t=t_b} \sum_{y=1}^n JTK_{y,t}}{t_b}$$



Gambar 133 Contoh tampilan grafik rata-rata akumulasi dan jumlah tahunan tenaga kerja

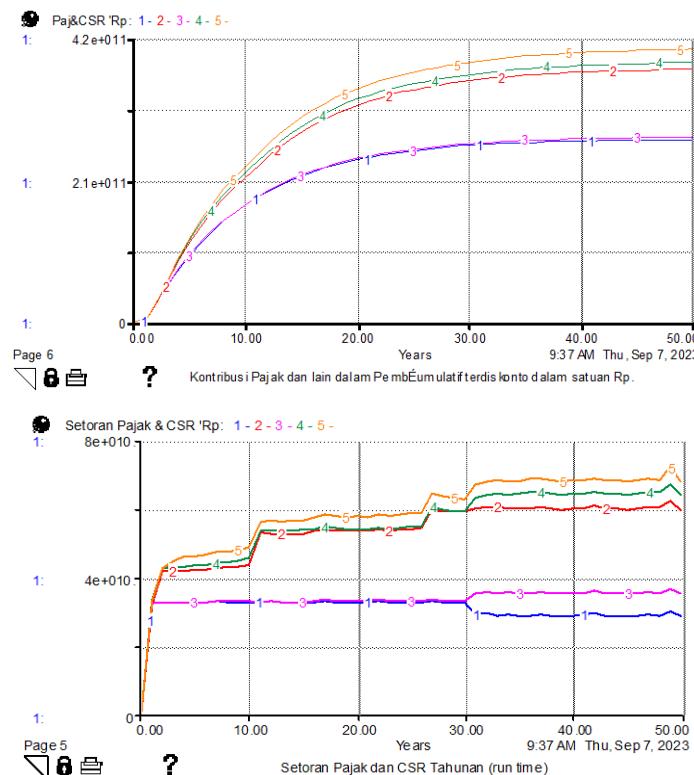
- Proyeksi kontribusi usaha kepada Negara dan masyarakat, menyediakan informasi nilai sekarang (*present value*) dari total akumulasi semua jenis pajak, provisi, iuran dan dana reboisasi serta dana pemberdayaan masyarakat hingga tahun berjalan ( $t_b$ ) melalui alokasi dana *corporate social responsibility* (CSR) sebagai bagian dari kontribusi manfaat pilihan usaha multi usaha kehutanan. Variabel data ini direkap dari data luarannya di seluruh unit kelola dalam kelola multi usaha kehutanan. Jika  $JC_{Paj-y,t}$  dan  $JC_{CSR-y,t}$  adalah jumlah biaya semua jenis pajak, provisi, iuran dan

dana reboisasi serta CSR di unit kelola ke- $y$  pada tahun ke- $t$ , maka nilai sekarang dari total pajak, provisi, iuran dan dana reboisasi serta CSR ( $PVPaj_t$ ) adalah :

$$PVPaj_t = df_t \times \sum_{t=1}^{tb} \left( \sum_{y=1}^n JC_{Paj-y,t} + \sum_{y=1}^n JC_{CSR-y,t} \right)$$

Dimana jika  $r$  adalah asumsi nilai suku bunga analisis, maka faktor diskonto pada tahun ke- $t$  ( $df_t$ - discount factor) di formulasikan sebagai berikut:

$$df_t = \frac{1}{(1+r)^t}$$

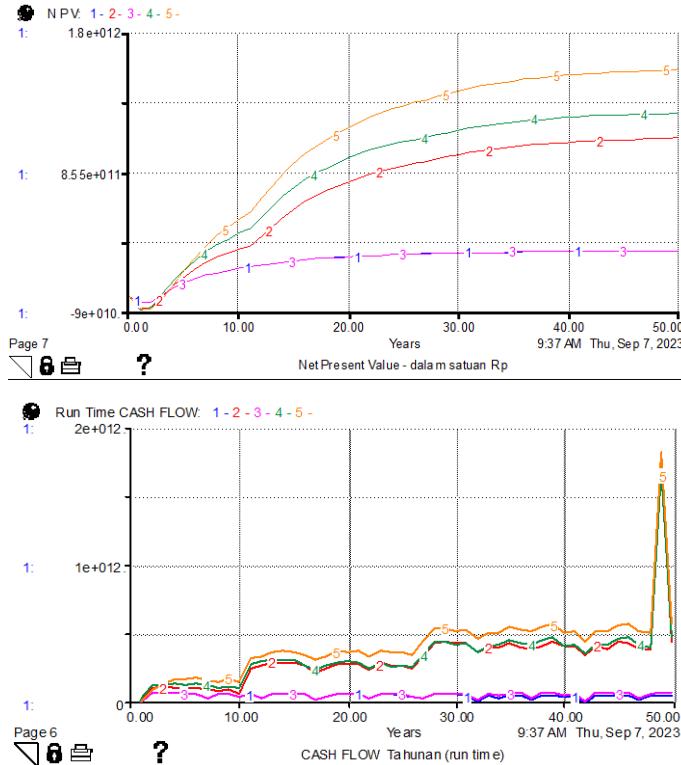


Gambar 134 Contoh tampilan grafik akumulasi total didiskonto dan jumlah pajak, provisi, iuran dan dana reboisasi serta CSR tahunan

- Proyeksi kelayakan usaha, menyediakan informasi kelayakan usaha menggunakan 4 indikator finansial, yaitu *Net Present Value* (NPV), *Benefit Cost Ratio* (BCR), *Internal Rate of Return* (IRR) dan jangka waktu pengembalian modal (PBP-Payback Period). Kelayakan usaha diformulasikan menggunakan rumus kelayakan usaha seperti diuraikan pada sub model HHK, dengan variabel data masukan berupa total total pendapatan (*TB-total benefit*) dan total pembiayaan (*total cost*) yang direkap dari seluruh unit kelola dalam kelola multi usaha kehutanan. Jika  $JB_{y,t}$  dan  $JC_{y,t}$  adalah jumlah pendapatan dan pembiayaan unit

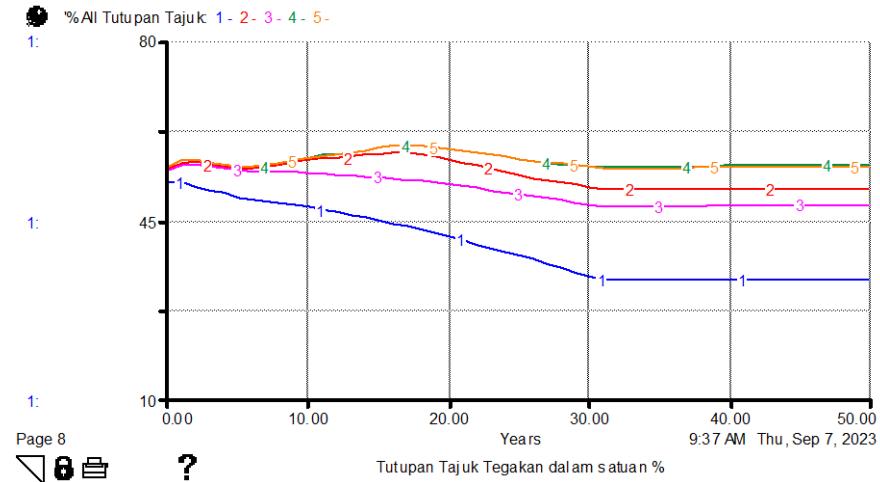
kelola ke-y pada tahun ke-t, maka total biaya dan pendapatan ( $TB_t, TC_t$ ) pada tahun ke-t dalam kelola multi usaha kehutanan adalah :

$$TB_t = \sum_{y=1}^n JB_{y,t} ; \quad TC_t = \sum_{y=1}^n JC_{y,t}$$

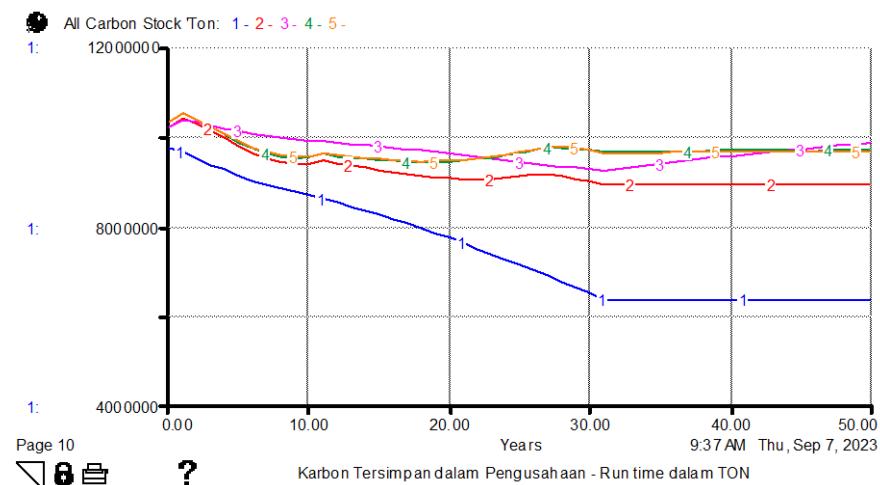


Gambar 135 Contoh tampilan grafik NPV dan cash flow tahunan sebelum didiskonto

- Proyeksi tutupan tajuk, menyediakan informasi perubahan tutupan tajuk selama waktu pengusahaan sebagai dampak/manfaat kelola multi usaha kehutanan. Variabel data ini telah diformulasi di sub model tutupan tajuk yang didefinisikan sebagai tutupan tajuk rata-rata seluruh kawasan pada tahun ke-t ( $\overline{TT}_t$ ). Sehingga demikian, variabel data tersebut hanya perlu dipanggil untuk disajikan dalam tabel dan grafik.
- Proyeksi simpanan karbon, menyediakan informasi perubahan simpanan karbon selama waktu pengusahaan sebagai dampak/manfaat kelola multi usaha kehutanan. Variabel data ini telah diformulasi di sub model simpanan karbon yang didefinisikan sebagai total simpanan karbon di seluruh kawasan pada tahun ke-t ( $SKEq_t$ ). Sehingga demikian, variabel data tersebut hanya perlu dipanggil untuk disajikan dalam tabel dan grafik.



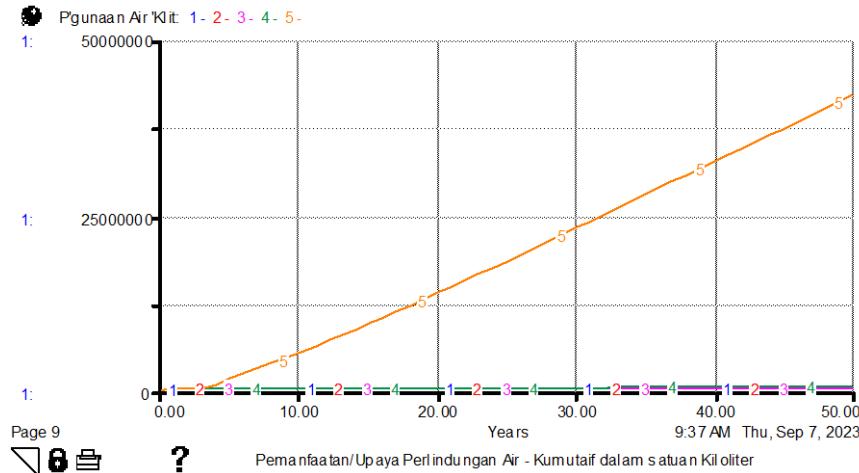
Gambar 136 Contoh tampilan grafik perbandingan tutupan tajuk pada 5 alternatif kelola multi usaha kehutanan



Gambar 137 Contoh tampilan grafik perbandingan simpanan karbon pada 5 alternatif kelola multi usaha kehutanan

- Proyeksi pemanfaatan air, menyediakan informasi total akumulasi pemanfaatan/upaya perlindungan air sumber untuk konsumsi dan diperdagangkan. Sama seperti ringkasan data akumulasi lainnya, fungsi tujuan dari penggunaan pendekatan rumus akumulasi adalah agar dapat dilakukan perbandingan antar alternatif kelola multi usaha kehutanan. Variabel data total pemanfaatan air sumber pada tahun ke-t ( $PAS_t$ ) yang telah didefinisi dan diformulasikan di sub model pemanfaatan air diinformulasikan lebih lanjut untuk menghasilkan data luaran akumulasi pemanfaatan air tahun ke-t ( $Kum\ Air_{t_b}$ ), yaitu:

$$Kum\ Air_{t_b} = \sum_{t=1}^{t=t_b} PAS_t$$



Gambar 138 Contoh tampilan grafik perbandingan pemanfaatan/upaya perlindungan air pada 5 alternatif kelola multi usaha kehutanan

- b. Ringkasan (*summary*) yang merekap 19 data luaran proyeksi kebutuhan kendaraan dan alat dari semua unit kelola. Jika  $JK\&A_{y,i,t}$  adalah proyeksi jumlah kebutuhan kendaraan dan alat jenis ke-*i* pada unit kelola ke-*y* dan tahun ke-*t*, maka proyeksi total kebutuhan kendaraan dan alat jenis ke-*i* dan tahun ke-*t* dalam kelola multi usaha kehutanan ( $JK\&A_{MUK,i,t}$ ) adalah:

$$JK\&A_{MUK,i,t} = \sum_{y=1}^n JK\&A_{MUK,i,t}$$

- c. Ringkasan (*summary*) yang merekap 7 data luaran proyeksi kebutuhan tenaga kerja dari semua unit kelola. Jika  $JTK_{y,j,t}$  adalah proyeksi jumlah kebutuhan tenaga kerja pada unit kelola ke-*y*, maka proyeksi total kebutuhan tenaga kerja dalam 7 jenjang jabatan ke-*j*, dan tahun ke-*t* dalam kelola multi usaha kehutanan ( $JTK_{MUK-j,t}$ ) adalah:

$$JTK_{MUK-j,t} = \sum_{y=1}^n JTK_{y,j,t}$$

- d. Ringkasan (*summary*) yang merekap 14 data luaran proyeksi kebutuhan ruang/bangunan dari semua unit kelola. Jika  $LRB_{y,i,t}$  adalah proyeksi jumlah luas kebutuhan ruang/bangunan pada unit kelola ke-*y*, maka proyeksi total kebutuhan ruang/bangunan dalam 14 jenis ke-*i* dan tahun ke-*t* dalam kelola multi usaha kehutanan ( $LRB_{MUK-i,t}$ ) adalah:

$$LRB_{MUK-i,t} = \sum_{y=1}^n LRB_{y,i,t}$$

- e. Ringkasan (*summary*) yang merekap 3 data luaran kebutuhan energi (bahan bakar minyak (BBM), listrik yang disetara/konversi ke BBM dan total kebutuhan energy setara BBM. Jika  $JKBbm_{y,t}$  adalah proyeksi jumlah

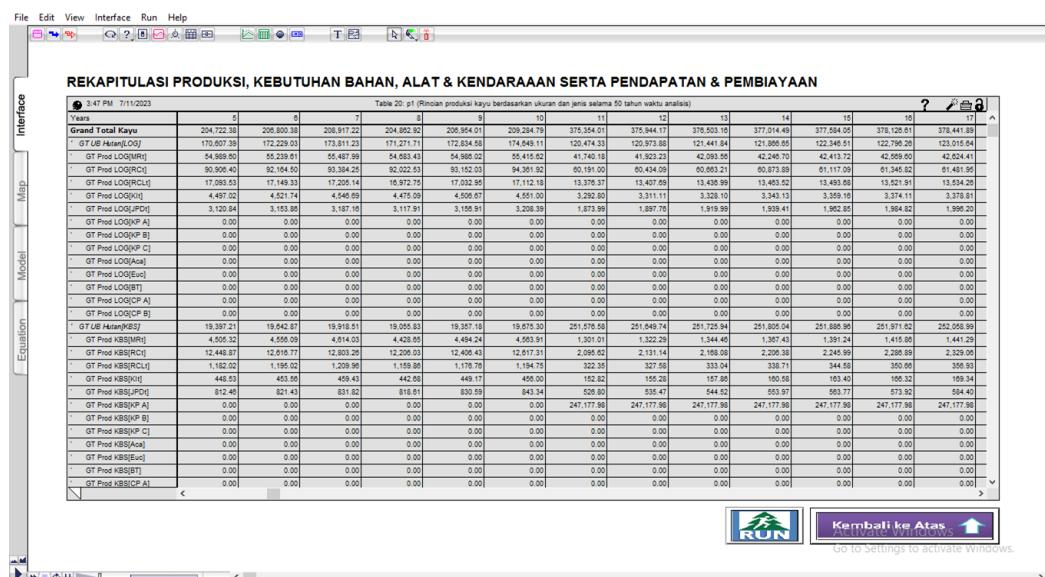
kebutuhan pada unit kelola ke-y dan tahun ke-t, maka proyeksi total kebutuhan BBM dan listrik disetara/dikonversi ke BBM ( $JKBbm_{MUK,t}$ ) adalah:

$$JKBbm_{MUK,t} = \sum_{y=1}^n JKBbm_{y,t}$$

- f. Ringkasan (*summary*) yang merekap pemerincian struktur pendapatan, pembiayaan, *cashflow* dan indikator finansial pada tahun ke-t

Terakhir, layar tatap muka sub model ringkasan B terdiri dari 1 tombol navigasi dan 1 tombol pemrosesan (*running*). Pada layar tatap muka ini lebih memerinci data ringkasan sepanjang tahun ke-t, antara lain:

- Rincian produksi kayu berdasarkan ukuran dan jenis
- Rincian produksi HHBK dari kelompok tumbuhan berdasarkan jenis HHBK
- Rincian produksi HHBK dari kelompok hewan berdasarkan jenis HHBK
- Rincian kebutuhan bahan penunjang produk (amelioran, pupuk, pakan, dan seterusnya)
- Rincian kebutuhan bibit berdasarkan jenis
- Rincian kebutuhan pengadaan/peremajaan kendaraan dan alat berdasarkan jenis kendaraan dan alat
- Rincian pengadaan/renovasi bangunan berdasarkan jenis bangunan
- Rincian pendapatan berdasarkan kelompok dan jenis pendapatan
- Rincian pembiayaan berdasarkan kelompok dan jenis pembiayaan.



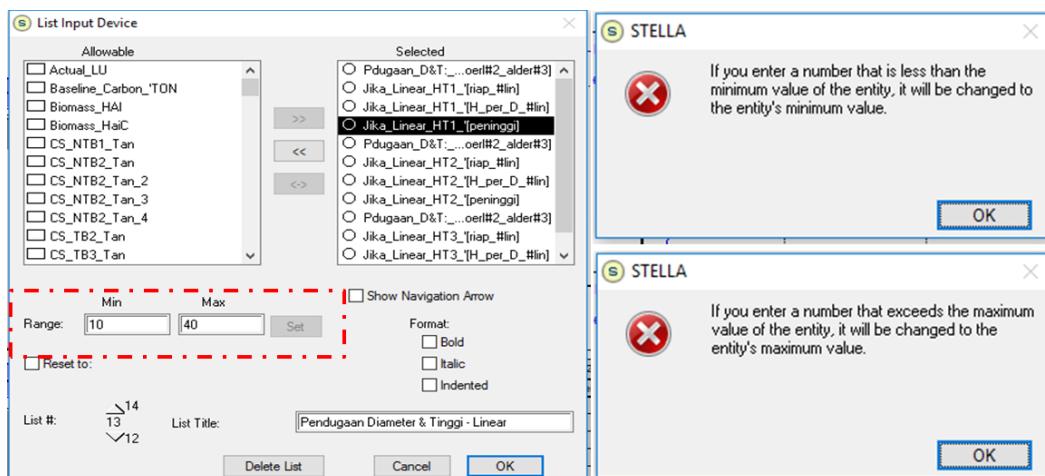
Gambar 139 *Interface* sub model ringkasan B

Hingga tahap akhir ini, super model multi usaha kehutanan (SM MUK) berhasil didefinisi dan diformulasikan secara komprehensif, detail dan efektif untuk siap digunakan oleh pengguna.

### 6.3.3.12 Sensitifitas, reliabilitas dan validitas model

*Garbage in, garbage out* adalah satu mantra yang diperbincangkan secara luas dalam ilmu komputer, khusus dalam pemodelan sistem dinamik. Mantra yang terlanjur menjadi stereotip tersebut terjadi karena banyak pemodel tidak melengkap sistem manajemen data yang dapat mendeteksi dan menyaring masuknya “data sampah” yang menyebabkan fungsi-fungsi pemrosesan data akan menghasilkan data luaran yang tidak akurat dan tidak dapat diandalkan, yang dapat dikatakan sebagai data sampah (*garbage out*) (Kilkenny dan Robinson 2018; Vidgen dan Derczynski 2021; Kennedy 2022). Jika sebuah model tidak dilengkapi manajemen dan sistem deteksi data, maka sesungguhnya model tersebut dapat dikatakan sebagai model sampah.

Manajemen dan sistem deteksi data dalam pemodelan dapat dibangun melalui pendekatan analisis sensitifitas model untuk menguji respons model terhadap ketidakpastian data input dan menentukan apakah hasil yang dihasilkan kuat, elemen mana yang memiliki dampak terbesar terhadap hasil, bagaimana elemen berinteraksi untuk membentuk hasil, dan arah mana yang akan diambil ketika elemen berubah. (Baja 2012; Borgonovo *et al.* 2022; Jegatheeswaran 2022; Więckowski dan Sałabun 2023). Pendekatan ini dilakukan melalui simulasi-simulasi berulang dan berulang secara sistematis dengan mengubah data input secara hipotetik hingga batas optimum terendah dan tertinggi yang logis dan menganalisis apakah data luaran yang dihasilkan berada dalam rentang nilai yang juga logis. Proses berulang ini membangun sistem berpikir terkait sensitifitas model dalam menerima, mengolah, meverifikasi dan menotifikasi data input pada rentang data absolut yang diperkenankan dan logis untuk semua variabel input, termasuk membangun formulasi-formulasi tambahan terhadap semua variabel luaran dengan sensitifitas tinggi. Ini menjelaskan bahwa jika jumlah variabel input dan variabel luaran dengan sensitifitas tinggi adalah sebanyak 4.764 dan 153 variabel, maka rentang data yang dibangun sebagai atribut model adalah sebanyak 4.764 dan formulasi tambahan sebanyak 153 proses. Salah satu contoh masing-masingnya sebagai berikut.



Gambar 140 Contoh penetapan rentang data pada atribut data peninggi

Seperti contoh pada Gambar 140, data pada variabel peninggi berada dalam rentang data 10 meter sampai dengan 40 meter. Variabel data peninggi memiliki interaksi ke data tinggi pohon, volume pohon berdiri, potensi tebangan rata-rata per ha hingga produksi kayu dan seterusnya ke beban kerja, penghitungan jumlah alat produksi yang terkait dengan pemanenan kayu, pembiayaan, finansial dan juga ke variabel stok karbon dan lain lain. Pada beberapa variabel seperti contoh variabel peninggi ini, pendefinisan variabel peninggi ini memiliki 2 tahap penyaringan data, pertama oleh pengguna berdasarkan nilai data yang diinput yang sesuai dengan data peninggi pada jenis pohon tersebut, yang dilengkapi dengan formulasi tambahan variabel tinggi pohon ( $h$ ), dimana jika  $\overline{h}/D$  adalah rasio tinggi terhadap diameter ( $D$ ) dan  $\ddot{h}$  adalah peninggi, maka tinggi pohon ( $h$ ) adalah:

$$h: \text{if } \overline{h}/D \times D \leq \ddot{h} \text{ then } \overline{h}/D \times D \text{ else } \ddot{h}$$

Tidak semua variabel data input dilengkapi dengan formulasi tambahan. Formulasi tambahan hanya dibangun untuk variabel-variabel yang memiliki sensitifitas tinggi. Rentang data variabel input dan formulasi tambahan untuk varabel output dilandaskan pada logika-logika matematika dan ilmu pengetahuan. Seperti contoh formulasi tambahan berikut.

$$K \& A_{LT,t}; \text{if } PK_{LT} \leq 0 \text{ then } \frac{1}{0} \text{ else if } \frac{ProdK_t}{PK_{LT}} < 1 \text{ then } 1 \text{ else round}\left(\frac{ProdK}{PK_{LT}}, 0\right)$$

Contoh formulasi kebutuhan kendaraan *logging truck* diatas didefinisikan dalam logika matematika dan ilmu pengetahuan sebagai berikut:

- $\text{if } PK_{LT} = 0 \text{ then } \frac{1}{0}$  didasarkan pada logika dasar bahwa prestasi kerja suatu kendaraan dan alat tertentu berada pada nilai positif tertentu, jika dalam pemoresan data menghasilkan data prestasi kerja adalah 0 maka perangkat model menjalankan fungsi stak (berhenti memproses data) melalui fungsi 1/0 yang mengaktifkan kemunculan kotak dialog untuk notifikasi diperlukan tindakan koreksi seperti contoh yang disampaikan pada Gambar 60.
- Formulasi  $\text{if } \frac{ProdK}{PK_{LT}} < 1 \text{ then } 1 \text{ else round}\left(\frac{ProdK}{PK_{LT}}, 0\right)$  mengaktifkan fungsi matematika pembulatan berdasarkan logika suatu satuan individu alat (atau orang, pohon, ternak dan lain-lain) adalah dalam satuan angka bulat.  $\text{if } \frac{ProdK_t}{PK_{LT}} < 1 \text{ then } 1$  didefinisikan bahwa jika formulasi kebutuhan truk berdasarkan rasio beban dan prestasi kerja adalah kurang dari 1 maka perangkat model menjalankan fungsi pembulatan ke atas (angka 1), dan jika lebih dari 1 maka dilakukan fungsi pembulatan terdekat (atas atau bawah).

Atribut rentang data dan formulasi-formulasi tambahan untuk data luaran seperti contoh diatas dibangun berdasarkan analisis sensitifitas model dan logika-logika matematika dan ilmu pengetahuan. Contoh-contoh variabel sensitive lainnya adalah tutupan tajuk rata-rata per ha setiap kluster tegakan, struktur hutan alam klimaks, total distribusi berdasarkan persentase, jarak tanam, riap dan pertumbuhan pohon, produktifitas HHBK, angka kelahiran/kematian ternak, *feed conversion ratio* (FCR) pada budidaya perikanan dan banyak variabel lainnya. Pendefinisan-pendefinian ini yang kemudian membangun manajemen dan sistem deteksi data secara baik dan lengkap sehingga fungsi-fungsi pemoresan data akan menghasilkan

data luaran yang akurat dan dapat diandalkan. Sehingga dapat dikatakan, model yang dibangun dengan manajemen dan sistem deteksi data yang baik adalah model yang stabil dan kuat karena dapat meminimasi hingga terbebas dari mantra *garbage in, garbage out*.

Uji reliabilitas dilakukan melalui 10 tahapan (*item*) penilaian berdasarkan 5 skor dalam skala *linkert* terhadap 5 orang pengguna. Penilaian diberikan selama 7 hari pelaksanaan riset aksi, yang dibagi dalam 3 kelompok kegiatan, yaitu pemahaman awal konsep dan teori multi usaha kehutanan (hari ke-1), praktek dan simulasi penggunaan perangkat super model multi usaha kehutanan (hari ke-2 sampai dengan ke-8) serta pemaparan hasil praktek dan simulasi (hari ke-7). Pada hari ke-7 tersebut dilakukan 4 penilai sekaligus, yaitu pemahaman, kemampuan analisa, penyampaian dan kepuasan. Item dan skor penilaian adalah sebagai berikut, sementara pengolahan data reliabilitasnya disajikan pada Tabel 38.

Tahapan (item) uji:

- $i_1$  = Pemahaman konsep dan teori MUK pra praktek dan simulasi SM\_MUK
- $i_2$  = Penguasaan praktek dan simulasi SM\_MUK hari ke-1
- $i_3$  = Penguasaan praktek dan simulasi SM\_MUK hari ke-2
- $i_4$  = Penguasaan praktek dan simulasi SM\_MUK hari ke-3
- $i_5$  = Penguasaan praktek dan simulasi SM\_MUK hari ke-4
- $i_6$  = Penguasaan praktek dan simulasi SM\_MUK hari ke-5
- $i_7$  = Pemahaman konsep dan teori MUK paska praktek dan simulasi SM-MUK
- $i_8$  = Kemampuan dalam analisa dan pengambilan keputusan
- $i_9$  = Penyampaian hasil analisis
- $i_{10}$  = Kepuasan

Skore

- |               |     |
|---------------|-----|
| Sangat kurang | = 1 |
| Kurang        | = 2 |
| Cukup         | = 3 |
| Baik          | = 4 |
| Sangat baik   | = 5 |

Tabel 37 Skor uji, ragam dan *Cronbach Alpha*

Ulangan ( $R_j$ )	Tahapan uji (i)										Jumlah (X)
	$i_1$	$i_2$	$i_3$	$i_4$	$i_5$	$i_6$	$i_7$	$i_8$	$i_9$	$i_{10}$	
1	1	1	2	3	3	4	4	3	4	4	29
2	1	1	2	3	4	4	4	4	5	5	33
3	2	1	2	3	3	4	5	4	4	4	32
4	3	2	3	4	5	5	5	4	4	5	40
5	2	1	3	4	4	5	5	4	5	5	38
Ragam ke-X ( $s_X^2$ )											20.3
Ragam ke-i ( $s_i^2$ )	0.7	0.2	0.3	0.3	0.7	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	
Jumlah ragam ke-i ( $\sum_{i=1}^k s_i^2$ )											3.6
<i>Cronbach Alpha</i>											0.91407

Secara umum, keberterimaan terhadap perangkat model adalah sangat baik. Berdasarkan catatan penilaian selama proses ujicoba mendeskripsikan bahwa

pengoperasian perangkat model SM-MUK oleh pengguna dapat dikuasai dengan cukup baik rata-rata pada hari ke-3 dan mengalami peningkatan setelahnya. Perangkat model SM-MUK juga efektif sebagai media pembelajaran (*learning proces*) dalam penyusunan rencana multi usaha kehutanan berkelanjutan, termasuk dalam peningkatan kemampuan analisa, pengambilan keputusan dan pemaparan hasil. Selain peningkatan pemahaman terhadap konsep dan teori multi usaha kehutanan, efektifitas perangkat model sebagai media pembelajaran diindikasikan dengan adanya penambahan-penambahan unit usaha baru. Potensi pengembangan unit usaha tersebut sebelumnya tidak terlilit hanya karena pengguna tidak memiliki pengetahuan yang cukup memadai tentang dasar-dasar kelola usaha komoditas tersebut, terutama untuk unit budidaya sektor non kehutanan. Contoh disample unit PBPH PT Ratah Timber Holdings, penambahan unit usaha baru tersebut adalah budidaya serei wangi, peternakan dan perikanan. Sementara itu di sample unit PT. Nusantara Ekosisem Lestari adalah unit usaha pemanfaatan air dan budidaya Kakao. Berdasarkan pendekatan variabilitas terhadap skor per item uji dan jumlah skor penguji dapat diketahui bahwa nilai cronbach alpha adalah sebesar 0,91407 atau 91,21%. Hal ini menjelaskan bahwa perangkat model SM-MUK memiliki reliabilitas yang baik, dengan tingkat kerapuhan hanya sebesar 8,79%.

Terakhir, uji validasi model super model multi usaha kehutanan (SM-MUK). Validasi dilakukan untuk beberapa variabel sensitive tertentu yang dipilih dengan sengaja dengan kriteria data aktualnya dapat diukur dan divalidasi secara langsung di lapangan.

Tabel 38 Validasi model SM-MUK

Variabel uji	Satuan	Aktual	Simulasi	$ e $
<i>Kelola Hutan Alam</i>				
Produksi kayu tahunan	M3	98,331	107,623	0.0863
Luas bangunan kantor hutan	M2	400	415	0.0361
Barak huni	M2	600	612	0.0196
Alat berat	Unit	12	12	-
Chainsaw	Unit	10	12	0.1667
Loggingtruk	Unit	10	11	0.0909
Tenaga kerja	Orang	182	197	0.0761
<i>Kelola Peternakan</i>				
Populasi 2020	Ekor	280	302	0.0728
Populasi 2021	Ekor	330	348	0.0517
Populasi 2022	Ekor	400	402	0.0050
Luas kandang	M2	800	856	0.0654
Luas kebun pakan	Ha	36	47	0.2340
Penjualan 2020	Ton daging	45	44.15	0.0193
Penjualan 2021	Ton daging	50	49.62	0.0077
Penjualan 2022	Ton daging	55	57.77	0.0479
Tronton truk	Unit	2	2	-
Tenaga kerja 2022	Orang	32	36	0.1111
<i>Mean absolute error (MAE)</i>				0.0642

Seperti disajikan pada Tabel 39, beberapa variabel data yang diuji validasi terdiri dari 7 variabel data kelola hutan alam dimana data hasil simulasinya divalidasi dengan data aktual bisnis berjalan (*BAU-business as usual*) kelola hutan alam di PT Ratah Timber Holdings tahun 2022. Berikutnya 10 variabel data kelola peternakan dimana data hasil simulasinya divalidasi dengan data aktual di unit usaha peternakan PT Equalindo Mandiri Alam Sejahtera yang berlokasi di Kabupaten Kutai Kertanegara. Validasi di unit usaha peternakan dilakukan untuk data populasi dan penjualan tahun 2020, 2021 dan 2022 serta data luas kandang, kebun pakan, kendaraan angkutan dan tenaga kerja tahun 2022. Karena kecenderungan data aktualnya yang bersifat rahasia, uji validasi tidak dilakukan untuk variabel-variabel luaran terkait pembiayaan, pendapatan dan finansial. Validasi untuk kelompok data ini hanya dilakukan dalam bentuk konfirmasi, dan terkonfirmasi bahwa hasil simulasi mendekati aktualnya. Berdasarkan uji validasi terhadap 17 data tersebut diperoleh bahwa simpangan rata-rata kesalahan hanya sebesar 6,4% sehingga model dapat dikatakan valid berdasarkan sampel variabel yang diuji.

#### 6.4 Kesimpulan

Melalui beberapa proses kontruksi dan rekontruksi sistem berpikir, kompleksitas model pengambilan keputusan multi usaha kehutanan dapat diurai melalui pendekatan 5M tata kelola sumberdaya lahan, meliputi *method* (metode/teknik), *material* (bahan, bangunan dan hasil produksi), *man* (tenaga kerja), *machine* (alat dan kendaraan) dan *money* (uang). Ketersediaan dan kesesuaian lahan sebagai titik awal (*node*) menjadi variabel pembatas yang terhubung dengan pilihan-pilihan keputusan metode budidaya tertentu (*method*) yang menimbulkan beban kerja. Pendefinisian beban kerja sesuai distribusi tahapan kerjanya per satuan waktu tertentu berhubungan dengan target penyelesaian pekerjaan melalui variabel prestasi kerja orang, alat, kendaraan, bahan dan material untuk menghasilkan barang produksi tertentu. Melalui variabel satuan harga maka variabel-variabel pembiayaan, pendapatan serta variabel finansial dapat didefinisikan. Pendefinisian-pendefinisian tersebut diformulasikan dalam 11 sub model dan 280 sektor model sebagai mesin sistem.

Untuk kemudahan dalam penggunaannya oleh pengguna (*user friendly*), model disajikan secara sistematis melalui 17 layar antarmuka (interface), meliputi 1 layar pembuka, 8 layar utama dan 8 layar tambahan. Layar pembuka memuat tombol-tombol keterangan dan navigasi menuju layar utama sesuai daftar isi. Secara keseluruhan, model menghimpun 4.764 variabel keputusan, yang ruang data input keputusannya disediakan pada layar utama dalam bentuk 22 tabel, 9 *slider*, dan 1 *knob*. Sedangkan data luaran disajikan pada layar utama dan tambahan dalam bentuk 167 tabel, 49 grafik, dan 48 data baris. Model dibangun dalam komprehensif yang tinggi namun detail dan efisien sehingga kemudian dinamakan dengan supermodel multi usaha kehutanan (SM-MUK). Walaupun terkesan gemuk, perangkat model SM-MUK adalah tangguh (*reliable*) dengan nilai *cronbach alpha* sebesar 91,21% dan valid dengan simpangan rata-rata kesalahan hanya sebesar 6,4%. Disamping itu, selain efisien sebagai alat bantu pengambilan keputusan, SM-MUK juga efisien sebagai alat bantu pemahaman dan pembelajaran dalam penyusunan rencana multi usaha kehutanan.

## **VII KEBIJAKAN PEMUNGKIN DAN RUANG IMPLEMENTASI MULTI USAHA KEHUTANAN<sup>3</sup>**

### **7.1 Pendahuluan**

Bab ini bertujuan untuk membahas target Indonesia sebagai negara berpendapatan tinggi pada tahun 2045, dengan Produk Domestik Bruto (PDB) per kapita atau pendapatan per kapita (*PCI-Per Capita income*) sebesar USD29.000 (Kementerian Keuangan, 2017) dan mendekati nol deforestasi (*net-zero deforestation*) pada tahun 2030 (Antara, 2020; Berita Perubahan Iklim, 2015). Pada saat yang sama, Indonesia juga berkomitmen untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) sebesar 29% s.d 41% dengan syarat (Wijaya et al., 2019). Untuk mencapai kedua target tersebut, Pemerintah Indonesia merencanakan pembangunan dengan emisi rendah yang inklusif, terintegrasi, terinformasi, dan diatur dengan skema fiskal yang sesuai (Nurfatriani et al. 2015; Sheriffdeen et al. 2020) serta berkontribusi terhadap pencapaian 5%–6% pertumbuhan ekonomi tahunan (Nugroho, 2022). Diperlukan rencana untuk mengatasi perubahan penggunaan lahan pada hutan dan penggunaan Lahan Lainnya (*FOLU- Forest and Other Land Uses*) untuk memenuhi target pengurangan emisi GRK (Rossita et al. 2021; Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2022) –selain mendorong pertumbuhan ekonomi, strategi tata kelola yang efektif, dan program pembangunan yang tepat (Bank Dunia, 2012; Nurrochmat et al. 2020; Nurrochmat et al. 2021).

Menurut Perjanjian Paris, emisi global harus mencapai puncaknya sesegera mungkin untuk memastikan kenaikan suhu kurang dari 2°C dalam jangka panjang – sebaiknya mendekati 1,5°C. Emisi net-zero tidak berarti melarang emisi; hal tersebut diperbolehkan bersamaan dengan teknologi atau kegiatan yang mengurangi emisi dalam jumlah yang sama atau lebih dari emisi yang dihasilkan. Pada tahun 2017, Pemerintah Indonesia meluncurkan inisiatif pembangunan rendah karbon yang berisi pilihan kebijakan untuk mencapai pembangunan ekonomi tinggi dan mengurangi emisi GRK secara bersamaan. Inisiatif ini menargetkan puncak emisi karbon antara tahun 2025 dan 2030 (Wijaya et al., 2019) dan mengakhiri hilangnya hutan alam pada tahun 2030 (Climate Change News, 2015). Karena mitigasi perubahan iklim merupakan kebijakan lintas sektoral, penting untuk mempertimbangkan tidak hanya peraturan global tetapi juga peraturan nasional dan lokal mengenai mitigasi dan adaptasi (Di Gregorio et al. 2017; Erbaugh dan Nurrochmat 2019; Pribadi et al. 2020), termasuk masyarakat hutan dan pekerja hutan (Yovi dan Nurrochmat 2018).

Pencapaian *net-zero deforestation* bukanlah tugas yang mudah mengingat tekanan populasi di Indonesia, negara dengan jumlah penduduk lebih dari 270 juta jiwa (Bank Dunia, 2020). Sekitar 120,5 juta ha lahan, atau sekitar 64% daratan Indonesia, dialokasikan ke kawasan hutan (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2020; Badan Pusat Statistik, 2020). Total alokasi lahan pertanian – termasuk tanaman pangan, hortikultura, dan perkebunan – hanya berkisar 36,8 juta

---

<sup>3</sup> Bab VII ini berkaitan dengan tujuan 1 dan tujuan 3 yang menjelaskan penguatan wacana dan ruang implementasi MUK dalam pembangunan Nasional. Bab ini secara keseluruhan dipublikasikan di jurnal *Forest Policy and Economics* (Q1) dengan judul: *Indonesia's options in becoming a high-income country: Accelerating the turning point in deforestation?*

ha (Kementan, 2020), atau kurang dari 20% dari total luas lahan. Proporsi lahan di Indonesia yang dialokasikan untuk pertanian jauh lebih sedikit dibandingkan negara lain (Nurrochmat *et al.* 2017; Bank Dunia, 2017). Konflik kepentingan antara lingkungan hidup dan tujuan ekonomi menyebabkan permasalahan tenurial, seperti tumpang tindih izin pertanian dan hutan, perambahan hutan, dan perubahan penggunaan lahan (Sahide *et al.* 2015; Sukwika *et al.* 2016; Nurrochmat *et al.* 2020; Rahmani *et al.* 2021).

Tulisan ini disusun untuk membahas tujuan-tujuan berikut: pertama, apakah target waktu untuk mengakhiri hilangnya hutan dan memasukkan Indonesia ke dalam kelompok negara berpendapatan tinggi menurut perspektif Pemerintah adalah masuk akal; kedua, mempertimbangkan usulan kebijakan dan skenario tata kelola yang bertujuan mendekati emisi net-zero di sektor kehutanan; dan ketiga, memberikan rekomendasi kebijakan untuk mengisi kesenjangan antara target pemerintah saat ini dan proyeksi titik balik hilangnya hutan dan pertumbuhan ekonomi. Tujuan-tujuan tersebut membangun kerangka berpikir dan perspektif dalam penguatan wacana dan ruang implementasi kebijakan Multi Usaha Kehutanan secara Nasional.

## 7.2 Metode Analisis

### 7.2.1 Jenis dan Sumber Data

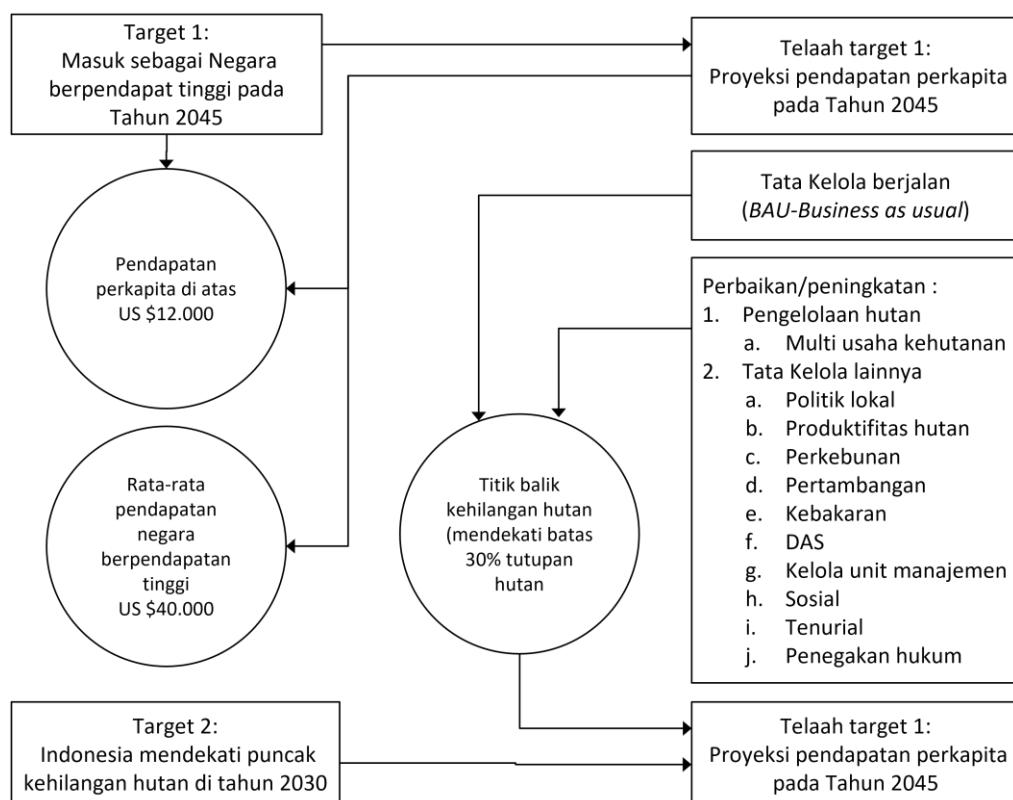
Jenis data adalah data sekunder, meliputi data seri tutupan hutan dan PDB per kapita yang diperoleh dari sumber literatur.

### 7.2.2 Teknik pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur terkait perubahan tutupan lahan dan pertumbuhan ekonomi dengan indikator PDB per kapita. Data dan informasi mengenai tata kelola terkait perubahan tutupan hutan dan pertumbuhan ekonomi juga penting dalam mendukung argumen analitis. Untuk itu, data lain yang dikumpulkan adalah data kebijakan pemerintah mengenai penggunaan lahan dan perubahan penggunaan lahan, pengelolaan hutan dan lahan, pemanfaatan sumber daya alam (sebagaimana ditentukan oleh undang-undang dan peraturan), rencana tata ruang, dan rencana pembangunan nasional. Data time series perubahan tutupan hutan diambil dari publikasi ilmiah sebelumnya (Tsujino *et al.* 2016) dan laporan resmi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2017, 2018, 2019a). Data deret waktu penduduk dikumpulkan dari laporan resmi Badan Pusat Statistik (Badan Pusat Statistik, 2020), dan PDB per kapita (PCI) diambil dari data Macrotrend.net (2021). Data lain mengenai tata guna lahan, administrasi, dunia usaha, dan tata kelola hutan diambil dari berbagai laporan, publikasi ilmiah, dan data statistik. Sebuah studi literatur menggunakan informasi ini untuk menyesuaikan proyeksi PCI dan hilangnya hutan tahunan. Pengaruh pandemi COVID-19 terhadap sektor kehutanan (Larasatie *et al.* 2022) dan Program Operasional Net Sink Kehutanan dan Tata Guna Lainnya (FOLU) setelah tahun 2018 (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2022) tidak dipertimbangkan dalam proyeksi hilangnya hutan dalam tulisan ini.

### 7.2.3 Tahapan analisis

Analisis pada Bab ini adalah bagian dari analisis wacana (penguatan). Analisis ini dibangun secara terpisah untuk memproyeksi ruang implementasi MUK dalam Pembangunan Indonesia secara Makro. Seperti disajikan pada Gambar 141, analisis dilakukan berdasarkan tiga skenario rekomendasi, yaitu: pertama, mengkaji sasaran pertama Pemerintah Indonesia, yaitu menempatkan Indonesia pada kategori negara berpendapatan tinggi paling lambat pada tahun 2045; kedua, membahas kemungkinan pemenuhan target penghentian deforestasi sebelum tahun 2030, termasuk memperkirakan waktu paling realistik bagi titik balik hilangnya hutan (menurut literatur proyeksi data hilangnya tutupan hutan); dan ketiga, merumuskan rekomendasi kebijakan untuk mengisi kesenjangan antara target dan perkiraan pemerintah. Untuk meninjau apakah Indonesia akan menjadi negara berpendapatan tinggi pada tahun 2045, dua tahapan analisis proyeksi PCI (2018–2067) dilakukan. Pertama, analisis lintasan data historis dari tahun 1981 hingga 2018. Kedua, analisis proyeksi 50 tahun PCI Indonesia dalam dua kondisi berbeda: mengikuti kondisi bisnis berjalan (*BAU-business as usual*), dan mengasumsikan perbaikan sepuluh aspek penting tata kelola yang mempengaruhi perubahan penggunaan lahan, yaitu: politik lokal, produktivitas lahan hutan, rencana tata ruang, revegetasi bekas pertambangan, pengelolaan kebakaran, pengelolaan daerah aliran sungai, kesatuan pengelolaan hutan, keterlibatan sosial, tenurial/reformasi lahan dan aspek hukum), dinamakan kebijakan yang disesuaikan (AP).



Gambar 141 Kerangka pikir analisis

Analisis mengikuti teori EKC untuk memperkirakan waktu hingga titik balik hilangnya hutan dan tingkat PCI dimana dicapai net-zero deforestasi di Indonesia (Nurrochmat *et al.* 2022). Penting untuk dicatat bahwa titik balik hilangnya hutan tidak akan terjadi ketika negara tersebut menjadi negara berpendapatan tinggi dengan PCI sebesar US\$12.695 (World Bank Group 2020) Sebaliknya, titik balik hilangnya hutan diasumsikan terjadi pada saat PCI berada di atas USD 30.000 (Majaski, 2022) atau USD 40.000 – perkiraan pendapatan rata-rata negara maju (Nurrochmat, 2020).

### 7.3 Hasil Dan Pembahasan

#### 7.3.1 Kerangka pikir teoritis (*Theoretical background*)

Penting untuk membandingkan definisi hutan, hilangnya hutan, degradasi hutan, dan deforestasi sebelum membahas titik balik hilangnya hutan. Peraturan Menteri Kehutanan Nomor 14 Tahun 2004 mendefinisikan hutan sebagai lahan dengan luas minimal 0,25 ha, ditutupi pepohonan lebih dari 30%, dan tinggi pohon dewasa 5m. Definisi hutan dalam peraturan perundang-undangan di Indonesia berbeda dengan FAO (2010) yang mendefinisikan hutan sebagai suatu lahan dengan luas minimal 0,5 ha dengan tutupan kanopi pohon lebih dari 10%, dengan tinggi pohon dewasa minimal 5m. Di Indonesia, hutan dibagi menjadi tiga kategori, yaitu lahan primer, sekunder, dan non-hutan. Hal ini menyebabkan berbedanya data hutan yang dilaporkan oleh Pemerintah Indonesia dan FAO. Misalnya, FAO (2020) menerbitkan data time-series mengenai luas hutan di Indonesia dari tahun 1990 hingga 2020. Secara keseluruhan, data dari FAO mengenai luas hutan sekitar 6% lebih tinggi dibandingkan laporan Pemerintah Indonesia.

Pemerintah Indonesia berkomitmen untuk mencapai penurunan emisi bersih hutan dan penggunaan lahan lainnya pada tahun 2030. Artikel ini telah mempertimbangkan substansi dari Indonesia FOLU Net Sink 2030 namun belum memasukkan program operasional FOLU Net Sink dalam analisisnya - karena rencana kerjanya sedang dalam proses perumusan oleh Kementerian Kehutanan dan Lingkungan Hidup bersama lembaga pemerintah terkait, akademisi, dunia usaha, lembaga swadaya masyarakat (LSM), masyarakat adat, dan pemangku kepentingan lainnya. Data yang digunakan dalam FOLU Net Sink 2030 Indonesia adalah data resmi nasional, dan seluruh pengurangan emisi telah didaftarkan di SRN - Sistem Registri Nasional (*National Registration System*). SRN mengikuti standar pengurangan emisi internasional. Dengan demikian, pengurangan emisi yang tercatat dari program FOLU akan diakui secara global.

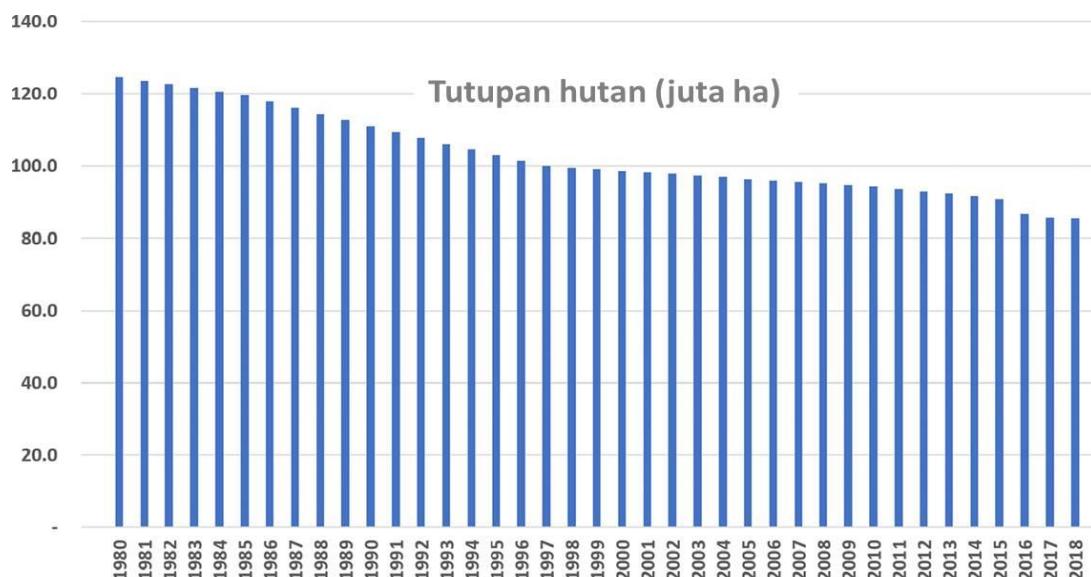
Penebangan hutan dan aktivitas lainnya dapat mengganggu hutan dan menyebabkan degradasi hutan. FAO (2010) mendefinisikan degradasi sebagai berkurangnya tutupan kanopi atau stok di dalam hutan. Definisi ini serupa dengan definisi degradasi hutan yang mengacu pada Pemerintah Indonesia (KLHK P.70/2017), yaitu penurunan kuantitas tutupan hutan dan stok karbon dalam periode tertentu. Dengan demikian, degradasi hutan menyebabkan berkurangnya jumlah tutupan atau hilangnya tutupan pohon. Hilangnya tutupan pohon mengacu pada penebangan pohon, yang mungkin berada di dalam hutan alam atau perkebunan. Hal ini belum tentu sama dengan deforestasi (Global Forest Watch, 2020; Permatasari, 2020).

Meskipun hilangnya tutupan pohon menyebabkan degradasi hutan, namun operasi penebangan besar-besaran atau pembukaan lahan menyebabkan hilangnya hutan, atau pada tingkat tertentu sama dengan istilah deforestasi. Menurut FeAO (2010), deforestasi adalah konversi hutan menjadi penggunaan lahan lain atau pengurangan tutupan kanopi pohon dalam jangka panjang di bawah ambang batas 10%. Pemerintah Indonesia mendefinisikan deforestasi sebagai perubahan tutupan lahan dari lahan berhutan menjadi lahan non-hutan, termasuk tanaman perkebunan, pemukiman, kawasan industri, dan penggunaan lahan lainnya. Karena hutan tanaman juga didefinisikan sebagai hutan, maka hilangnya hutan tanaman juga dihitung sebagai deforestasi. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Peraturan KLHK) P.70/2017, terdapat perbedaan istilah antara deforestasi bruto dan deforestasi bersih. Deforestasi bruto (*gross deforestation*) merupakan perubahan kondisi tutupan lahan secara permanen, dari kategori hutan (kelas tutupan lahan hutan) menjadi kategori non-hutan (kelas tutupan lahan non-hutan), tanpa mempertimbangkan terlebih dahulu sebelum terjadinya perubahan tutupan kelas lahan. Sebagai perbandingan, deforestasi bersih (*net deforestation*) adalah perubahan tutupan hutan secara permanen dengan mempertimbangkan pertumbuhan kembali dan/atau pembukaan hutan tanaman. Selain deforestasi, Pemerintah Indonesia mendefinisikan reboisasi sebagai perubahan kondisi tutupan lahan dari kelas tutupan lahan kategori non-hutan menjadi kategori hutan (kelas tutupan lahan hutan), termasuk penanaman kembali hutan tanaman.

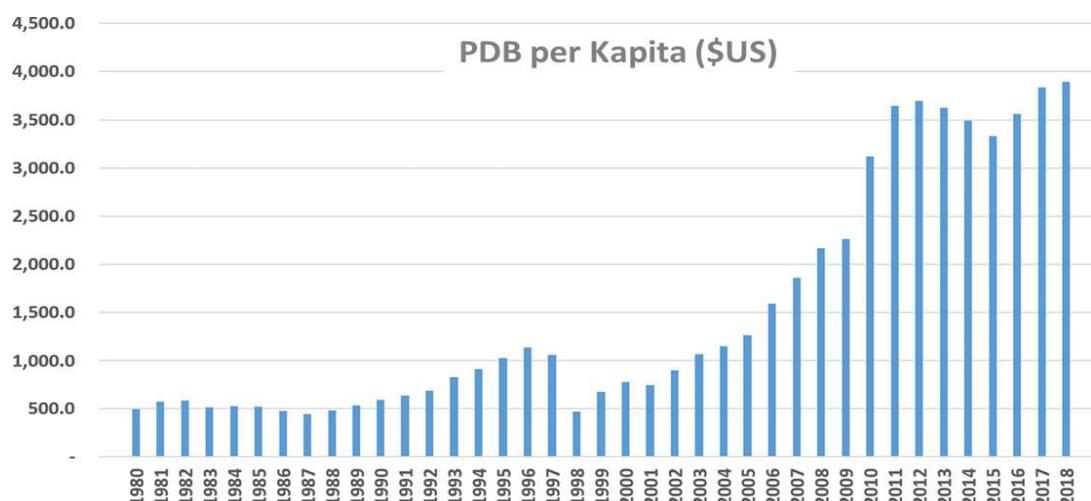
Hilangnya hutan yang digunakan dalam studi ini mengacu pada definisi deforestasi bersih Pemerintah Indonesia, yaitu perubahan kategori hutan dari hutan menjadi non-hutan dengan mempertimbangkan pertumbuhan kembali pohon dan hutan tanaman, dengan menggunakan data resmi yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Perolehan hutan dapat terletak pada hutan primer karena permudaan alami atau penanaman pengayaan, pada hutan sekunder karena pertumbuhan secara alami (suksesi), penanaman pengayaan, atau penanaman kayu, dan reboisasi pada kategori lahan tidak berhutan dalam kawasan hutan. Aforestasi mengacu pada perubahan klasifikasi tutupan lahan dari lahan tidak berhutan menjadi lahan berhutan pada kawasan non hutan. Peningkatan tutupan pohon pada lahan non-hutan disebut penghijauan kembali atau revegetasi (Nurrochmat et al., 2016).

Prinsip hipotesis U terbalik Simon Kuznets yang dikenal dengan teori efek tetesan ke bawah (*trickle-down effect*) telah banyak diterapkan selama puluhan tahun dalam kajian lingkungan hidup (Kuznets 1955; Liu dan Lai 2021) dengan mengganti variabel koefisien Gini dengan dampak ekologis yang diberi nama *Environment Kuznets' Kurva* (EKC). Penerapan EKC mengikuti kaidah tumbuh terlebih dahulu dan bersih-bersih kemudian, yang berarti bahwa pada tahap awal pembangunan, biasanya pertumbuhan ekonomi ditargetkan tanpa memperhatikan dampak lingkungan yang terkait (Nurrochmat et al., 2022). Strategi ini telah diterapkan di banyak negara berkembang, menyebabkan pertumbuhan ekonomi yang pesat namun mengalami degradasi ekologi yang belum pernah terjadi sebelumnya pada tahap awal pembangunan. Tingginya laju deforestasi, misalnya, merupakan konsekuensi dari strategi pembangunan, terutama jika sektor kehutanan memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pendapatan negara (Nurrochmat et al. 2017; Adebayo 2021). Fenomena ini biasanya terjadi dalam lintasan

pembangunan di negara-negara berkembang, di mana penipisan sumber daya alam sering kali mengimbangi peningkatan PCI (Mazur dkk., 2015; Cederborg dan Snobohm 2016; Tsiantikoudis *et al.* 2019). Namun setelah mencapai tingkat kesejahteraan tertentu, terjadi titik balik ketika masyarakat semakin peduli terhadap kelestarian lingkungan. Setelah titik balik ini, dampak terhadap lingkungan akan berkurang seiring dengan meningkatnya PCI.



Gambar 142 Tutupan hutan Indonesia tahun 1981 sampai dengan 2018



Gambar 143 PDB per kapita Indonesia tahun 1981 sampai dengan 2018

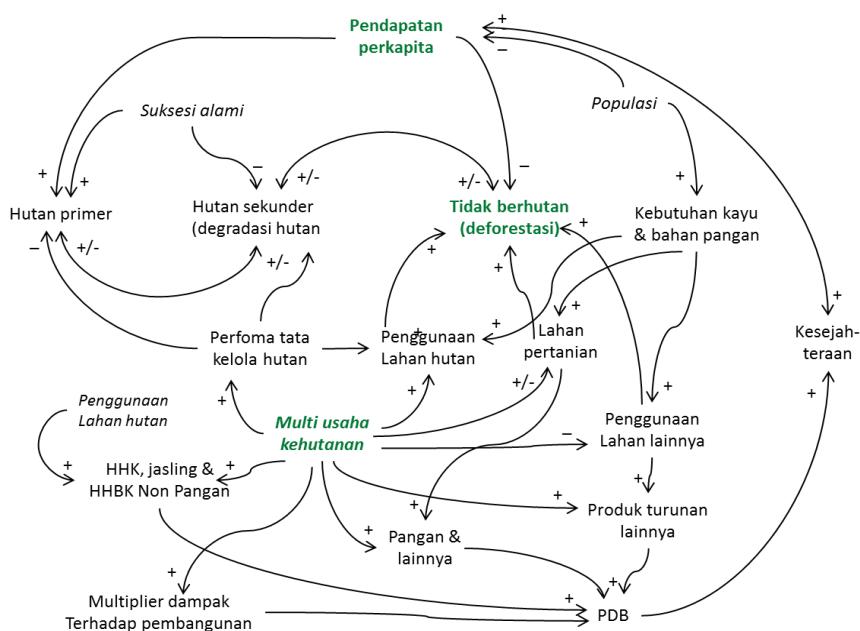
Studi saat ini mengkaji peran kebijakan lingkungan dalam mengurangi emisi GRK secara berbeda di negara-negara penghasil emisi terbesar (Ghazouani *et al.* 2021). Mengevaluasi hubungan sebab akibat antara emisi konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi, dan pendapatan tetap menjadi faktor penentu emisi yang penting (Magazzino, Mele, Schneider, *et al.* 2021; Magazzino, Mele, dan Schneider 2021; Paramati *et al.* 2022). Industri teknologi tinggi berkontribusi lebih kecil dibanding pengurangan jejak lingkungan, sementara kebijakan ramah lingkungan

berdampak positif terhadap alam dan iklim (Mele *et al.* 2021; Shahzad *et al.* 2021; Shahzad *et al.* 2022).

Gambar 142 menunjukkan data tutupan hutan Indonesia dari tahun 1981 hingga 2018, sedangkan Gambar 143 menunjukkan data PDB per kapita (PCI) Indonesia dari tahun 1981 hingga 2018. Seperti disajikan pada Gambar 142 tersebut, pertumbuhan ekonomi dan kelestarian lingkungan ibarat dua sisi mata uang yang tidak dapat dipisahkan dari pembangunan berkelanjutan (lihat Nurrochmat *et al.*, 2022). Penerima Nobel Ekonomi Amartya Sen (1999), dalam bukunya “Pembangunan sebagai Kebebasan,” memaparkan lima instrumen utama yang memandu kebebasan (dalam pembangunan), yaitu: peluang ekonomi, kebebasan politik, fasilitas sosial, keterbukaan, dan perlindungan keamanan. Instrumen-instrumen tersebut tidak berdiri sendiri tetapi saling berkaitan satu sama lain. Oleh karena itu, perbaikan aspek-aspek tata kelola utama akan mengurangi percepatan perubahan tutupan hutan.

### 7.3.2 Hubungan kausal Pembangunan Ekonomi dan Deforestasi

Makalah ini membahas keandalan target Pemerintah untuk mengakhiri deforestasi sebelum tahun 2030. Termasuk menjelaskan bagaimana dan sejauh mana implementasi MUK (Gagnon *et al.* 2022) ikut berperan dalam pencapaian target Pemerintah Indonesia sebagai negara berpendapatan tinggi pada tahun 2045, dengan pendapatan per kapita sebesar USD29,000 dan mendekati deforestasi net-zero pada tahun 2030. Satu model terpisah dari model yang dibangun pada Bab VI dibangun untuk mempelajari, menggambarkan dan membuat prediksi secara lebih komprehensif terkait peluang implementasi MUK berdasarkan dua target tersebut. Konstruksi sistem berpikir yang terbangun dalam model target pencapaian PDB perkapita dan deforestasi dipetakan melalui CLD (*causal loop diagrams*) seperti disajikan pada Gambar 144.



Gambar 144 Diagram hubungan kausal (CLD) deforestasi, pendapatan perkapita dan multi usaha kehutanan

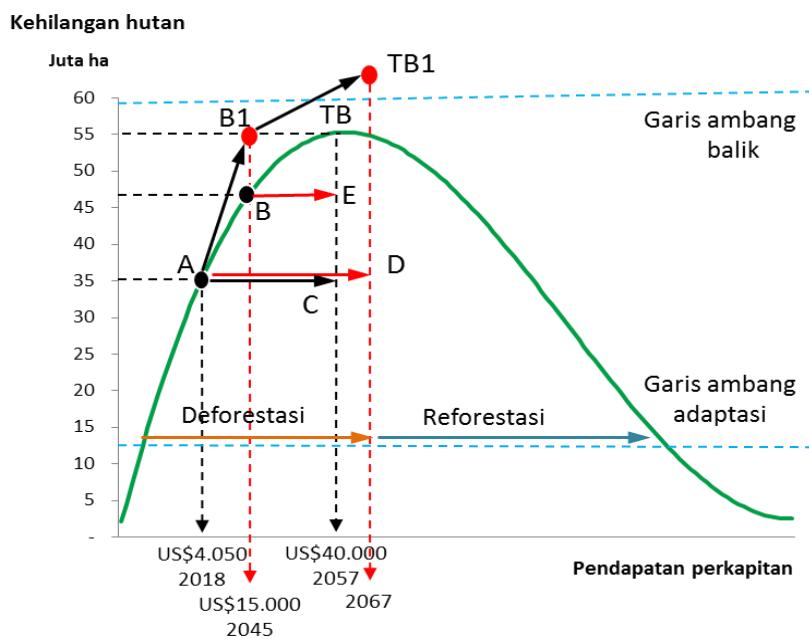
CLD menjelaskan bahwa pertumbuhan penduduk meningkatkan permintaan pangan dan kayu. Peningkatan ini menyebabkan konversi hutan menjadi lahan pertanian dan degradasi hutan melalui aktifitas ekstraksi kayu dari hutan alam. Pemulihan hutan terdegradasi dipengaruhi oleh kemampuan suksesi secara alami dan performa tata kelola, jika intervensi tata kelola baik maka menghasilkan kondisi hutan yang pulih, sebaliknya jika buruk maka degradasi berlanjut pada deforestasi. Tekanan permintaan lahan untuk tujuan penggunaan pertanian dan penggunaan lainnya meningkatkan status hutan terdegradasi menuju deforestasi. Pembangunan ekonomi tidak hanya menciptakan pangan dan produk primer, namun juga produk sekunder dan tersier. Hal ini akan meningkatkan kesejahteraan masyarakat yang ditunjukkan dengan meningkatnya PDB dan Pendapatan Per Kapita (*PCI-Per Capita Income*). Perbaikan tata kelola hutan akan meningkatkan kinerja usaha kehutanan yang menghasilkan beragam hasil hutan: kayu/kayu, hasil hutan bukan kayu (HHBK), dan jasa lingkungan. Hal ini akan memberikan efek pengganda (*multiplier effect*) yang lebih tinggi terhadap perdagangan dan perdagangan sektor lain yang akan menyebabkan peningkatan PDB dan kesejahteraan masyarakat. Mult usaha kehutanan juga dapat meningkatkan penggunaan lahan hutan, menyelamatkan lebih banyak hutan primer untuk jasa lingkungan, memungkinkan suksesi alami yang lebih baik, dan membangun unit usaha hutan tanaman dan HHBK pada hutan terdegradasi dengan berbagai produk komersial, sehingga menyebabkan produktivitas hutan sekunder. Peningkatan produktivitas hutan akan mengurangi laju deforestasi dalam jangka panjang.

Formulasi model berdasarkan CLD tersebut menghasilkan model yang terdiri dari 7 sub model dan dibangun dalam 49 sektor model serta 238 variabel data input yang mendefinisikan proyeksi PCI (2018–2067) berdasarkan lintasan data historis tahun 1981 hingga 2018 dan proyeksi 50 tahun PCI Indonesia dalam dua kondisi berbeda. Pertama, mengikuti kondisi bisnis seperti biasa (BAU), dan kedua, mengasumsikan situasi perbaikan 10 variabel tata kelola yang menyebabkan perubahan penggunaan lahan. Sepuluh variabel tersebut meliputi politik lokal, produktivitas lahan hutan, rencana tata ruang, revegetasi bekas pertambangan, pengelolaan kebakaran, pengelolaan daerah aliran sungai, unit pengelolaan hutan, keterlibatan sosial, tenurial/reformasi lahan dan penegakan hukum. Luaran hasil simulasi model berdasarkan variabel input sesuai asumsi-asumsi digunakan dalam tata kelola kemudian dianalisis menggunakan pendekatan teori EKC (*Environment Kuznets' Curve*) untuk memperkirakan waktu hingga titik balik hilangnya hutan dan tingkat PCI dimana terdapat net-zero deforestasi di Indonesia (Nurrochmat *et al.* 2022). Asumsi utama yang digunakan adalah bahwa titik balik hilangnya hutan belum akan terjadi ketika Indonesia masuk dalam kategori Negara maju dengan PCI sebesar US\$12.695 (World Bank Group 2020). Sebaliknya, titik balik hilangnya hutan terjadi pada saat PCI berada di atas USD 30.000 (Majaski, 2022) atau USD 40.000 – perkiraan pendapatan rata-rata negara maju (Nurrochmat, 2020).

### 7.3.3 Evaluasi terhadap target pendapatan per kapita dan deforestasi

Penting untuk membedakan istilah deforestasi dan degradasi hutan. Degradasi hutan adalah berkurangnya tutupan kanopi atau kerapatan pohon di dalam hutan (FAO, 2010) yang berbeda dengan definisi deforestasi (Global Forest

Watch, 2020; Permatasari, 2020). Menurut FAO (2010), deforestasi adalah konversi hutan menjadi penggunaan lahan lain atau pengurangan tutupan kanopi pohon dalam jangka panjang di bawah ambang batas 10%. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan P. 70 Tahun 2017 tentang Instrumen Ekonomi Lingkungan Hidup menjelaskan deforestasi bruto dan deforestasi neto. Deforestasi bruto (gross deforestation) merupakan perubahan kondisi tutupan lahan secara permanen, dari kategori hutan menjadi kategori non-hutan, ketika luas tutupan hutan kurang dari 30%. Sedangkan deforestasi bersih adalah perubahan tutupan hutan secara permanen dengan mempertimbangkan pertumbuhan kembali dan/atau pembukaan hutan tanaman.



Gambar 145 Proyeksi Titik Balik Kurva Kuznets Lingkungan Hidup di Indonesia

Simulasi model menghasilkan perkiraan titik balik EKC. Seperti disajikan pada Gambar 145, pendapatan per kapita (PCI) diproyeksikan akan berjumlah sekitar USD10.000 pada tahun 2045 berdasarkan BAU, yang berarti target pemerintah untuk menjadi negara berpendapatan tinggi pada tahun 2045 akan tertunda beberapa tahun jika tidak terjadi perbaikan tata Kelola. Melalui input perbaikan 10 variabel dalam tata kelola hutan dan asumsi efek penggandanya terhadap sektor lain sebesar 5-10%, PCI Indonesia diproyeksikan mencapai sekitar USD15.000 pada tahun 2045, dengan kehilangan hutan yang jauh lebih rendah dibandingkan BAU, yaitu sebesar 47 juta ha. Kedua proyeksi tersebut menjelaskan bahwa pencapaian net-zero deforestasi sebelum tahun 2030 kemungkinan besar tidak realistik. Dalam scenario BAU, untuk mencapai PCI US\$15.000 hanya diperoleh dengan jumlah kehilangan hutan seluas 55 juta ha. Hal ini sangat memprihatinkan karena ambang batas tutupan hutan adalah 58 juta ha atau 30% dari seluruh luas negara – yaitu luas minimum hutan di Indonesia menurut UU Kehutanan 41/1999.

#### 7.3.4 Kebijakan pemungkin untuk mencapai Net-zero deforestasi

Berdasarkan analisis terhadap aspek-aspek tata kelola utama yang mempengaruhi perubahan tutupan hutan di Indonesia. Ada sepuluh kebijakan pemungkin dicapainya deforestasi net-zero berdasarkan analisis deforestasi dan PDB per kapita sesuai diagram hubungan kausal (CLD) pada Gambar 144, yaitu:

a. Transparansi pendanaan politik

Data Kemitraan (2020) menunjukkan bahwa terdapat 519.319,40 ha hutan yang telah terkonversi di 11 provinsi pada pemilihan gubernur dan bupati/bupati periode 2015–2018. Sekitar 197 ribu ha hutan telah dikonversi tiga tahun sebelum pemilu. Hampir 157 ribu ha hutan dikonversi pada tahun yang sama dengan pemilu, sementara lebih dari 165 ribu ha hutan diubah setelah pemilu (Kemitraan, 2020). Umumnya ditemukan bahwa para gubernur atau kepala daerah yang terpilih mengambil sumber daya alam sebanyak-banyaknya dan secepat mungkin agar dana yang dibelanjakan untuk pemilu dapat dikembalikan. Untuk memperbaiki situasi ini, peraturan untuk membuka sumber pendanaan politik harus dipromosikan

b. Penguatan Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH)

Meningkatkan kapasitas KPH adalah salah satu aspek tata kelola terpenting yang harus diterapkan untuk mencapai pengelolaan hutan berkelanjutan (Santoso et al., 2019). Ada indikator penting keberhasilan KPH, yaitu kematangan, tingkat organisasi, dan penerimaan (Santoso et al. 2019). Mereka juga berpendapat bahwa peraturan mengenai KPH harus mempertimbangkan substansi teknis, hukum, ekonomi, dan sosial yang sesuai. Perubahan kebijakan kewenangan KPH yang tidak lagi diperbolehkan mengelola usaha secara langsung berpotensi mengganggu pencapaian target penurunan emisi dan pertumbuhan ekonomi sektor kehutanan. Hendrasetiafitri (2022) mengusulkan penguatan kapasitas KPH untuk mengembangkan platform pemanfaatan lahan hutan untuk berbagai kepentingan usaha yang dilakukan oleh investor profesional. Platform ini berfungsi layaknya platform toko online sehingga KPH mampu memperoleh pendapatan finansial yang memadai sekaligus mampu menjaga kelestarian hutan sesuai dengan platform bisnis kehutanan berkelanjutan. Penerapan Teknologi Informasi (TI) seperti Sistem Informasi Geografis (GIS) dan teknologi lainnya diperlukan untuk mentransformasikan KPH menjadi organisasi yang modern, efisien dan efektif. KPH juga harus melibatkan masyarakat hutan dalam pengelolaan hutan kolaboratif.

c. Memperbaiki rencana tata ruang

Perselisihan antara izin perkebunan dan kawasan hutan, ketidakjelasan wewenang dan tanggung jawab atas hasil tanaman yang ditanam di dalam kawasan hutan, serta adanya perkebunan tanaman liar di dalam kawasan hutan merupakan permasalahan yang sering dijumpai antara pengelolaan perkebunan dan hutan di Indonesia (lihat Nurrochmat et al., 2020). Situasi ini dapat diatasi dengan memperbaiki peraturan pemerintah dalam rencana tata ruang.

d. Praktek revegetasi yang lebih baik pada area bekas tambang

Masalah yang dihadapi saat ini dalam operasi penambangan di kawasan hutan adalah hanya sedikit perusahaan yang melakukan revegetasi dengan baik setelah operasi penambangan (Hardjana *et al.* 2019). Oleh karena itu, sangat penting untuk meningkatkan koordinasi dan penegakan hukum terkait standar revegetasi wilayah bekas tambang.

e. Keterlibatan masyarakat dalam penanggulangan kebakaran

Pembakaran masih dilakukan di banyak tempat sebagai cara termurah dan tercepat untuk membuka lahan sebelum menanam tanaman (Ekayani *et al.* 2016; Nurrochmat *et al.* 2019). Untuk menghindari kebakaran hutan dan lahan, sangat penting untuk melibatkan masyarakat lokal dalam penanggulangan kebakaran dengan mengikuti standar praktik pembukaan lahan terbaik

f. Pengelolaan daerah aliran sungai secara terpadu

Pengintegrasian pengelolaan DAS hilir dan hulu harus diterapkan untuk memastikan efektivitas fungsi hidrologi (Rossita *et al.* 2021). Melibatkan masyarakat lokal dan sektor swasta untuk berpartisipasi dalam revegetasi daerah aliran sungai juga merupakan kunci untuk menghindari deforestasiMempromosikan beragam hasil hutan

g. Mempromosikan multiproduk dalam pengusahaan hutan

Kebijakan multiusaha kehutanan telah membawa peluang yang baik bagi dunia usaha. Kebijakan ini penting karena saat ini ekspektasi keuntungan dari usaha kehutanan jauh lebih kecil dibandingkan penggunaan lahan lainnya. Namun rumitnya birokrasi membuat penyesuaian izin pemanfaatan hutan terpadu terkesan terhenti (Nurrochmat, 2022). Oleh karena itu, sinkronisasi peraturan kehutanan multiusaha hingga tingkat implementasi menjadi penting. Meningkatkan profitabilitas usaha kehutanan, antara lain, dengan mempromosikan beragam produk hutan – termasuk Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) dan jasa lingkungan, sangat penting untuk menghindari konversi lahan hutan (Roslinda *et al.* 2012; Adalina *et al.* 2014; Nurrochmat *et al.* 2021).

h. Penguatan program perhutanan sosial

Sekitar 13 juta ha hutan telah dialokasikan untuk perhutanan sosial namun, baru 4,19 juta ha izin perhutanan sosial yang diberikan kepada masyarakat (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2019b, 2020). Skema ini belum menarik minat masyarakat lokal karena mengharuskan mereka melakukan investasi besar dalam reboisasi dan memerlukan biaya transaksi di luar hak yang diberikan (Ragandhi *et al.* 2021). Kendala-kendala tersebut harus diatasi agar perhutanan sosial lebih menarik. Selain itu, penyempurnaan rencana bisnis, integrasi ke dalam pasar, dan konsolidasi unit pengelolaan perhutanan sosial merupakan faktor kunci dalam memperkuat program perhutanan sosial (Nurrochmat *et al.* 2017; Harbi *et al.* 2018; Rahmani *et al.* 2021).

i. Memperbaiki tata kelola tenurial

Menyesuaikan alokasi lahan untuk pangan dan keperluan lainnya serta mengintegrasikan penilaian kebutuhan lahan dalam reforma agraria (TORA) adalah kunci untuk memperkuat tata kelola tenurial di Indonesia (Nurrochmat dkk., 2020). Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan mengeluarkan Keputusan Menteri 287 Tahun 2022 tentang “Kawasan Hutan dengan Penataan Khusus” untuk hutan tertentu di Pulau Jawa. Hal itu dikeluarkan karena, menurut Kementerian, pengelolaan hutan Jawa yang dilakukan Perhutani, salah satu perusahaan kehutanan milik negara, dinilai kurang efektif. Namun rendahnya produktivitas hutan belum tentu disebabkan oleh kesalahan pengelolaan perusahaan. Peraturan yang ada ditengarai telah menghambat kreativitas para rimbawan dalam mengelola hutan (Nurrochmat, 2022). Oleh karena itu, kejelasan peraturan, kepastian hukum, dan keselarasan kebijakan dengan masyarakat hutan merupakan prasyarat bagi tata kelola tenurial yang baik.

j. Konsolidasi kerangka hukum tata kelola hutan

Memperkuat kerangka hukum untuk pengelolaan penggunaan lahan terpadu dan memperbaiki peraturan terpadu mengenai administrasi pertanahan merupakan kunci aspek hukum tata kelola hutan (Nurrochmat et.al., 2021a). Nurrochmat et.al. (2020) menemukan bahwa peraturan nasional-lokal dan sektoral yang saling bertentangan, terbatasnya informasi, dan akses terhadap lahan hutan menjadi tantangan dalam pendistribusian lahan kepada masyarakat secara layak; oleh karena itu, permasalahan ini harus diatasi dengan mendorong peraturan lokal yang memihak masyarakat untuk berkontribusi terhadap pengelolaan hutan lestari (Rochmayanto *et al.* 2022).

### *7.3.5 Rekomendasi untuk mencapai titik balik hilangnya hutan dengan pendapatan per kapita yang lebih tinggi*

Rekomendasi berikut dapat membantu pencapaian target titik balik hilangnya hutan pada tingkat PCI tertinggi. Pertama, direkomendasikan agar kepemilikan hutan diperkuat dengan membedakan secara jelas antara status hutan (hutan negara, hutan hak, dan hutan adat) dan fungsi hutan (konservasi, lindung, dan produksi). Perubahan status hutan tidak selalu berarti mengubah fungsi hutan. Kedua, deforestasi dapat dikurangi dengan meningkatkan produktivitas dan profitabilitas usaha kehutanan, antara lain dengan menerapkan multi usaha kehutanan (MUK), pengelolaan hutan kolaboratif, pengelolaan hutan berbasis masyarakat, dan integrasi kehutanan dengan rencana pembangunan infrastruktur. Ketiga, menciptakan mekanisme insentif dan disincentif bagi pemerintah daerah yang secara efektif menerapkan pengelolaan sumber daya alam berkelanjutan. Dibutuhkan peraturan yang memberikan insentif bagi pemerintah daerah (desa, kabupaten, dan provinsi) di daerah hulu yang memberikan jasa ekosistem ke daerah hilir, misalnya melalui penerapan pembayaran jasa ekosistem (*PES-Payment Ecosystem Services*). Agar PES dapat berjalan, kompensasi minimum yang diberikan kepada pemerintah daerah atau masyarakat untuk melestarikan fungsi hutan harus sama dengan biaya peluang untuk konversi hutan (Engel *et al.* 2008). Selain PES, konsep aturan tanggung jawab melalui prinsip pencemar membayar (*PPP-polluter pays principle*) harus diadopsi dan diatur. Insentif pembangunan

ramah lingkungan dapat mencakup skema pengurangan deforestasi dan degradasi hutan (*REDD-reducing deforestation and forest degradation*) dan pembelian hak pembangunan (*PDR-purchasing development rights*). Skema pembangunan hijau tersebut sangat penting untuk memenuhi agenda global dan kebutuhan di tingkat nasional dan lokal mengenai mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Penting untuk memastikan bahwa setiap skema pembangunan hijau akan memberikan manfaat bagi lingkungan dan masyarakat.

Tabel 39 Konfirmasi target dan proyeksi PCI dan hilangnya hutan.

No.	Target	Proyeksi BAU	Proyeksi AP	Keterangan
1.	Indonesia masuk dalam kelompok negara berpendapatan tinggi pada tahun 2045 dengan CPI sebesar USD 29,000 (ambang batas PCI untuk negara berpendapatan tinggi adalah USD12,500)	Indonesia akan memiliki PCI sekitar USD10.000 pada tahun 2045. Ini berarti target tersebut akan tertunda beberapa tahun, dan Indonesia mungkin akan lebih sulit mencapai tingkat PCI yang lebih tinggi karena tingkat kehilangan hutan yang lebih tinggi.-	Dengan membuat dan menerapkan kebijakan yang disesuaikan, PCI di Indonesia akan mencapai sekitar USD15.000 dengan kehilangan hutan yang jauh lebih rendah namun tidak dapat memenuhi PCI sebesar USD29.000. Perekonomian akan tumbuh terus-menerus mendekati pendapatan rata-rata negara-negara berpendapatan tinggi yaitu sekitar US40.000.	PCI Indonesia pada tahun 2045 diperkirakan sebesar USD10,000 kurang dari USD12,500, yang merupakan ambang batas minimum untuk sekelompok negara berpendapatan tinggi. AP dikonfirmasi dengan PCI sekitar USD15.000.
2.	Indonesia akan mendekati nol deforestasi sebelum tahun 2030	Karena Indonesia ditargetkan mendekati PCI negara-negara berpendapatan tinggi pada tahun 2045, prioritas lingkungan hidup akan berkurang. Hilangnya hutan yang mengkhawatirkan sebesar 55 juta ha diperkirakan akan tercapai pada tahun 2045. Batas minimum tutupan hutan adalah 30% dari total lahan (58 juta ha hutan). Oleh karena itu, jika kondisi berjalan seperti biasa, Indonesia mungkin akan mendekati net-zero deforestasi antara tahun 2040 dan 2050.	Menurut Perjanjian Paris, emisi nol bersih harus dicapai pada tahun 2060–2080. Data proyeksi memperkirakan net-zero deforestation atau titik balik hilangnya hutan di Indonesia akan mendekati tahun 2057 dengan total kehilangan hutan sekitar 55 juta ha. Ha. Dengan memperbaiki sistem pengelolaan hutan dan aspek tata kelola utama terkait pengelolaan hutan, maka diperkirakan PCI di Indonesia akan mendekati USD40.000, setara dengan rata-rata PCI negara-negara berpendapatan tinggi sebelum tahun 2060.	Berdasarkan BAU, jumlah maksimum kehilangan hutan yang “diperbolehkan” adalah pada tahun 2040, dengan total kehilangan hutan sekitar 55 juta ha. Pada saat yang sama, perbaikan sistem pengelolaan hutan dan aspek-aspek utama tata kelola hutan akan menunda puncak deforestasi hingga tahun 2057, dengan luas lahan seluas 55 juta ha hilangnya hutan.

Perekonomian Indonesia perlu tumbuh terus-menerus agar mendekati perkiraan pendapatan rata-rata negara-negara maju yaitu sekitar US\$40.000 (Tabel 40). Dengan memperbaiki tata kelola hutan, yang disebut kebijakan yang disesuaikan (AP), PCI Indonesia akan mencapai sekitar USD15.000 pada tahun

2045, dengan kehilangan hutan yang jauh lebih rendah dibandingkan BAU (Nurrochmat, 2020). Artinya, target Indonesia menjadi negara berpendapatan tinggi pada tahun 2045 akan tercapai, namun pencapaian PCI sebesar USD29.000 (Kementerian Keuangan, 2017) mungkin tidak dapat tercapai.

Ketika titik balik hilangnya hutan sudah tiba, maka luas hutan yang hilang akan lebih kecil, atau setidaknya sama dengan perolehan hutan. Melalui perbaikan tata kelola hutan atau kebijakan yang disesuaikan (AP), deforestasi net-zero atau titik balik EKC dapat didekati pada tahun 2057, dengan total hilangnya hutan sekitar 55 juta ha (Nurrochmat, 2020). Tulisan ini menunjukkan bahwa tanpa penerapan program FOLU Net Sink (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2022), Indonesia tidak akan mencapai net-zero deforestasi sebelum tahun 2030, baik melalui BAU maupun perbaikan tata kelola hutan (AP). Dengan mengikuti skenario AP, diperkirakan PCI Indonesia akan berjumlah sekitar USD 40,000 pada tahun 2057. Dengan skenario BAU, jumlah PCI yang sama akan terjadi sepuluh tahun kemudian, menurut simulasi studi Kemitraan (Nurrochmat, 2020). Data dasar untuk proyeksi PCI dan hilangnya hutan dalam makalah ini ditetapkan hingga tahun 2018. Oleh karena itu, penting untuk melakukan studi lebih lanjut untuk mengevaluasi target kehilangan hutan bersih setelah program operasional FOLU Net Sink di Indonesia (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2022). Penting juga untuk mempertimbangkan dampak pandemi terhadap konservasi hutan dan strategi reboisasi di 35 juta ha kawasan hutan yang terdegradasi parah dalam proyeksi hilangnya hutan.

#### **7.4 Kesimpulan**

Target waktu pencapaian net zero deforestasi tahun 2030 dan berpendapatan tinggi di tahun 2045 perlu dikoreksi. Indonesia dapat menjadi Negara berpenghasilan tinggi pada tahun 2045 jika dilakukan perbaikan tata Kelola. Direkomendasi 10 perbaikan, dimana salah satunya adalah mengimplementasikan kebijakan Multi Usaha Kehutanan.

## VIII STRATEGI IMPLEMENTASI MULTI USAHA KEHUTANAN <sup>4</sup>

### 8.1 Pendahuluan

Suatu anomali bahwa sebagai negara agraris dan pemilik kawasan hutan yang luas, Indonesia menghadapi tiga permasalahan serius secara bersamaan: i) tingginya degradasi hutan, ii) defisit pangan, dan iii) rendahnya produksi hasil hutan (Sahide *et al.* 2016; Tsujino *et al.* 2016; Susilastuti 2017; Izraelov dan Silber 2019; FAO 2020; GFRA 2020; EIU 2021). Anomali ini menyoroti data yang kontras bahwa rasio luas lahan pertanian di Indonesia sangat kecil (0,19 ha/kapita). Sebagai perbandingan, sekitar 44,6 juta ha atau 64,8% dari 68,8 juta ha telah dialokasikan untuk lahan hutan produksi tidak dikelola melalui teknik budidaya untuk menghasilkan menghasilkan hasil hutan, baik kayu, HHBK, jasa lingkungan atau produk lainnya (MoEF 2019a; FAO 2020; Suryanto dan Sayektinginsih 2020). Sejauh ini, Indonesia memiliki penerapan teknologi yang cukup baik untuk meningkatkan produktivitas kehutanan dan pertaniannya (Adalina *et al.*, 2014; Duffy *et al.*, 2021; Tan *et al.*, 2016; Tothmihaly & Ingram, 2019; Mazya *et al.*, 2023). Oleh karena itu, hipotesis utama yang dapat diajukan adalah tata kelola yang tidak efisien (Andrianto *et al.*, 2019; Martauli, 2018; Nurfatriani *et al.*, 2019; Nurrochmat *et al.*, 2021; Nurrochmat *et al.*, 2023; Prajanti *et al.*, 2020; Purnomo *et al.*, 2020; Rum & Rijoly, 2020; Sindy & Salam, 2019; Sugiharti *et al.*, 2020). Inefisiensi mengakibatkan buruknya kinerja tata kelola (see Affandi *et al.*, 2021; Fisher *et al.*, 2017), menyebabkan sektor kehutanan hanya berkontribusi 0,6% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) (BPS-Statistics Indonesia 2019; MoEF 2019b; BPS-Statistics Indonesia 2020a; Suryanto dan Sayektinginsih 2020). Inefisiensi ini juga terlihat pada sektor pertanian, dimana hanya 32% lahan yang dialokasikan untuk pertanian, lebih rendah dibandingkan 44%-72% yang dialokasikan oleh negara-negara maju G-8 (FAO 2020). Angka tersebut tidak cukup untuk menyediakan bahan pangan dan non pangan untuk sebuah Negara dengan populasi terbesar ke-4 di dunia (UNPF 2021), dengan tingkat pertumbuhan sebesar 1,31% per tahun (BPS-Statistics Indonesia 2020a). Kondisi tersebut antara lain menyebabkan rendahnya ketahanan pangan karena Indonesia berada pada peringkat 65 dunia (Susilastuti 2017; Izraelov dan Silber 2019; EIU 2021).

Menindaklanjuti UU 11/2020 sebagaimana telah diubah dengan UU 6/2023 tentang Cipta Kerja, wacana Multi Usaha Kehutanan (MUK) diusulkan untuk meningkatkan efisiensi dan memperkuat kinerja melalui optimalisasi pemanfaatan lahan hutan produksi dalam menyediakan berbagai produk dan jasa lingkungan, termasuk kayu, hasil hutan non-kayu (HHBK), pangan, ekowisata, konservasi, pengelolaan air, dan lain-lain (Kindler, 2016; Nölte *et al.*, 2018; Pyatt, 1993; Simončič & Bončina, 2015; Rahmani *et al.*, 2021). Kutipan Santayana bahwa 'mereka yang tidak dapat mengingat masa lalu dikutuk untuk mengulanginya',

---

<sup>4</sup> Bab VIII ini berkaitan dengan tujuan 3 yang menjelaskan contoh pengambilan keputusan di unit manajemen PBPH dan usulan strategi implementasi Multi Usaha Kehutanan secara Nasional. Keduanya menggunakan perangkat model yang dibangun di Bab VI. Bab ini secara keseluruhan dipublikasikan di jurnal *Forest and Society* (Q1) dengan judul: *Why is multi-business forestry needed to overcome the 2 low performance of forestry governance and food 3 security in Indonesia?*

sejalan dengan kekhawatiran tentang mengenai efektivitas implementasi MUK terkait dengan isu deforestasi (Tsujino *et al.* 2016; Miyamoto 2020), kesempatan berusaha, lapangan kerja dan perubahan tutupan lahan (Maladi 2013; Margono *et al.* 2014; Suwarno *et al.* 2018), pembalakan liar dan kebakaran lahan dan hutan (Ekayani *et al.*, 2015; Carlson *et al.*, 2018; Schmitz, 2016) serta penggunaan lahan, kesesuaian ekologi, sosial dan ekonomi (Roslinda *et al.*, 2012; Astuti *et al.*, 2020; Rossita *et al.*, 2021), pola serta bentuk pembukaan dan pemanfaatan lahan (Kremen 2015; Paul dan Knoke 2015; Szulecka *et al.* 2016; Kassa *et al.* 2017; Phalan 2018; Sharma *et al.* 2018; Loconto *et al.* 2020). Kecemasan dalam penerapan dikarenakan MUK mengandung kompleksitas dan risiko yang tinggi serta memberikan banyak pilihan keputusan dalam pengelolaannya. Oleh karena itu, pertanyaan kuncinya adalah bagaimana memperoleh pilihan keputusan yang optimal, yaitu pilihan yang sesuai dengan kondisi biofisik, daya dukung finansial dan lainnya, serta memenuhi prinsip keberlanjutan berdasarkan kriteria dan indikator ekologi, ekonomi, dan sosial (Barrette *et al.*, 2014; Bonny, 2019; Lambin *et al.*, 2011; Martin *et al.*, 2020; Noer, 2016; Shen *et al.*, 2020; Sheriffdeen *et al.*, 2021). Makalah ini menjawab pertanyaan-pertanyaan kunci ini melalui alat pengambilan keputusan multi-kriteria berdasarkan analisis spasial, dinamika sistem, dan strategi keberlanjutan. Bagian akhir penelitian disertasi ini bertujuan untuk menawarkan strategi implementasi multi usaha kehutanan (MUK) sebagai pilihan kebijakan yang dapat mendorong pembangunan sektor kehutanan. Penyampaian strategi diawali dengan analisis pengambilan keputusan dan keberlanjutan MUK di sample unit manajemen.

## 8.2 Metode Analisis

### 8.2.1 Jenis dan Sumber Data

Jenis dan sumber data dibagi dari 2 teknik pengambilan data, yaitu riset aksi untuk kelompok analisis pengambilan keputusan serta *desk study* untuk rekomendasi strategi implementasi MUK. Riset aksi pengambilan keputusan dilakukan di dua sampel PBPH (Perizinan Berusaha Pemanfaatan Hutan), yaitu PBPH PT. Ratah Timber Holding (RTH) di Kalimantan Timur dan kawasan yang menjadi ajuan permohonan PBPH PT Nusantara Ekosistem Lestari (NEL) di Sulawesi Tengah.

Untuk kelompok riset pengambilan keputusan, data yang digunakan meliputi data primer peta serta preferensi dan asumsi-asumsi usaha terkait metode budidaya/usaha, tata waktu, prestasi kerja alat, kendaraan, rendemen, fraksi-fraksi pendugaan, ketenagakerjaan, harga dan satuan biaya untuk masing-masing variabel keputusan yang terkait dengan pilihan jenis usaha pada masing-masing alternatif Multi Usaha Kehutanan. Di unit sampel PT. Ratah Timber Holding, data dilengkapi dengan data primer *groundcheck* struktur dan komposisi tegakan, lebar tajuk dan analisis tanah pada 10 titik sampel yang mewakili masing-masing kluster tutupan hutan serta data *groundcheck* potensi pengembangan usaha peternakan dan perikanan. Sementara itu, kelengkapan data struktur, komposisi, lebar tajuk, tanah dan potensi pengembangan usaha pemanfaatan air diperoleh melalui metode pendugaan menggunakan *google earth engine* (GEE) yang diinterpolasi dengan database struktur dan tegakan hutan serta data hidrologi Sulawesi Tengah.

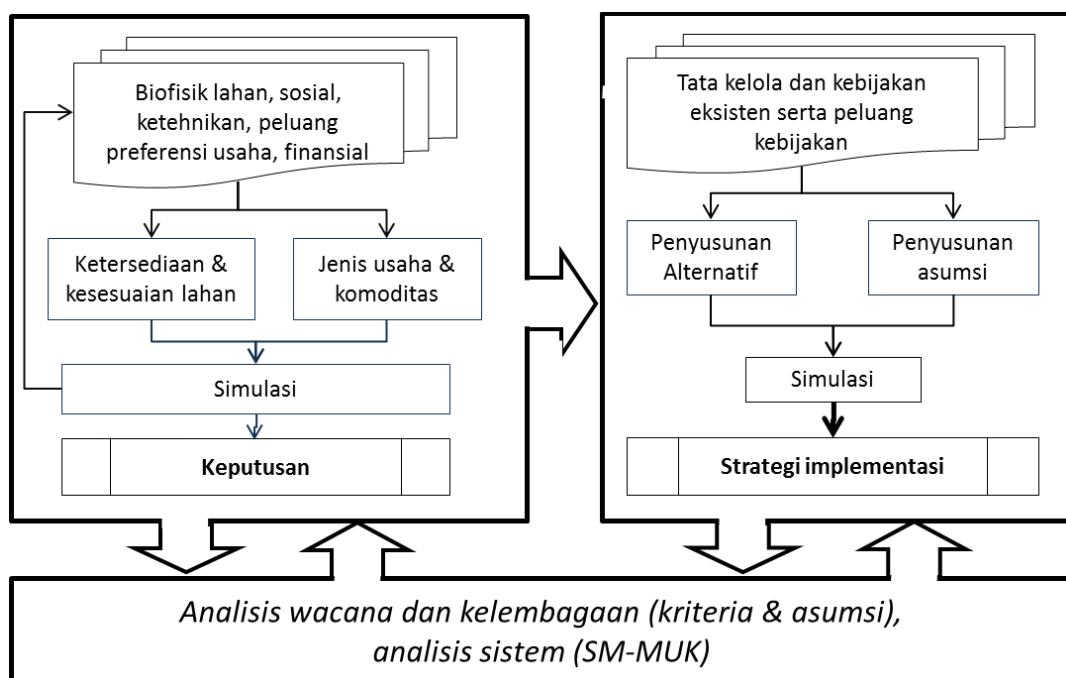
Untuk kelompok riset strategi implementasi, data yang digunakan meliputi semua data *default* (bawaan) SM-MUK (Super Model – Multi Usaha Kehutanan), dimana data-data *default* tersebut dibangun melalui tahapan-tahapan pendefinisian, formulasi, uji sensitifitas, reliabilitas dan validitas secara berulang. Sementara itu, data-data asumsi dalam analisis strategi implementasi adalah data primer yang diperoleh melalui perumusan yang diperkaya dengan data sekunder yang diperoleh dari studi literatur dan sumber data-data statististik lainnya.

### 8.2.2 Teknik pengumpulan data

Berdasarkan uraian tentang jenis dan sumber data tersebut diatas, dapat disampaikan teknik pengumpulan data analisis riset aksi dilakukan dengan teknik pengukuran langsung dan *groundcheck* dan perumusan asumsi berdasarkan pengetahuan dan keahlian perencana sebagai subjek pengguna SM-MUK. Sementara untuk data-data dalam analisis strategi implementasi dikumpulkan melalui teknik tabulasi, perumusan asumsi dan studi literature.

### 8.2.3 Tahapan analisis

Seperti disajikan pada Gambar 146, 3 tujuan dari Bab VII menjadi tujuan akhir dari penelitian disertasi ini. Tahapan studi serta analisis (wacana dan sistem) yang membangun sistem berpikir dan menghasilkan luaran berupa perangkat model SM-MUK dan kriteria keberlanjutan MUK menjadi bagian penting dalam proses perumusan asumsi, pengambilan keputusan dan perumusan strategi. Uraian tahapan analisis adalah sebagai berikut.



Gambar 146 Potongan diagram alir kegiatan penelitian Disertasi, sub kegiatan analisis keberlanjutan dan strategi implementasi

#### 8.2.3.1. Analisis pengambilan keputusan dan keberlanjutan MUK di sample unit manajemen.

Tahapan analisis adalah bagian dari riset aksi yang disampaikan pada Bab VI, dimana pada bagian sebelumnya bertujuan untuk menghasilkan luaran dalam bentuk model berikut atribut sensitifitas, reliabilitas dan validitasnya. Bagian ini bertujuan untuk implementasi penggunaan model itu sendiri untuk menghasilkan luaran alternatif multiusaha kehutanan ini diunit sample PBPH. Uraian tahapan analisis adalah sebagai berikut :

- a. Mengidentifikasi jenis usaha yang menjadi preferensi awal unit manajemen, penyiapan data peta dan analisis spasial tahap I. Tahapan ini dilakukan selama 2 hari kerja dalam bentuk rapat teknis (*technical meeting*). Luaran data berupa data preferensi usaha, peta distribusi kluster hutan berdasarkan 7 kelas potensi awal tegakan hutan (PATH) sebagai hipotesa dan penentuan titik sampel pengambilan data potensi tegakan, sample tanah dan survey potensi pengembangan usaha dan konflik lahan. Penentuan titik sampel ini dilakukan secara sengaja sesuai sebaran PATH yang dihipotesakan.
- b. Pengukuran dan pengolahan data lapangan pada titik sampel yang ditentukan. Tahapan ini hanya dilakukan di unit sample RTH, sementara untuk unit sample NEL diinterpolasi menggunakan *Google Earth Engine* (GEE) yang diinterpolasi dari database potensi tegakan di unit PBPH terdekat. Jenis data potensi yang dicatat adalah jenis, diameter, tinggi, lebar tajuk dan deskripsi umum tegakan. Sementara itu, sample tanah diambil menggunakan ring tanah ukuran diameter 7,4 cm dan ketinggan ring 4 cm dengan masing-masing kedalam 0-20 cm, 20-40 cm dan 40-60 cm.

Pengolahan data potensi tegakan menghasilkan pengelompokan data struktur tegakan dalam 9 kelas diameter (KD), yaitu: 10-20cm, 20-30cm ... >90cm. Sementara itu, komposisi tegakan dibagi dalam 5 kelompok jenis, didefinisikan dalam satuan persen, yaitu meranti, rimba campuran, rimba campuran lainnya, kayu indah, kayu dilindungi/non komersil. Selanjutnya sampel tanah dianalisa laboratorium untuk mengetahui pH, Kadar air, tekstur, C-Organik, N-total, Kapasitas tukar kation, Ca+, Mg+, K+, Na+, Kb, P-potensial, K-potensial, sodisitas dan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tersedia; yang kemudian dianalisa dianalisa lebih lanjut untuk mengetahui faktor pembatas serta kebutuhan dosis amelioran dan pupuk sesuai dengan pilihan keputusan jenis tanaman diusahakan. Analisa ini membutuhkan waktu, sehingga simulasi pada tahap awal menggunakan variabel doidis pendugaan langsung melalui perabaan, yang kemudian dikoreksi datanya dikoreksi paska hasil analisa laboratorium telah diperoleh.

- c. Survey sosial serta survey potensi jasa lingkungan dan pengembangan usaha lainnya. Hasil survey menghasilkan data luaran kawasan yang memiliki potensi konflik tinggi, potensi-potensi pemanfaatan air, wisata dan atau jenis usaha baru diluar prefrensi awal usaha.
- d. Analisis spasial tahap II, melakukan koreksi terhadap hipotesa PATH menggunakan data *ground-check* potensi dan analisis lanjutan seperti disampaikan pada Bab IV, untuk menghasilkan data luaran :
  - Peta dan data sebaran PATH
  - Peta dan data sebaran topografi pada masing-masing PATH.

- Peta dan data luas ketersediaan lahan berdasarkan jumlah nilai skor arahan kesesuaian lahan.
- Peta dan data sebaran dan luas ketersediaan dan kesesuaian lahan untuk pengembangan MUK, seperti dalam format seperti disampaikan pada tabel 39 berikut.

**Tabel 40 Format tabel data distribusi dan luas ketersediaan bersih berdasarkan kesesuaian lahan untuk pengembangan MUK**

No.	Arahan Rencana Pemanfaatan Lahan	Luas Deli- neasi	Potensi Jasa ling- kungan	Penapisan		Luas Bersih
				Litbang	Keterlan- juran dll	
1.	Kelola HA	-	-	-	-	-
2.	Kelola HA Intensif	-	-	-	-	-
3.	Budidaya	-	-	-	-	-
4.	Kawasan Lindung	-	-	-	-	-
5.	Jasa lingkungan	-	-	-	-	-
5.	Penelitian & Pengembangan	-	-	-	-	-
6.	Keterlanjuruan & sisa	-	-	-	-	-
<b>Jumlah</b>						

- e. Perumusan alternatif multi usaha kehutanan berdasarkan ketersediaan lahan, preferensi usaha dan potensi pengembangan. Masing-masing alternatif dilengkapi dengan peta dan data :
  - Rencana penggunaan lahan berdasarkan jenis usaha dan komoditas diusahakan (sub unit usaha, contoh: 2 unit usaha hutan tanaman dengan jenis komoditas Ekaliptus dan Jabon, 3 unit usaha HHBK dengan jenis komoditas serei wangi, kakao dan arean)
  - Tahun mulai kegiatan dan rencana pembagian/pengaturan petak dan kelas umur per jenis komoditas).
  - Rencana jaringan jalan dan penggunaan lahan.
- f. Perumusan asumsi-asumsi untuk semua variabel-variabel dalam 5M tata kelola (*method, material, machine, man, money*) berdasarkan preferensi perencana yang diperkaya dengan studi literature dan saran pakar terkait pilihan jenis usaha dan komoditas yang dipilih.
- g. Simulasi menggunakan perangkat model SM-MUK (super model multi usaha kehutanan) yang telah dibangun. Panduan penggunaan (SM-MUK) seperti disediakan pada halaman lampiran, dimana telah terdaftar dalam pencatatan hak cipta melalui Surat Pencatatan Hak Cipta Nomor EC002023130149, Kementerian Hukum dan HAM tanggal 12 Desember 2023.
- h. Analisis keputusan. Sebagai alat bantu pengambilan keputusan, simulasi dapat dilakukan secara berulang untuk menganalisis manfaat/dampak (data luaran) yang terhubung dengan masing-masing variabel data keputusan. Proses koreksi terhadap data dapat dilakukan untuk tujuan efisiensi, perubahan target dan lain-lain. Sebagai contoh, variabel keputusan limit tebangan pada unit usaha hutan alam, proses koreksi dapat dilakukan dengan menganalisis dampak/manfaat jumlah produksi, dinamika hutan, karbon stok dan seterusnya.

Contoh lainnya adalah variabel keputusan prestasi kerja alat berat ekstraksi kayu yang dapat dikoreksi dengan menganalisis data luaran jumlah kebutuhan dan peluang efisiensi penggunaan alat berat tersebut.

- i. Tabulasi data luaran utama dan analisis keberlanjutan melalui perangkat lunak PROMETHEE.

Simulasi masing-masing alternatif menghasilkan masing-masing 14 data luaran sebagai kriteria dan indikator keberlanjutan yang ditabulasi dalam format matrik pada Tabel 40. Masing-masing data mendes-kripsikan secara parsial nilai manfaat masing-masing indikator. Perangkat lunak Promethee digunakan sebagai alat bantu mengolah data nilai manfaat keseluruhan melalui teknik pemeringkatan berikut fitur-fitur analisis lebih lanjut dalam pengambilan keputusan, penyusunan strategi dan evaluasi keberlanjutan berdasarkan multi-kriteria (*Multi Criteria Decision Making-MCDM*) (Ho *et al.* 2010; Fauzi 2019; Davelaar 2021; Francis dan Thomas 2023; Taherdoost dan Madanchian 2023).

Kecuali untuk indikator nilai investasi dan jangka waktu pengembalian modal (PBP-*Payback period*), preferensi nilai adalah pada tren angka maksimum (*max*), dimana pemeringkatan semakin baik pada nilai input besar, sebaliknya untuk preferensi minimum (*min*), pemeringkatan semakin baik pada nilai input kecil. Kajian khusus terhadap bobot tidak dilakukan, sehingga bobot antar kriteria adalah sama, yaitu  $\frac{1}{4} = 0,25$  dan sementara bobot indikator dalam kriteria adalah nilai bobot kriteria (0,25) dibagi jumlah indikator dalam kriteria, lengkap disajikan pada tabel 40. Sementara metode pengolahan data preferensi dan ambang menggunakan format umum dan angka absolut.

Tabel 41 Format matrix data input untuk analisis strategi keberlajutan masingmasing alternatif 4 kriteria dan 14 indikator

### 8.2.3.2. Strategi implementasi multi usaha kehutanan

Melalui pendekatan Holon (Trentesaux 2009; Wang dan Haghghi 2016; Tchappi *et al.* 2019), model yang telah memenuhi uji sensitifitas, reliabilitas dan validitas serta uji penggunaan di unit sample manajemen (Willmott dan Matsuura 2005) digunakan untuk menyusun dan me-rekomendasi strategi implementasi MUK untuk skala Nasional Indonesia berdasarkan skenario moderate dan infomarmasi 2 skenario lainnya sebagai pembanding (pesimis dan optimis). Skenario dibangun berdasarkan penetapan-penetapan asumsi logis yang dibangun selama tahapan riset (analisis wacana, kelembagaan dan system) yang diperkaya dengan studi pendahuluan terkait hipotesa EKC yang menghubungkan variable kehilangan hutan (deforestasi) dengan pendapatan per kapita. Untuk studi ini dibangun satu model tambahan dan terpisah dari SM MUK, dimana hasil kajiannya menjadi bagian dari membangun strategi implementasi multi usaha kehutanan secara Nasional.

## 8.3 Hasil dan Pembahasan

### 8.3.1 Peluang serta asumsi pokok tata kelola dan metode budidaya

#### 8.3.1.1. Unit sampel PT Ratah Timber Holding (RTH)

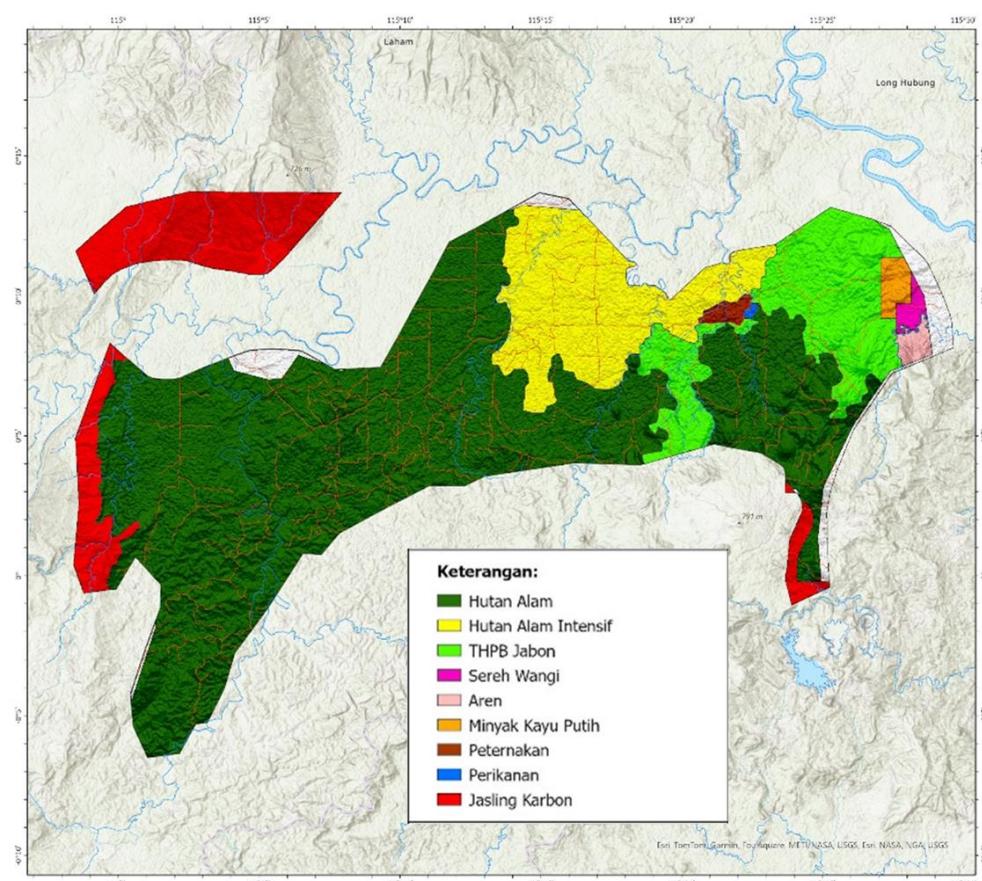
Seperti diuraikan pada Bab 4.1, berdasarkan tahapan analisis spasial yang divalidasi dengan data sampel pengukuran potensi awal tegakan hutan (PATH), dapat diketahui bahwa kawasan RTH terfragmentasi dalam 4 kelas PATH, yaitu: tinggi (potensi >60m<sup>3</sup>/ha) dengan luas 66.245 ha, sedang (40-60 m<sup>3</sup>/ha; 9,671 ha), rendah (20-40 m<sup>3</sup>/ha; 9,103 ha), sangat rendah dan tidak berhutan (<20m<sup>3</sup>/ha, 8,405 ha). Sebesar 93,5% (87,335 ha) kawasan bertopografi ringan, yang kemudian melalui proses tumpang-tindih (*overlaying*), delineasi dan penapisan kawasan lindung, area litbang, keterlanjuran, sisa dan konflik menghasilkan peta arahan kesesuaian pemanfaatan lahan untuk pengembangan Multi Usaha Kehutanan seperti disajikan pada Gambar 25 dan Tabel 20 (Bab 4.1). Jumlah luas lahan tersedia dan sesuai untuk unit kelola hutan alam adalah sebesar 55.063 ha, unit kelola hutan alam dengan pengayaan intensif sebesar 11.742 ha dan unit budidaya sebesar 12.084 ha. Selain itu, diidentifikasi sebesar 4.544 ha sebagai cluster keterlanjuran, sebesar 1.860 ha dialokasikan sebagai petak permanen Litbang dan sebesar 8.132 sebagai kawasan lindung.

Sejak tahun 2020, unit sample RTH mendapat perpanjangan izin usaha melalui 2 sistem silvikultur, yaitu tebang pilih tanam Indonesia (TPTI) dan Tebang Habis Permudaan Buatan (THPB). Namun secara *existing*, unit sample RTH efektif menjalankan 1 unit usaha, yaitu kelola hutan alam melalui TPTI. Berdasarkan analisis kesesuaian lahannya, ketersediaan lahan untuk pilihan jenis usaha *existing* ini adalah pada kluster kelola hutan alam dengan luas efektif 66.805 ha, sementara sejumlah 16.628 ha lahan tidak efektif dikelola karena merupakan lahan tidak berhutan dan lahan keterlanjuran. Kelola *existing* ini kemudian didefinisikan sebagai alternatif kelola berjalan (*BAU-Business as usual*).

Sejalan menguatnya wacana Multi Usaha Kehutanan (MUK), unit sample RTH merencanakan merevitalisasi izin menjadi MUK. Jenis usaha yang menjadi preferensi awal revitalisasi adalah kelola hutan alam melalui sistem silvikultur

TPTI dan TPTJ (tebang pilih tanam jalur), kelola hutan tanaman melalui sistem silvikultur THPB dengan jenis komoditas Jabon dan budidaya Serei wangi untuk menghasilkan produk HHBK *Citronella oil*. Berdasarkan hasil analisis kesesuaian lahannya, ketersediaan lahan untuk preferensi awal ini adalah pada kluster kelola hutan alam seluas 55.063 ha untuk jenis kelola TPTI dan 11.742 untuk jenis kelola TPTJ. Sementara untuk kelola hutan tanaman Jabon dan serei wangi tersedia pada kluster budidaya dengan luas 12.084 ha.

Berdasarkan hasil survey dan *groundcheck* kesesuaian lahan dan peluang pasar, teridentifikasi 5 jenis usaha potensial lainnya, yaitu budidaya minyak kayu putih untuk menghasilkan produk HHBK *cajuput oil*, budidaya aren untuk menghasilkan produk HHBK *gula merah*, budidaya peternakan, perikanan dan jasa lingkungan penyimpanan karbon. Sebaran potensi ketersediaan lahan sesuai jenis usaha tersebut seperti disajikan pada Gambar 147

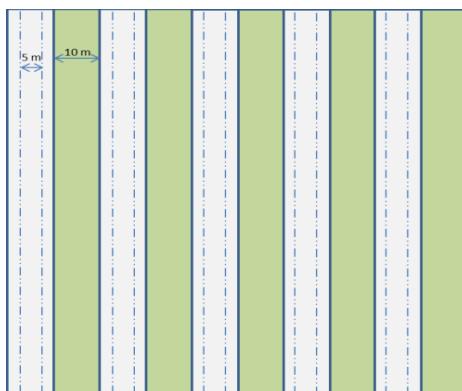


Gambar 147 Rencana lokasi pemanfaatan lahan berdasarkan jenis usaha

Asumsi-asumsi pokok yang dibangun berdasarkan alternative-alternatif jenis usaha berdasarkan kesesuaian lahan tersedia di unit sample RTH adalah:

- Rencana penggunaan lahan untuk jenis usaha atau kombinasi jenis usaha budidaya hutan tanaman, serei wangi, minyak kayu putih, aren, peternakan dan perikanan adalah pada kluster budidaya dengan ketersediaan luas 12.804.

- b. Rencana penggunaan lahan untuk jenis usaha atau kombinasi jenis usaha kelola hutan alam adalah pada kluster kelola hutan alam dan kluster kelola hutan alamintensi dengan jumlah ketersediaan luas 66.805 ha.
- c. Kelola hutan alam dengan sistem silvikultur TPTI dengan daur/rotasi tebang 30 tahun, limit diameter tebangan 50cm up dan tahun mulai kegiatan 2024, simulasi awal menghasilkan proyeksi potensi tebangan sebesar 54,53 m<sup>3</sup>/ha.
- d. Ketersediaan RPL sejumlah 11.742 adalah jumlah luas cukup memadai untuk kelola hutan alam dengan sistem silvikultur intensif (TPTJ) dengan daur 25 tahun dengan limit diameter tebangan hutan alam 40cm up. Pola jalur seperti disajikan pada Gambar 148, dimana jumlah jalur per ha, lebar jalur tanaman dan jarak tanam berturut-turut sebesar 5, 10 dan 5mx5m. Jenis tanaman pengayaan adalah Meranti dengan asumsi riap 1,9 cm/tahun, yang berdasarkan hasil simulasi model dengan penggunaan asumsi-asumsi pemeliharaan dan keberhasilan tumbuh serta variabel-variabel pendugaan lainnya, simulasi menghasilkan proyeksi potensi tebangan akhir daur pada jalur tanaman sebesar 319,55 m<sup>3</sup>/ha



Gambar 148 Pola bangun unit kelola hutan alam intensif per satuan ha

- e. Kelola hutan tanaman Jabon dengan tahun mulai 2024 dan RPL maksimum 12.804 ha, dimana luas ini berkangurang sejumlah RPL jenis usaha budidaya lainnya. Kelola hutan tanaman (dan budidaya lainnya), diawali kegiatan penyiapan lahan dengan teknik *land clearing* sesuai luas rencana kerja tahun. Dengan asumsi daur 10 tahun, pola tanam 4m x 4m. dan riap 3 cm/tahun serta asumsi pemeliharaan, keberhasilan tumbuh, dan variabel pendugaan lainnya, simulasi menghasilkan proyeksi potensi tebangan sebesar 247,7 m<sup>3</sup>/ha.
- f. Budidaya serei wangi dengan tahun mulai 2024 dan RPL 416 ha dalam 1 petak / kelas umur. Berdasarkan karakter tanamannya, rotasi panen adalah tiap 1 tahun dengan peremajaan tanaman pada umur 8 tahun. Dengan pola tanam 1m x 1m dan produktifitas 4,5 kg/tanaman/tahun, rendemen 0,9% serta variabel-variabel pendugaan lainnya, simulasi menghasilkan proyeksi produktifitas basah (bruto) dan produksi bersih *citronella oil* adalah berturut-turut 42,75 ton/ha dan 119 – 158 Kliter per tahun.
- g. Budidaya minyak kayu putih dengan tahun mulai 2025 dan RPL 679 ha dalam 3 kelas umur. Berdasarkan karakter tanamannya, umur panen adalah umur 3 tahun dan diremajakan pada umur 20 tahun. Dengan pola tanam 4m x 4m dan produktifitas daun sebesar 7.5 kg/pohon/tahun (3-4 kali panen per tahun) dan

- rendemen sebesar 1,1 % serta variabel-variabel pendugaan lainnya, simulasi menghasilkan proyeksi produktifitas daun basah sebesar 4,46 ton per ha dan produksi bersih *cajuput oil* sebesar 8,27 pada tahun 2028 dan meningkat sesuai pertambahan luas panen hingga produksi maksimum sebesar 33,10 ton/tahun.
- h. Budidaya aren dengan tahun mulai 2025 dan RPL 472 ha dalam 6 kelas umur. Berdasarkan karakter tanamannya, umur panen adalah umur 4 tahun dan diremajakan pada umur 25 tahun. Dengan pola tanam 8,5m x 8,5m dan produktifitas nira sebesar 12,5 liter/pohon/hari dengan jumlah hari panen 95 hari/tahun, rendemen pengolahan Nira 13,6% serta variabel-variabel pendugaan lainnya, simulasi menghasilkan proyeksi produktifitas bersih gula merah sebesar 1.273 ton pada tahun 2029 dan meningkat sesuai pertambahan luas panen hingga produksi maksimum sebesar 10.185 ton/tahun.
  - i. Kelola budidaya ternak (*silvopastura*) dengan 3 komoditas mamalia besar penghasil daging (pangan) yaitu dari jenis Sapi Limousin (*Bos taurus*), Sapi Bali (*Bos javanicus domesticus*) dan Kambing (*Capra, sp*). Tahun mulai kegiatan adalah pada tahun 2025 dan RPL 400 ha. Metode budidaya adalah metode kandang untuk Sapi Limousin dan Kambing, sementara Sapi Bali dalam metode pengembalaan. Dengan asumsi jumlah awal bibit ternak Sapi Limousin, sapi bali dan kambing sebesar 110, 120 dan 126 ekor, kelahiran 1 anak/betina untuk sapi dan 1,4 anak/betina untuk kambing, tingkat kematian rata-rata pada 5 kelas umur sebesar 2-4% dan dilakukan pengaturan populasi melalui pembatasan umur pada umur 5 tahun dan metode penjualan sebesar 5-10% untuk kelas umur 0-1 tahun, 5-15% untuk kelas umur 1-2 tahun, 25-40% untuk kelas umur 2-3 tahun, 50-70% untuk kelas umur 3-4 tahun, 70-80% untuk kelas umur 4-5 tahun dan 100% untuk kelas umur 5 tahun; melalui simulasinya, pada tahun 2027 dimulai penjualan sebesar 11,93 ton daging berikut 89,65 feses (pupuk kandang) yang dapat digunakan untuk kebutuhan sendiri atau dijual, dan terus meningkat secara perlahan sesuai pertumbuhan populasi hingga pada tahun 2051 penjualan stabil pada kisaran 1.100 ton daging/tahun berikut 4.885 ton/tahun feses yang dapat digunakan sebagai pupuk kandang untuk unit usaha pertanaman tanaman. Hasil simulasi juga memproyeksikan kebutuhan maksimum luas kebun pakan sebesar 18,48 ha dan ladang pengembalaan sebesar 3713,5 ha serta 1,56 ha untuk kandang.
  - j. Kelola budidaya perikanan (*silvofishery*) dengan komoditas udang galah dalam 2 kelas size dan ikan nila dalam satu kelas size. Jumlah area dicadangkan adalah sebesar 63 ha, berada di sisi sungai Pari. Tahun mulai adalah tahun 2025 (pembangunan infrastruktur kolam) dan tahun produksi dimulai sejak 2026. Dengan asumsi hari tanam 110 hari, 130 hari dan 130 hari dan pengaturan panen per 7 hari berkesinambungan; simulasi menghasilkan proyeksi kebutuhan sejumlah 17 unit kolam ukuran 3.700m<sup>2</sup>, 20 unit kolam ukuran 3.200m<sup>2</sup>, 20 unit kolam ukuran 1600m<sup>2</sup> dan 3 sub unit kolam ukuran 3.000m<sup>2</sup> untuk unit Udang Galah size 40, Udang Galah size 30, Nila size 10 dan 3 kolam koagulator (pergantian air). Dengan metode tersebut, maka total luas kolam dibangun adalah 160.000 m<sup>2</sup> (16 ha). Total produksi maksimum adalah sebesar 1.684 ton produk perikanan per tahun, atau ekivalen 4,61 ton/hari. Kegiatan dimulai tahun 2025.

- k. Kelola jasa lingkungan penyimpanan karbon dengan opsi kelola sebagian kawasan lindung yang terpisah dari unit kawasan (*enclave*) seluas 5.520 ha masuk dalam mekanisme PES (*paymenet ecosystem services*) melalui kegiatan pengayaan, MRV dan lain-lain. Jika kegiatan dimulai tahun 2025, simulasi menghasilkan proyeksi bahwa pada tahun 2026 dapat diajukan klaim atas pertambahan karbon sebesar 976,77 eqTon karbon, yang kemudian menurun sesuai proses suksesi.

Selanjutnya sebagian asumsi-asumsi pokok sebagai variabel-variabel data input keputusan terkait tata kelola material/bahan, alat, kendaraan, bangunan, tenaga kerja, pembiayaan dan harga seperti disajikan pada halaman lampiran 2.

#### *8.3.1.2. Unit sampel PT Nusantara Ekosisem Lestari (NEL)*

Seperti diuraikan pada Bab 4.2, berdasarkan pengolahan dan analisa citra menggunakan metode pendugaan *google earth engine* (GEE) yang diinterpolasi dengan database struktur dan komposisi tegakan Sulawesi Tengah dapat diketahui bahwa kawasan NEL terfragmentasi dalam 3 kelas potensi, yaitu sedang (5,536 ha), rendah (32,637 ha) serta sangat rendah dan tidak berhutan (2,084). Berbeda dengan unit contoh RTH, kawasan pada unit contoh NEL dominan bertopografi berat, dimana sebesar 34,909 ha (86.7%) bagian kawasan bertopografi curam dan sangat curam, yang kemudian melalui proses tumpang-tindih (*overlaying*), delineasi dan penapisan menghasilkan peta arahan kesesuaian pemanfaatan lahan untuk pengembangan Multi Usaha Kehutanan seperti disajikan pada Gambar 33 dan Tabel 28 (Bab 4.2). Jumlah luas lahan tersedia dan sesuai untuk unit kelola hutan alam dengan pengayaan intensif sebesar 9,782 ha dan unit budidaya sebesar 3,453 ha serta kawasan lindung sebesar 27,022 ha. Jumlah ketersediaan ini memenuhi preferensi dan pengalaman berusaha pengusul untuk kelola restorasi dan jasa lingkungan, dimana seluruh areanya (40,257 ha) dapat dimanfaatkan untuk kelola jasa lingkungan penyimpanan karbon. Alternatif sesuai pengalaman pengusul ini didefinisikan sebagai alternatif BAU. Ketersediaan lahan juga dapat memenuhi preferensi awal untuk pengembangan jenis usaha Kakao, dengan luas ketersediaan lahan sebesar 3.453 ha. Jasa lingkungan potensial lainnya adalah jasa pemanfaatan air. Sebaran potensi ketersediaan lahan sesuai jenis usaha tersebut seperti disajikan pada Gambar 142.

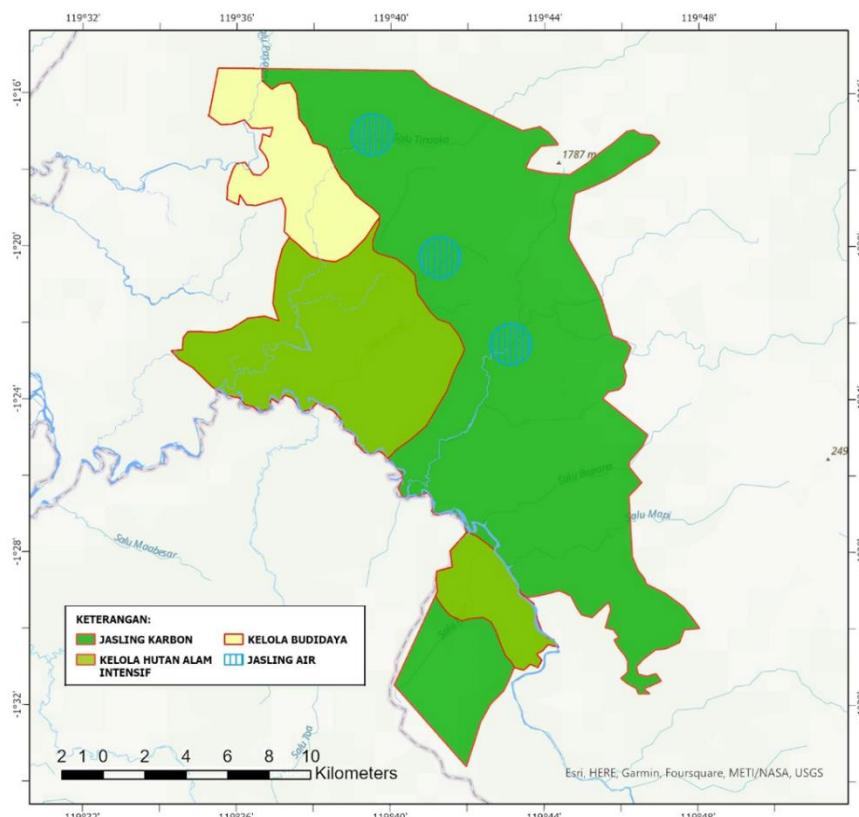
Asumsi-asumsi pokok RPL dan metode budidaya yang dibangun dalam penyusunan alternatif MUK adalah:

- a. Kelola pemulihan jasa lingkungan sebagai penyerap dan penyimpan karbon (Jasling Karbon), dengan potensi luas RPL sebesar 27.022 sampai dengan 40.257 sesuai alternatif MUK yang dipilih. Kegiatan utama meliputi pengkayaan pada cluster hutan berpotensi sedang, rehabilitasi pada cluster hutan berpotensi rendah dan sangat rendah serta *Monitoring, Reporting dan Verification* (MRV). Pengajuan pada tahun 2023, dengan asumsi bahwa pelaksanaan kegiatan dimulai pada tahun 2024.

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan perangkat model SM-MUK, diketahui bahwa baseline potensi karbon tersimpan pada rencana area pemulihan adalah sangat rendah, yaitu sebesar  $\pm 2.069.197,0$  ton; dengan rata-rata hanya sebesar  $\pm 76,57$  ton/ha. Target pemulihan mencapai angka diatas

100 ton/ha. Selisih peningkatan ini yang kemudian diajukan dalam mekanisme PES (*payment of ecosystem services*) dan perdagangan karbon.

Pemulihan dilakukan dengan kegiatan penanaman pengkayaan pada cluster-cluster hutan pada PATH hutan berpotensi sedang (40-60 m<sup>3</sup>/ha) dan kegiatan rehabilitasi pada PATH hutan berpotensi rendah dan sangat rendah (<40 m<sup>3</sup>/ha). Jumlah tanaman pengkayaan adalah 50 tan/ha dan tanaman rehabilitasi sebanyak 100 tan/ha. Pengayaan dan rehabilitasi dibagi habis dalam 20 tahun waktu pelaksaaan. Kegiatan MRV dilakukan secara periodik per 3 tahun dengan intensitas sample 1%.

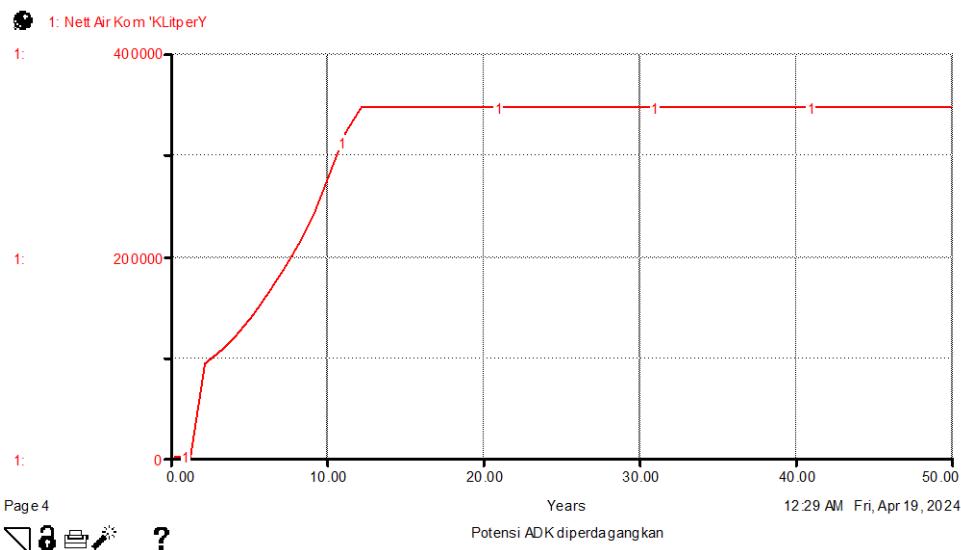


Gambar 149 Rencana lokasi pemanfaatan lahan berdasarkan jenis usaha

- Kelola jasa lingkungan pemanfaatan air (Jasling Air) bersumber dari 3 mata air potensial diamnaftaan dengan asumsi total debit 25 liter/detik. Jika persentase pemungutan diperkenankan sebesar 50%, simulasi menghasilkan proyeksi potensi pemanfaatan maksimum sebesar 230.536 Klit/tahun. Tiga titik mata air berada pada area pemulihan jasa lingkungan ditandai sebagai area penyangga (*buffer*) mata air dengan radius masing-masing 1 km (314 ha), sehingga jumlah luas penyangga RPL pemanfaatan air adalah sebesar 942 ha.

Kegiatan utama meliputi survey dan pengujian kualitas air dan pengadaan Instalasi Pengolahan Air. Kualitas air pungut adalah sesuai dengan syarat kualitas ADK (air mineral dalam kemasan) dengan asumsi harga Rp. 82.500,0 /Klit. Ajuan pada tahun 2023 dengan asumsi pada tahun 2025 mulai memproduksi ADK.

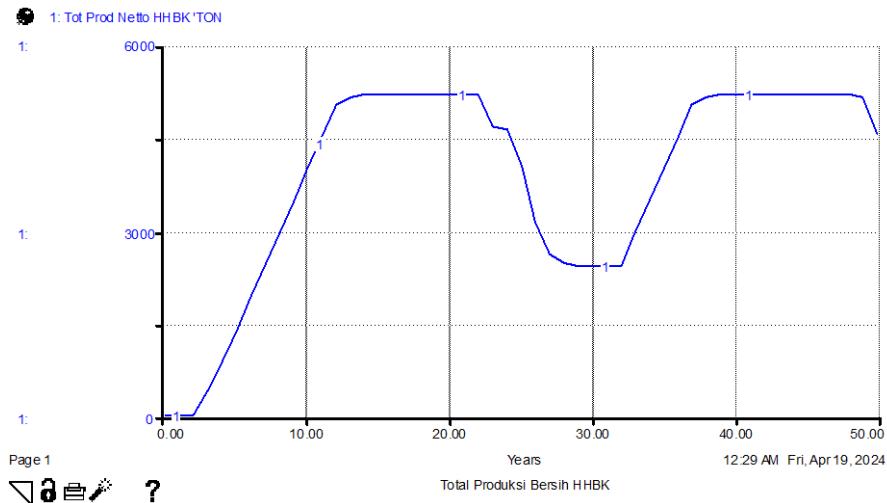
Pengadaan Inslasi Pengolahan Air meliputi pembangunan bak-bak koagulator, flokulator dan reservoir final; yang kemudian diangkut menggunakan truk tangki dengan target pasar Kota Palu atau Kabupaten Donggala. Dengan asumsi laju pertumbuhan demand sebesar 5% dengan baseline pemanfaatan 200 Klit/hari, maka proyeksi penyediaan air mengikuti garis proyeksi pada Gambar 145.



Gambar 150 Proyeksi volume air diperdagangkan

- c. Kelola pemanfaatan kawasan melalui budidaya HHBK Kakao (*Theobroma cacao L*) dengan tahun mulai 2024 pada luas RPL 3.453 ha, dibagi dalam 10 petak atau kelas umur. Tata kelola dilaksanakan dalam dua skema, yaitu profesional dan kemitraan bersama masyarakat. Luas alokasi pemanfaatan dalam skema kemitraan adalah 1.035 ha dengan pola pembagian hasil sebesar 50% keuntungan bersih untuk petani Mitra (sesuai dengan arahan Dirjen PSL sebagai pelaksana Permen LHK No 9 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Perhutanan Sosial).

Penyiapan lahan dilakukan dengan pola *land clearing* yang menyisakan tegakan muda berukuran tiang (diameter 2-5 cm) dalam pola tertentu sebagai pohon pelindung tanaman kakao muda untuk menghasilkan intensitas cahaya maksimum 85%. Penyiapan dan pengolahan awal dilakukan dengan semi mekanis, kombinasi alat bajak (berat) pengolahan lahan dan manusia. Pada tahap ini, dilakukan pemberian zat amelioran pupuk kandang sebesar 5 ton/ha dan kapur sebesar 1 ton/ha Selain itu, juga diberikan perlakuan pemberian pupuk NPK dan TSP, dengan dosis berturut turut sebesar 500 gr/pohon dan 250 gr/pohon pada tahun pemeliharaan ke-0 (P0), 250 gr/pohon dan 125 gr/pohon pada tahun pemeliharaan ke-1 (P1), 250 gr/pohon dan 125 gr/pohon pada tahun pemeliharaan ke-3 (P2) dan selanjutnya pemberian pupuk rutin selama daur dengan dosis 100 gr/pohon dan 75 gr/pohon.



Gambar 151 Proyeksi produksi bersih biji kakao kering sesuai keputusan pengaturan petak kelas umur

Tegakan/kebun Kakao dibangun dengan pola tanam 5m x 5m. Dengan target optimis keberhasilan pertumbuhan tanaman hingga 95%, maka potensi tanaman panen adalah sebanyak 380 tanaman per ha. Target optimum produksi buah basah adalah sebesar 40 kg/pohon/tahun dengan potensi produksi buah basah 15,2 ton/ha. Sesuai dengan karakternya, pemanenan dimulai pada umur 3 tahun dengan proyeksi produktifitas 40% dari proyeksi optimum, tahun ke ke-4 sebesar 75% dan selanjutnya secara rutin 100% dari proyeksi optimum. Rendemen pengolahan buah basah menjadi biji kering berdasarkan 3 sortimen kualitas dan harga, yaitu kualitas baik dengan rendemen 5%, kualitas sedang dengan rendemen 3% dan kualitas rendah dengan rendemen 2%. Harga berdasarkan kualitas dengan asumsi berturut turut sebesar Rp 32.000.000,- per ton, Rp. 27.000.000,- per ton dan Rp. 24.000.000,- per ton. Berdasarkan asumsi-asumsi tersebut dan variabel-variabelpendugaan lainnya, simulasi menghasilkan proyeksi produksi bersih biji Kakao dinamis pada kisaran angka 391,54 ton s.d 5.220,74 ton.

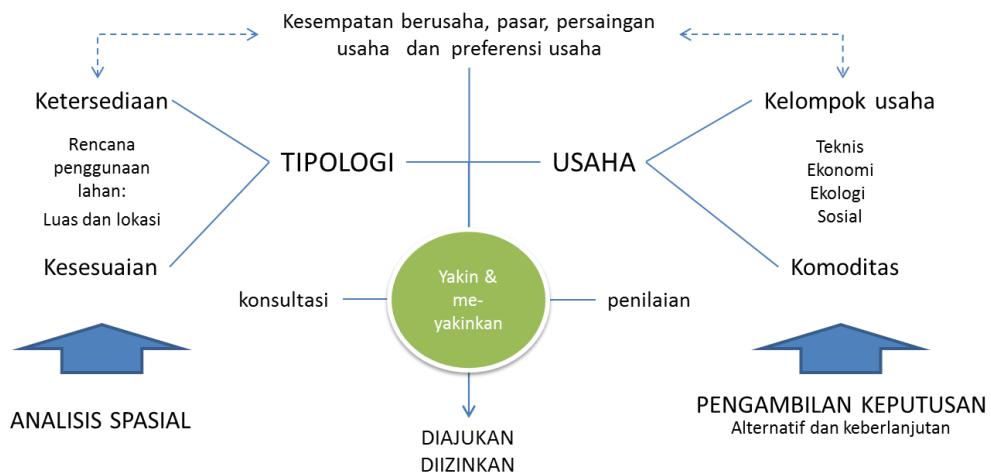
- d. Kelola hutan alam dengan sistem silvikultur intensif (TPTJ) dengan tahun mulai 2025 pada luas RPL 9.782 ha, daur 25 tahun dan limit diameter tebangan hutan alam 40cm up. Pola jalur yaitu dengan jumlah jalur per ha, lebar jalur tanaman dan jarak tanam berturut-turut sebesar 5, 10 dan 5mx5m. Jenis tanaman pengayaan adalah Meranti dengan asumsi riap 1,7 cm/tahun, yang berdasarkan hasil simulasi model dengan penggunaan asumsi-asumsi pemeliharaan dan keberhasilan tumbuh serta variabel-variabel pendugaan lainnya, maka diproyeksikan potensi tebangan akhir daur adalah 255,82 m<sup>3</sup>/ha.

Selanjutnya sebagian asumsi-asumsi pokok sebagai variabel-variabel data input keputusan terkait tata kelola material/bahan, alat, kendaraan, bangunan, tenaga kerja, pembiayaan dan harga seperti disajikan pada halaman lampiran 3.

### 8.3.2 Pengambilan keputusan dan keberlanjutan

Pengambilan keputusan berikut penyusunan rencana usaha dalam multi usaha kehutanan adalah sebuah proses berjenjang pengambilan keputusan yang didasari

pada keyakinan dan seberapa me-yakinkan keputusan-keputusan usaha tertentu diambil dan dapat diterima. Seperti disajikan pada Gambar 152, kebijakan Multi Usaha Kehutanan membuka kesempatan berusaha untuk banyak jenis usaha, termasuk jenis dan komoditas usaha yang selama ini dikenal sebagai jenis dan komoditas usaha non sektor kehutanan (MoEF 2021a). Kesempatan yang sangat luas ini menyediakan sangat banyak pilihan jenis usaha berikut kombinasinya dalam terminologi multi usaha. Pilihan-pilihan jenis dan komoditas usaha tersebut selanjutnya didefinisikan sebagai peluang usaha.



Gambar 152 Tahapan pengambilan keputusan

Sumber: hasil analisis

Peluang usaha membangun preferensi awal di tingkatan (level) direksi berdasarkan analisis pasar dan persaingan usaha atas produk akhir dari pilihan-pilihan jenis usaha tertentu dalam daftar jenis usaha tersedia. Preferensi awal ini biasa dikenal sebagai insting bisnis, yang pengambilan keputusannya didasarkan pada keyakinan atas 5 informasi yang disediakan perencana di level manajemen lapangan (*site*), meliputi: a). bagaimana preferensi tersebut dapat terpenuhi berdasarkan ketersediaan dan kesesuaian lahan di tingkat tapak, b). dalam alternatif-alternatif rencana luas dan distribusi penggunaan lahan bagaimana dapat terpenuhi, dan c). apakah tersedia potensi usaha lain yang dapat disusun dan direkomendasikan sebagai alternatif baru (dan pembanding), dan e). kebutuhan modal, postur usaha dan nilai manfaat apa yang diperoleh pada masing-masing alternatif.

Lima kebutuhan informasi yang terlihat sederhana tersebut memerlukan proses pengambilan keputusan yang sangat kompleks. Dalam hal ini, perangkat model Super Model Multi Usaha Kehutanan (SM-MUK) disediakan sebagai alat bantu bagi perencana (pengguna) memproses masing-masing data-data keputusan yang diwakili masing-masing variabel data input untuk menyediakan data luaran untuk kemudian dianalisis, apakah keputusan-keputusan tersebut dapat diterima atau perlu dikoreksi. Tiga contoh pengambilan keputusan yang mendeskripsikan kompleksitas dalam proses pengambilan keputusan tersebut antara lain :

- Dengan ketersediaan lahan yang sesuai untuk jenis usaha budidaya Serei Wangi adalah seluas 1.567 ha dan seluruh luasnya digunakan untuk budidaya

Serei Wangi dengan asumsi-asumsi metode budidaya tertentu, melalui proses simulasi diproyeksikan menghasilkan produksi sejumlah tertentu. Apakah jumlah produksi tersebut memenuhi target pasar yang ditentukan atau melebihi. Jika melebihi, apakah tersedia target pasar lain untuk menampung hasil produksi? Jika tidak, hingga luas berapa luas penggunaan lahan dapat dikurangkan?

- b. Jika luas penggunaan lahan budidaya serei wangi diturunkan hingga seluas 888 ha dan menghasilkan proyeksi produksinya hingga jumlah tertentu dengan kebutuhan tenaga kerja tertentu, apakah kebutuhan tenaga kerja tersebut dapat dipenuhi? Jika tidak, apa strategi pemenuhannya? Jika luas penggunaan lahan perlu diturunkan, hingga luas berapa?
- c. Jika luas penggunaan lahan budidaya serei wangi diturunkan hingga luas efektif 416 ha yang hasil produksi dan kebutuhan tenaga kerjanya memenuhi target pasar dan ketersediaan tenaga kerja tertentu namun dengan resiko usaha dengan sensitifitas tinggi, variabel keputusan apakah yang perlu difisienkan? Apakah jika variabel prestasi kerja kendaraan angkutan hasil produksi difisienkan hingga angka logis tertentu, apakah keputusan tersebut dapat mengurangi sensitifitas usaha.

Tiga contoh diatas mewakili keseluruhan proses pengambilan keputusan untuk semua variabel keputusan, baik keputusan dalam perumusan alternatif rencana penggunaan lahan (RPL) maupun keputusan-keputusan terkait variabel 5M tata kelola (*method, material, machine, man, money*). Proses pengambilan keputusan secara cepat dimungkinkan karena model SM-MUK dibangun berdasarkan keterhubungan antar variabel, yang memudahkan perencana dalam melakukan analisis lanjutan dan proses pengambilan keputusan ulang, hingga diperoleh satu keyakinan atas keputusan yang diambil. Untuk beberapa keputusan yang memerlukan informasi yang lengkap maka dapat dilakukan studi literature dan konsultasi pakar terkait variabel keputusan tersebut.

Proses perumusan alternatif dan pengambilan keputusan di tingkatan manajen site sebaiknya dilakukan oleh tim yang diketuai oleh seorang manajer dan beberapa anggota yang memiliki kapasitas sebagai perencana. Luaran dari proses ini adalah alternatif-alternatif multi usaha yang memenuhi kebutuhan informasi direksi dalam memutuskan alternative terpilih untuk diajukan/diusulkan ke regulator. Sebaiknya alternative yang diajukan dilengkapi dengan alternative BAU dan beberapa alternative pendamping, yang ditujukan untuk melengkapi dokumen usulan dengan informasi peningkatan nilai manfaat yang diperoleh berdasarkan alternatif yang diajukan dibanding BAU. Regulator dalam hal ini dapat memintakan pendapat pakar dalam penilaian usulan untuk memperkuat keyakinannya dalam pengambilan keputusan. Dokumen disertasi ini dilengkapi juga dengan draft kriteria penilaian usulan multi usaha kehutanan yang disajikan pada halaman lampiran 13, yang disusun bersama pakar dan praktisi. Karena sifatnya sebagai pengaya informasi dan bukan menjadi bagian dari tujuan disertasi, maka pembahasan tentang draft tersebut tidak disampaikan.

Riset aksi adalah sebuah pendekatan lunak SSM (*soft system methodology*) dimana peneliti menjadi anggota tim perencana di tingkatan manajen site. Pendekatan ini efektif dalam membangun sistem berpikir secara terfokus, adaptif

dan partisipatif (Checkland dan Haynes 1994; Hjorth dan Bagheri 2006; Bala *et al.* 2018; Dalkin *et al.* 2018; Wu *et al.* 2021; Françozo *et al.* 2022), sehingga dapat dihasilkan 9 alternatif untuk unit sample RTH dan 4 alternatif untuk unit sample NEL, disajikan pada halaman lampiran 8 dan 9.

Tabel 42 Tiga alternatif rencana pemanfaatan lahan, nilai luaran dan skor keberlanjutan di dua unit sampel

Uraian	satuan	Ratah Timber Holding			Nusantara Ekosistem Lestari		
		BAU	E	H	BAU	C	D
<b>Hasil hutan kayu (HHK)</b>							
Kelola hutan alam		66,805	55,063	55,063	-	-	-
Kelola HA intensif	ha	-	11,742	11,742	-	-	9,782
Hutan tanaman		-	11,668	10,054	-	-	-
<b>Hasil hutan bukan kayu (HHBK)</b>							
Komoditas A		-	416	416	-	3,453	3,453
Komoditas B	ha	-	-	679	-	-	-
Komoditas C		-	-	472	-	-	-
<b>HHBK Non Tumbuhan</b>							
Peternakan		-	-	400	-	-	-
Perikanan	ha	-	-	63	-	-	-
<b>Jasa Lingkungan</b>							
Simpanan karbon		-	-	-	40,257	35,862	26,080
Pemanfaatan air		-	-	-	-	942	942
KL & litbang	ha	9,992	9,992	9,992	<sup>1</sup> 40,257	<sup>1</sup> 36,804	<sup>1</sup> 27,022
Keterlanjuran & tidak diusahakan		16,626	4,544	4,544	-	-	-
<b>Kriteria teknis</b>							
Optimasi pemanfaatan lahan <sup>2</sup>	%	71,02	83,86	83,86	99,73	99,73	99,73
Total sediaan HHK <sup>3</sup>	Juta m <sup>3</sup>	5,08	21,52	19,94	-	0,24	3,52
Total sediaan HHBK Pangan <sup>3</sup>	ribu ton	-	-	495,01		192,93	192,93
Total sediaan HHBK Non Pangan <sup>3</sup>	ribu ton	-	7,08	178,04		-	-
<i>Total karbon diperdagangkan</i>	Juta ton	-	-	-	2,97	5,37	3,87
<i>Total air diperdagangkan</i>	Juta lit	-	-	-	-	15,34	15,34
<b>Kriteria sosial</b>							
Serapan tenagakerja <sup>2</sup>	Orang	213	419	837	31	357	433
Kontribusi pajak, provisi dan CSR <sup>4</sup>	Rp miliar	69,81	379,49	404,59	9,41	131,53	212,89
<b>Kriteria Ekonomi</b>							
Investasi bersih <sup>5</sup>	Rp miliar	43,03	96,95	89,80	1,91	24,36	28,54
Jangka pengembalian modal	Tahun	1,99	1,96	2,25	1,05	3,75	3,54
NPV <sup>6</sup>	Rp miliar	298,81	1.144,41	1.549,77	19,52	437,54	511,74
BCR <sup>6</sup>	-	1,39	1,77	1,72	1,47	1,92	1,77
IRR <sup>6</sup>	%	80,66	77,04	77,92	123,46	59,58	60,00
<b>Kriteria Ekologi</b>							
Total simpanan karbon <sup>6</sup>	Juta ton	6,31	9,70	9,64	5,98	8,29	7,20
Tutupan tajuk <sup>6</sup>	%	32,76	55,74	55,25	64,16	60,87	63,91
Total Pemanfaatan air <sup>3</sup>	Juta lit	0,14	0,22	42,09	0,01	25,32	25,32
<b>Skor keberlanjutan</b>		(0,6812)	0,1838	0,3729	(0,4227)	0,0318	0,3227

Sumber : hasil pengolahan data. Keterangan: <sup>1</sup> kelola jasa lingkungan adalah bagian dari kawasan lindung, <sup>2</sup> rata-rata hingga tahun ke-50, <sup>3</sup> total akumulasi selama 50 tahun waktu analisis, <sup>4</sup> total akumulasi nilai sekarang (didiskonto) kontribusi selama 50 tahun waktu analisis, <sup>5</sup> total akumulasi nilai sekarang (didiskonto) investasi bersih hingga tahun ke-t pengembalian modal, <sup>6</sup> nilai manfaat pada tahun ke-50

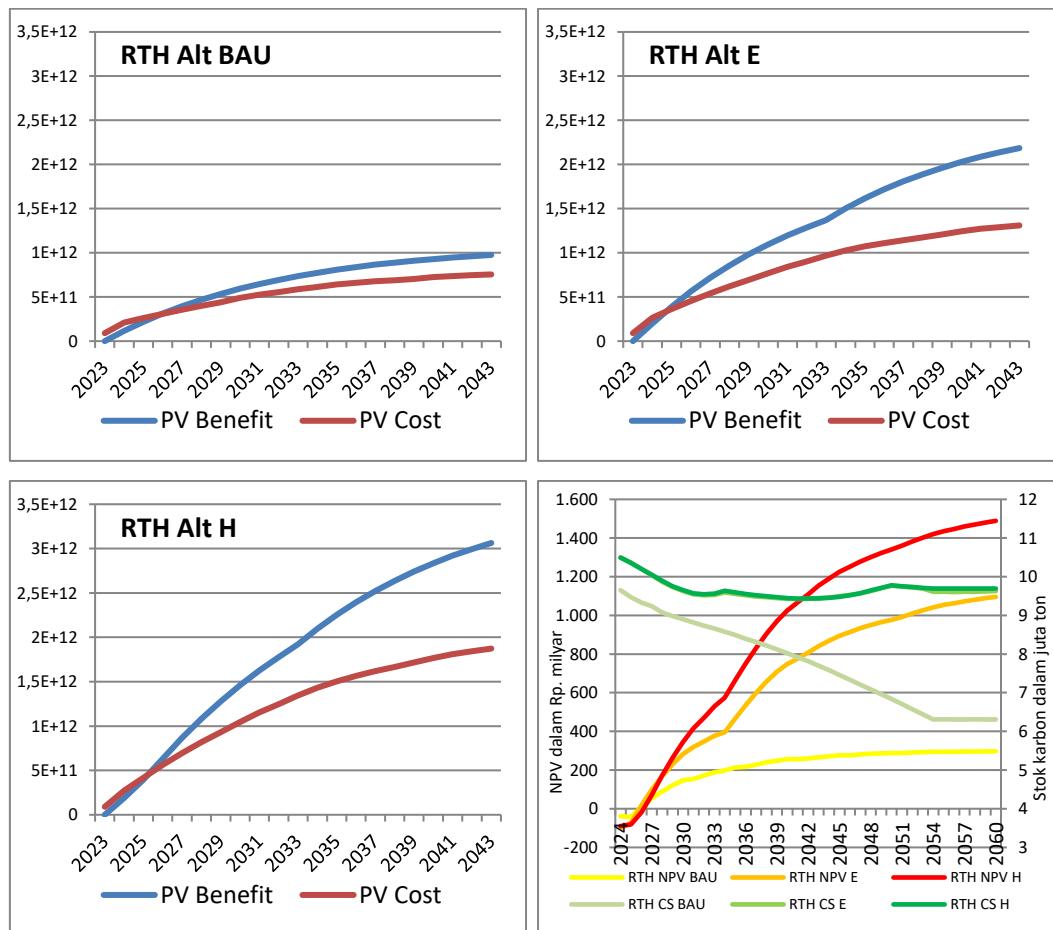
Sembilan alternatif di unit sample RTH terdiri dari 1 alternatif BAU (A), 4 alternatif untuk memenuhi preferensi awal (B s.d E), dan 4 alternatif pengayaan preferensi dengan jenis usaha potensial lainnya (F s.d I). Berdasarkan hasil analisis dan proses pengambilan keputusan di tingkat manajemen unit, alternatif H direkomendasikan sebagai alternatif yang dipilih untuk diajukan, dengan alternatif E, F dan G sebagai alternatif pendamping (cadangan). Sementara itu, 4 alternatif diunit sampel NEL terdiri dari 1 alternatif BAU dengan asumsi semua kawasan dalam kelola jasa lingkungan penyimpanan karbon, alternatif B memenuhi preferensi awal serta alternatif C dan D memenuhi preferensi dan potensi jasa pemanfaatan air dan kelola hutan alam intensif (TPTJ). Dalam hal ini, alternatif D direkomendasikan sebagai alternatif yang dipilih untuk diajukan, dengan alternatif B dan C sebagai alternatif pendamping (cadangan). Pembahasan dipilih pada 3 alternatif seperti disajikan pada Tabel 42, yaitu BAU, preferensi dan pengayaan.

#### *8.3.2.1. Unit sampel PT Ratah Timber Holding (RTH)*

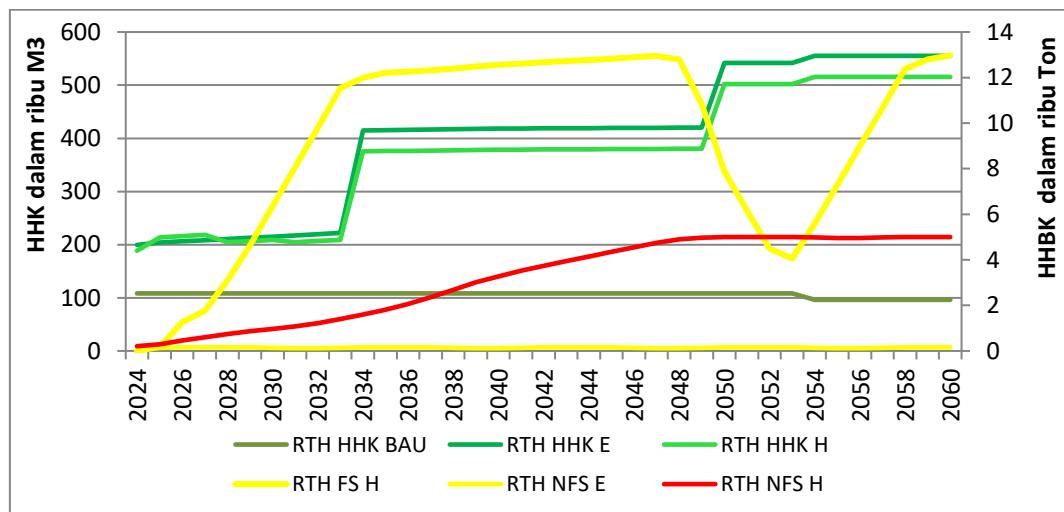
Kesempatan berusaha yang lebih terbuka memberikan peluang peningkatan luas penggunaan lahan di unit sampel RTH. Ketersediaan lahan sejumlah 12.084 ha, yang dalam tata kelola berjalan (BAU) tidak efektif dimanfaatkan menjadi dapat dimanfaatkan melalui pilihan usaha budidaya. Dalam kajian ini, dapat disusun 8 alternatif pola pemanfaatan lahan untuk budidaya, yang mana semua alternatif menghasilkan peningkatan sebesar 12,84%, dari sebelumnya 71,02% menjadi 83,86%. Dengan pertimbangan lokasi area dan target pasar serta kese-suaian lahan, jenis komoditas usaha potensial yang dipilih adalah komoditas kayu jabol, *citronell oil*, *cajuput oil* dan udang galah beku untuk pasar luar Kalimantan, serta gula merah, ternak dan ikan nila untuk pasar lokal Kalimantan Timur.

Investasi bersih yang dibutuhkan untuk revitalisasi usaha melalui alternatif E dengan 4 jenis usaha adalah sebesar Rp. 96,95 miliar, atau eqivalen dibutuhkan penambahan modal sebesar Rp. 53,92 miliar dari nilai investasi terhitung dalam alternatif BAU (Rp.43,03 miliar). Sementara untuk alternatif H dengan 4 jenis usaha, tambahan modal yang dibutuhkan adalah lebih kecil, yaitu sebesar Rp.46,77 miliar. Investasi tersebut meningkatkan aliran uang (*cashflow*) secara tajam dibanding BAU, baik pada alternatif E maupun H (Gambar 148), menghasilkan peningkatan nilai NPV hingga 382,98% dan 518,64% serta penguatan performa usaha lainnya (BCR dan IRR).

Secara keseluruhan, keputusan untuk merevitalisasi usaha dari BAU ke multi usaha kehutanan mendorong peningkatan peran dan performa usaha untuk semua kriteria dan indikator keberlanjutan pada semua alternatif MUK. Seperti pada contoh perbandingan BAU dengan alternatif E dan H pada Tabel 42, penyediaan hasil hutan kayu (HHK) meningkat dengan adanya penambahan tebangan jayu hasil *land clearing* pada awal usaha dan tebangan kayu hasil panen tanaman pada kelola TPTJ dan hutan tanaman (Gambar 153). Secara akumulatif 50 tahun waktu analisis, alternatif E dan H menghasilkan peningkatan produksi HHK hingga 423,62% dan 392,52. Nilai manfaat tambahan lainnya yang diperoleh adalah dalam hal penyediaan barang produksi baru berupa HHBK dengan jumlah produksi tahunan seperti disajikan pada Gambar 153, dimana secara akumulatif 50 tahun waktu analisis, penyediaan HHBK pangan (FS) pada alternatif E dan H adalah sebesar 7,08 ribu ton dan 178,04 ribu ton serta HHBK non pangan (NFS) sebesar 0 dan 495,1 ribu ton.



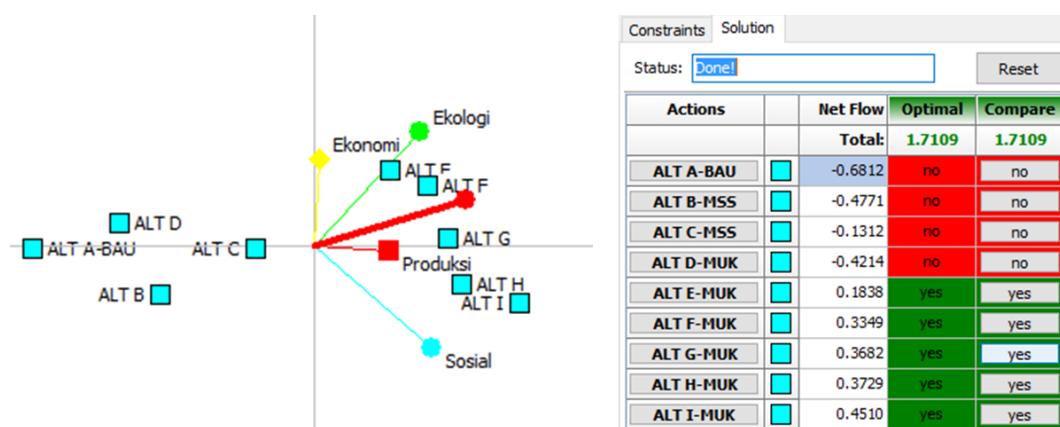
Gambar 153 Grafik akumulasi pendapatan dan biaya yang didiskonto serta grafik simpanan karbon dan NPV pada alternatif BAU, E dan H. Sumber: hasil analisis



Gambar 154 Grafik sediaan hasil produksi kayu tahunan (HHK), HHBK pangan (FS) dan HHBK non pangan (NFS) pada alternatif BAU, E dan H

Dalam kriteria ekologi, perumusan jenis usaha dan alternatif penggunaan lahan berdasarkan kesesuaian lahan sejak proses awal menjawab keraguan dalam diskursus MUK terkait lingkungan. Melalui keputusan bahwa budidaya hanya dilakukan di kluster hutan berpotensi rendah menghasilkan dampak peningkatan tutupan tajuk dan menahan laju penurunan simpanan karbon jika diperbandingkan dengan BAU (Gambar 148). Selanjutnya dalam kriteria sosial, revitalisasi usaha menuju tata kelola multi usaha kehutanan diproyeksikan meningkatkan kontribusi peran unit sample RTH dalam pembangunan. Pada contoh alternatif E dan H, peningkatan peran penyerapan tenaga kerja adalah sebesar 196,71% dan 392,96% serta sebesar 140,65% dan 149,95% untuk pembayaran pajak kepada Negara dan alokasi csr untuk pemberdayaan masyarakat sekitar.

Nilai manfaat dari seluruh kriteria dan indikator-indikator keberlanjutan menghasilkan total skor keberlajutan seperti disajikan pada Gambar 150 berikut.

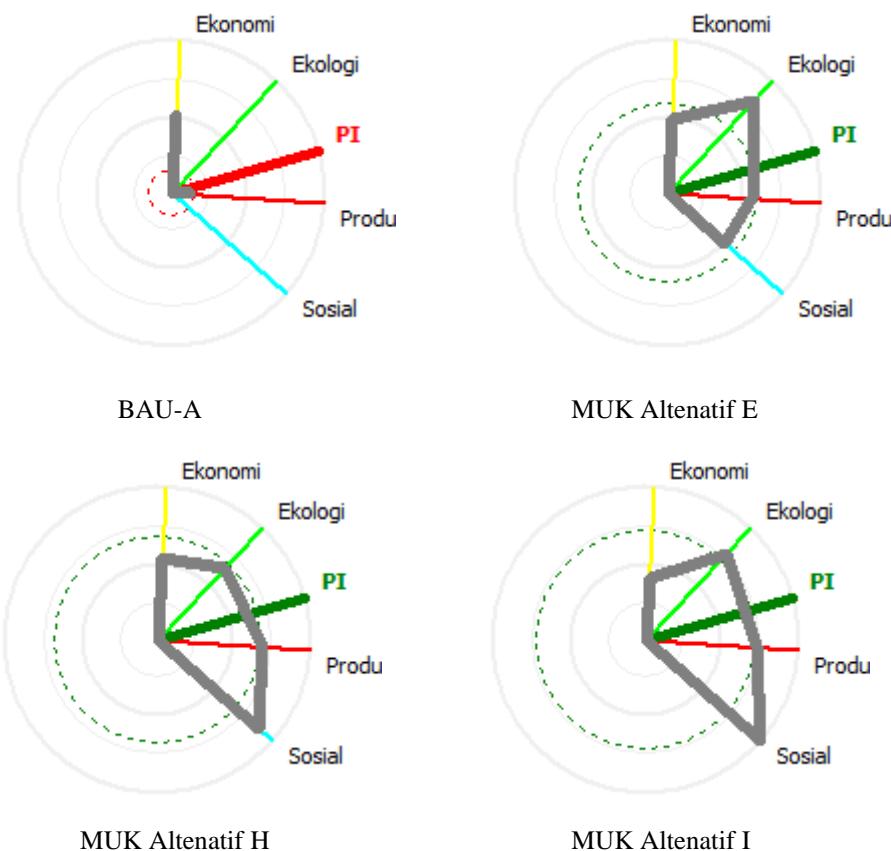


Gambar 155 Rekomendasi keputusan untuk 9 alternatif rencana penggunaan lahan  
Sumber: *display* pengolahan data melalui Promethee

Berdasarkan pengolahan datanya menggunakan perangkat lunak Promethee (*Preference Ranking Organization Methods for Enrichment Evaluation*), keputusan diarahkan untuk 5 alternatif, yaitu E, F, G, H dan I. Alternatif dengan skor tertinggi adalah alternatif I, namun tidak menjadi alternatif yang dipilih. Alternatif I terdiri dari 3 jenis usaha kelola HHK, 5 jenis usaha HHBK dan 1 jenis usaha jasa lingkungan (penyimpanan karbon, disediakan pada halaman lampiran 8). Berdasarkan analisis resikonya, semua jenis usaha memenuhi kelayakan usaha, kecuali unit usaha jasa penyimpanan karbon. Berdasarkan simulasinya dengan asumsi nilai jual karbon \$2, \$5 dan \$15 per ton, menghasilkan nilai luaran NPV yang negatif dan BCR<1, yaitu berturut-turut sebesar Rp. - 7,27 M dan 0,07; Rp. 6,62 M dan 0,17; dan Rp. - 4,45 M dan 0,46. Kelayakan yang negatif ini diantara disebabkan karena jumlah delta maksimum yang dihasilkan hanya sebesar 5.684 tonEqC. Berdasarkan tahapan-tahapan analisis tersebut, pengambilan keputusan jatuh pada alternatif H, yaitu alternatif multi usaha dengan 8 jenis usaha, dimana peran yang dipilih dalam penyimpanan karbon adalah peran non profit.

Seperti disajikan pada Gambar 151, sumbu keputusan untuk unit sampel RTH berada antara kriteria produktifitas dan ekologi. Ini menjelaskan bahwa pilihan-pilihan keputusan yang tepat dalam peningkatan produktifitas lahan akan

memperbaiki perfoma dan keberlajutan usaha. Berdasarkan jejaring sumbu keputusan pada alternatif BAU dapat diketahui bahwa bisnis berjalan merupakan *business as usual* yang benar-benar bertumpu pada orientasi ekonomi melalui kegiatan pemungutan HHK di alam dengan produktifitas rendah, sehingga tidak memberi peran dan kontribusi yang signifikan dalam perbaikan lingkungan dan pembangunan berkelanjutan.

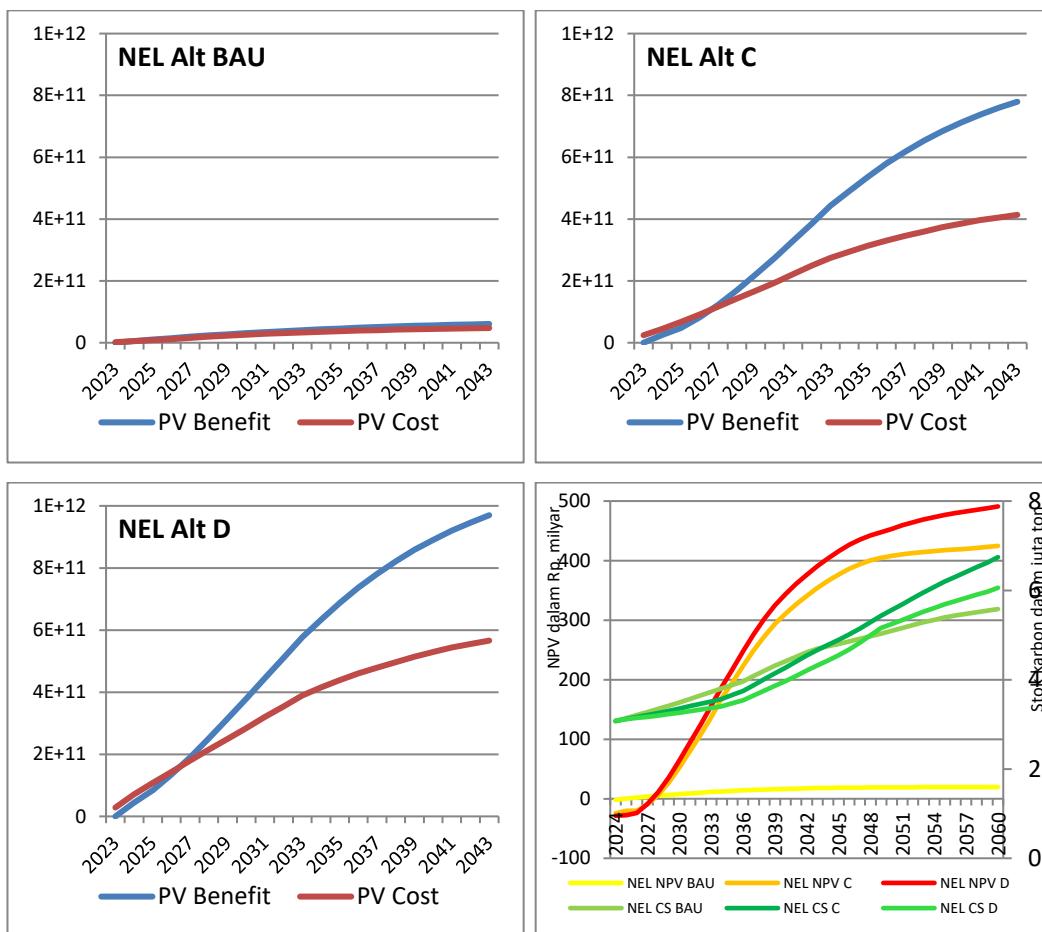


Gambar 156 Jejaring sumbu keputusan (GAIA-*Geometrical Analysis for Interactive Aid*) pada 4 alternatif di unit sampel RTH

#### 8.3.2.2. Unit sampel PT Nusantara Ekosisem Lestari (NEL)

Berdasarkan tipologinya, preferensi usaha yang terbangun di unit sample NEL terbatas pada 1 pilihan jenis usaha jasa lingkungan, terutama jasa penyimpanan karbon. Simulasi terhadap preferensi ini menghasilkan kelayakan usaha yang sangat memadai, dengan BCR yang baik (1,47), sangat aman (IRR:123,46%) dan jangka pengembalian modal yang sangat cepat (1,05 tahun). Dengan pertimbangan proyeksi cashflow yang hanya pada angka rata-rata Rp 1 miliar s.d Rp. 3 miliar serta kesesuaian lahan untuk budidaya dan potensi jasa pemanfaatan air yang tersedia membangun minat manajemen unit sample NEL menyusun alternatif baru tata kelola multi usaha kehutanan. Seperti disampaikan sebelumnya, terbangun 3 alternatif baru (B, C dan D) yang meng-kombinasikan pilihan-pilihan jenis usaha jasa lingkungan penyimpanan karbon, jasa pemanfaatan air, budidaya Kakao dan kelola hutan alam secara intensif (TPTJ). Rencana penggunaan lahan dan indikator-indikator keberlanjutannya secara lengkap disajikan pada halaman lampiran 9. Pembahasan khusus pada bab ini adalah pada alternatif yang dipilih

sebagai alternatif yang direkomendasikan dan alternatif pendamping/cadangan (C) serta proyeksi peningkatan nilai manfaat yang diperoleh dibanding BAU (preferensi awal).

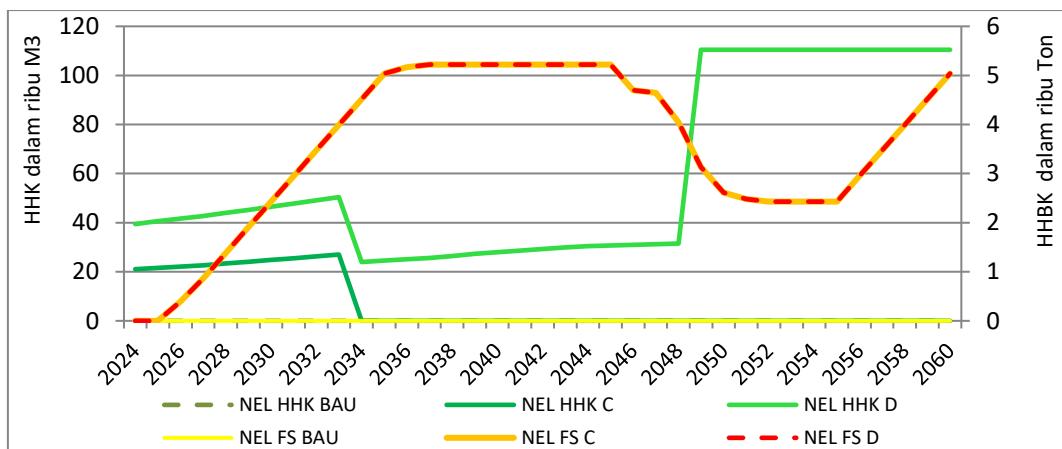


Gambar 157 Grafik akumulasi pendapatan dan biaya yang didiskonto serta grafik simpanan karbon dan NPV pada alternatif BAU, C dan D. Sumber: hasil analisis

Simulasi model menghasilkan proyeksi nilai investasi bersih yang dibutuhkan untuk alternatif BAU, C dan D adalah berturut-turut sebesar Rp. 1,91 miliar, Rp. 24,36 miliar dan Rp. 28,54 miliar. Seperti yang disajikan Gambar 152 dan 153, jumlah aliran uang (*cashflow*) pada alternatif BAU jauh lebih sedikit dibanding alternatif C dan D, yang jika diakumulasikan, alternatif C dan D meningkatkan nilai NPV sebesar 2.241,5% dan 2.621,6%. Jangka pengembalian modal, BCR dan IRR untuk alternatif C dan D adalah berturut-turut 3,75 tahun, 1,92 dan 59,58%; serta 3,54 tahun, 1,77 dan 60%. Peningkatan performa dalam kriteria ekonomi ini yang menambah kemampuan pemodal mengehasilkan keputusan jumlah tanaman pengayaan dan rehabilitasi yang berbeda dari BAU. Yaitu dari 25 tanaman menjadi 50 tan/ha untuk pengkayaan kluster berpotensi sedang dan dari 50 menjadi 100 tan/ha untuk rehabilitasi kluster berpotensi rendah dan sangat rendah. Jika asumsi ini digunakan pada kluster BAU menghasilkan kelayak usaha yang negatif. Keputusan-keputusan usaha pada alternatif C dan D tersebut menghasilkan proyeksi peningkatan simpanan karbon (CS). Sesuai grafik yang disajikan pada Gambar 157, penurunan simpanan karbon pada awal usaha akibat pembukaan lahan untuk

budidaya dapat dipulihkan, bahkan melewati simpanan karbon di alternatif BAU. Dari jumlah simpanan karbon tersebut, total akumulasi yang diperdagangkan dalam mekanisme PES adalah berturut-turut sebesar 2,97 juta tonEqC (BAU), 5,37 jutaEqC (alternatif C) dan 3,87jutaEqC (alternatif D)

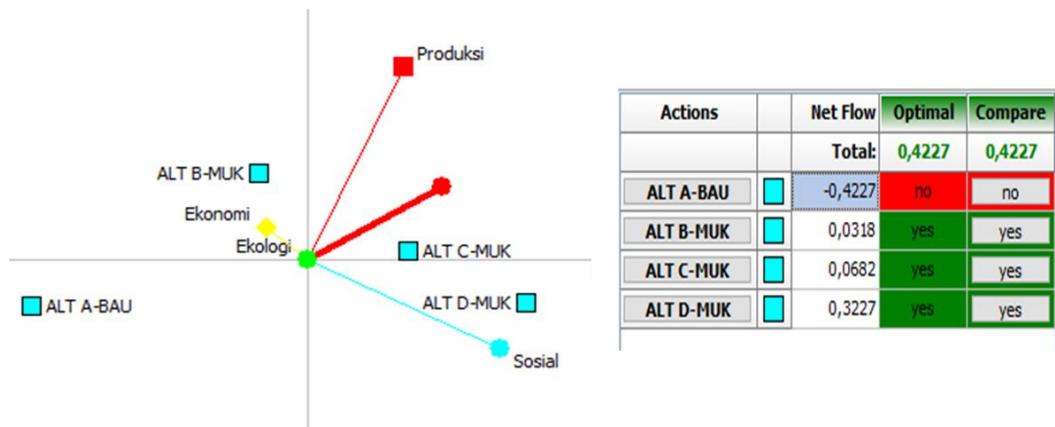
Seperti disajikan pada gambar 158, alternatif C menghasilkan produksi HHK yang diperoleh dari tebangan pembukaan lahan untuk budidaya Kakao selama 10 tahun awal pembukaan (10 kelas umur Kakao). Sementara alternatif D diperoleh dari tebangan pembukaan lahan, tebangan persiapan untuk unit kelola TPTJ serta mengalami peningkatan pada saat panen tanaman pada jalur. Secara akumulatif 50 tahun waktu analisis, penyediaan produksi HHK untuk alternatif C dan D adalah sebesar 0,24 juta m<sup>3</sup> dan 3,52 juta m<sup>3</sup>. Selanjutnya, dengan asumsi luas penggunaan lahan dan jenis yang sama (Kakao), produksi tahunan HHBK untuk alternatif C dan D yang menempel. Jumlah akumulai selama 50 tahun waktu analisis adalah 192,93 ribu ton biji Kakao kering. Sementara itu, jumlah air yang diperdagangkan selama 50 tahun analisis adalah 15,34 juta liter.



Gambar 158 Grafik sediaan hasil produksi kayu tahunan (HHK), HHBK pangan (FS) dan HHBK non pangan (NFS) pada alternatif BAU, C dan D

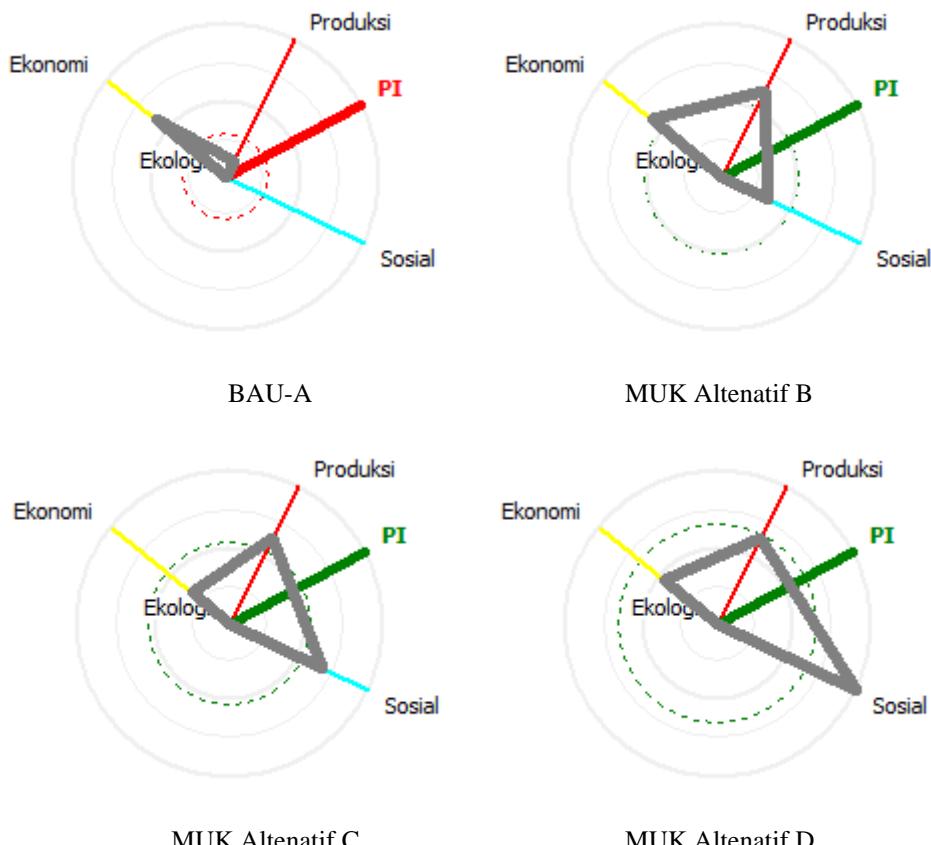
Peningkatan performa finansial, selain menghasilkan keputusan penambahan tanaman pengayaan dan rehabilitasi, juga menghasilkan kemampuan peningkatan alokasi dana pemberdayaan dari asumsi 1% pada BAU menjadi 10% dalam skema kemitraan pada alternatif C dan D. Keputusan penting tersebut menghasilkan peningkatan kontribusi pajak dan pemberdayaan masyarakat dengan proyeksi sebesar 1.937,76% dan 2.262,38% disbanding alternatif BAU. Indikator social lainnya, alternatif C dan D juga menghasilkan peningkatan peran dalam penyerapan tenaga kerja sebesar 1.151,61% dan 1,396.77%.

Nilai manfaat dari seluruh kriteria dan indikator-indikator keberlanjutan menghasilkan total skor keberlanjutan seperti disajikan pada Gambar 159 berikut.



Gambar 159 Rekomendasi keputusan untuk 9 alternatif rencana penggunaan lahan  
Sumber: *display pengolahan data melalui Promethee*

Hasil analisis menggunakan perangkat lunak Promethee (*Preference Ranking Organization Methods for Enrichment Evaluation*) mengarahkan keputusan untuk menerima semua alternatif pengembangan melalui MUK. Dan seperti disampaikan sebelumnya, pengambilan keputusan merekomendasikan alternatif D. Berdasarkan pertimbangan tipologi lahan yang dominan bertopografi curam dan sangat curam, alternatif pendamping (C) diduga akan menjadi keputusan dalam pengambilan keputusan ditingkatkan regulator.



Gambar 160 Grafik sumbu keputusan (*GAIA-Geometrical Analysis for Interactive Aid*) pada 4 alternatif di unit sampel RTH

Seperti disajikan pada Gambar 160, sumbu keputusan untuk semua alternatif di unit sampel NEL berpusat pada kriteria ekologi. Hal ini disebabkan karena tipologinya yang berat dengan pilihan jenis usaha yang terbatas. Pengambilan keputusan perlu dirumuskan dengan kehati-hatian. Studi pada sample NEL ini menjelaskan fenomena bisnis jasa lingkungan berjalan pada beberapa tahun terakhir. Dengan kecukupan luas tertentu, bisnis ini menghasilkan kelayakan usaha yang memadai, namun bisa menjadi sebuah jebakan bisnis. Jejaring sumbu keputusan pada alternatif BAU menggambarkan bahwa tren bisnis yang mengusung tata kelola jasa lingkungan dengan 1 unit usaha benar-benar bertumpu pada orientasi ekonomi. Peran dan kontribusinya dalam pembangunan dan pemberdayaan masyarakat sangat rendah sehingga menjadi sangat rentan. Mengkombinasikan tata kelola jasa lingkungan dengan peluang-peluang usaha lainnya adalah satu keputusan usaha yang lebih dapat memenuhi kriteria pembangunan keberlanjutan.

### *8.3.3 Strategi implementasi multi usaha kehutanan secara Nasional*

Strategi memuat cara mengubah praktik tata kelola melalui pertimbangan yang cermat tentang faktor-faktor penentu, termasuk peran aktor dan kekuasaan yang mempengaruhi pencapaian manfaat yang akan diperoleh (Ivančić 2013; Proctor *et al.* 2013; Cândido dan Santos 2015; Fernandez *et al.* 2019; Bartley *et al.* 2022; Gagnon *et al.* 2022). Hingga tahap ini, peran dan indikator tujuan keberlanjutan yang dilengkapi dengan model dan teknik pengambilan keputusan multi usaha kehutanan di unit kawasan PBPH (perizinana berusaha pemanfaatan hutan) telah disediakan. Uji implementasi di dua unit sampel PBPH menghasilkan kesimpulan bahwa kebijakan multi usaha kehutanan dapat meningkatkan produktifitas lahan dan performa usaha serta peningkatan peran dan kontribusi usaha dalam pembangunan dan perbaikan lingkungan. Bagian akhir dari rangkaian penelitian ini adalah untuk memberi uraian dan pembahasan tentang strategi implementasi Multi Usaha Kehutanan secara Nasional.

#### *8.3.3.1. Skenario implementasi*

Seperti disajikan pada Gambar 158, alokasi hutan untuk keperluan produksi adalah 68,8 juta ha dari 125,9 juta ha alokasi hutan nasional (Ministry of Agricultural 1982; BPS-Statistics Indonesia 2020a). Pada tahun 1993, luas hutan produksi yang dikelola melalui izin pemanfaatan usaha adalah 61,78 M ha, kemudian mengalami penurunan hingga hanya 30,58 M ha yang dikelola pada tahun 2022. Dari jumlah tersebut, hanya 24,19 juta ha yang masih aktif melaksanakan izin yang diperoleh, sedangkan 6,39 ha ditangguhkan dan sebesar 38,22 juta ha tidak dikelola.

Mengulang pembahasan sebelumnya, dua situasi masalah dalam tata kelola sektor kehutanan dan pertanian adalah bahwa produksi kayu Indonesia dalam tata kelola berjalan pada tahun 2011-2023 hanya pada kisaran 36,6-61 juta m<sup>3</sup>/tahun, jauh dari target proyeksi produksi kayu yang ditetapkan dalam Rencana Kehutanan Tingkat Nasional (BPS-Statistics Indonesia 2016; BPS-Statistics Indonesia 2018; BPS-Statistics Indonesia 2019; MoEF 2019b; BPS-Statistics Indonesia 2020b). Di sektor pertanian, Indonesia merupakan negara pengimpor besar pada komoditas beras, jagung dan kedelai (Permadi 2015; FAO 2020; Malik dan Nainggolan 2020).

Selain juga merupakan negara importir gandum terbesar, Indonesia juga mengimpor gula dan kentang(FAO 2020). Kondisi-kondisi demikian menempatkan Indonesia dalam kerawanan pangan tinggi dan ketahanan pangan yang rendah (Susilastuti 2017; Izraelov dan Silber 2019; EIU 2021).



Gambar 161 Peta hutan Indonesia dan penggunaan lainnya pada tahun 2023

Strategi implementasi MUK dibangun dalam 3 skenario penggunaan lahan dalam 3 periode waktu tahun mulai implementasi, disajikan pada Tabel 42. Proyeksi manfaat disimulasikan dengan perangkat kodel SM-MUK dengan teknik berjenjang.

Tabel 43 Tiga alternatif skenario berdasarkan luan penggunaan lahan

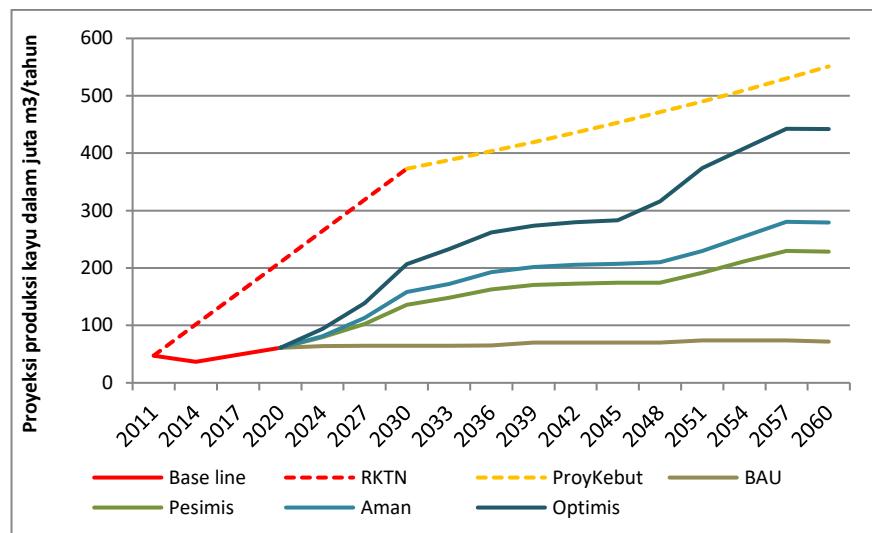
Uraian	Luas (juta ha)	Skenario & target luas implementasi MUK (% & juta ha)								
		Pesimis			Aman			Optimis		
		2024	2027	2030	2024	2027	2030	2024	2027	2030
Konsesi aktif	24.19	5%	5%	5%	5%	10%	10%	10%	15%	15%
		1.21	1.21	1.21	1.21	2.42	2.42	2.42	3.63	3.63
Konsesi tidak aktif	6.39	10%	20%	20%	20%	40%	40%	20%	40%	40%
		0.64	1.28	1.28	1.28	2.56	2.56	1.28	2.56	2.56
Tanpa kelola	38.22	5%	10%	10%	5%	10%	10%	10%	15%	15%
		1.91	3.82	3.82	1.91	3.82	3.82	3.82	5.73	5.73
Target konsesi baru		12.75			15.95			21.68		
Total target implementasi		16.38			21.99			31.35		

Perumusan asumsi adalah sebagai berikut:

- Fungsi tujuan menyelaraskan dengan target pemerintah Indonesia menjadi Negara berpendapatan tinggi pada 2045 dengan mendorong pertumbuhan

ekonomi, strategi tata kelola yang efektif, dan pembangunan beremisi rendah. Kontribusi peran sektor kehutanan diprediksi melalui peningkatan kinerja pengelolaan hutan produksi untuk menghasilkan produk kayu dan produk pangan dan HHBK lainnya serta manfaat ekonomi, sosial dan ekologi (Foley *et al.* 2011; Tilman *et al.* 2011; Fanelli 2019; Sahara *et al.* 2022).

- b. Berdasarkan angka proyeksi deforestasi (55 juta ha) dan ambang luas minimum hutan yang harus dipertahankan sebesar 58 juta ha, dengan asumsi alokasi hutan produksi dalam persentase yang sama (50-60%), maka luas optimis implementasi MUK adalah 31,35 juta ha. Berdasarkan performa penggunaan lahan (Tabel 42) berjalan, yang diperkaya dengan hasil analisis kelembagaan yang disampaikan pada Bab V, asumsi aman yang digunakan adalah pada luas 21,99 juta ha dan asumsi pesimis pada luas 16,38 juta ha. Skenario pesimis dapat didefinisikan jika upaya perbaikan tata kelola tidak didukung dengan diskresi dan insentif (lihat Bab V) dan BAU adalah jika inisiatif strategi implementasi gagal (Cândido dan Santos 2015).
- c. Dengan target waktu pencapaian pada tahun 2045, maka tahun mulai mendorong implementasi adalah pada tahun 2024 s.d 2030, yang dikelompokkan dalam 3 skenario pembagian waktu (2024, 2027 dan 2030). Proyeksi disajikan hingga tahun 2060, pembulatan dari angka tahun 2057 dalam analisis EKC.
- d. Tipologi lahan adalah angka rata-rata data tipologi dua unit sampel dan empat unit kawasan lainnya (Suryanto dan Wahyuni 2016; Suryanto dan Sayektiningsih 2020), dimana asumsi sebaran kesesuaian lahan menurut kelompok unit kelola adalah kelola hutan alam dengan ketersediaan 35,8%, kelola hutan alam intensif dengan ketersediaan 28,2%, kelola budidaya dengan ketersediaan 25,5% dan sebesar 10,5% sebagai kawasan lindung dan atau tidak efektif dikelola. Asumsi usaha jasa lingkungan tidak digunakan. Berdasarkan analisis pada sub bab sebelumnya, pilihan jenis kelola jasa lingkungan menghasilkan kontribusi kecil dalam pembangunan berkelanjutan. Namun demikian, proyeksi simpanan karbon tetap terhitung sebagai simpanan karbon tersimpan dari semua jenis pilihan jenis kelola.
- e. Luas penggunaan lahan pada luas ketersediaan lahan untuk kelola budidaya adalah sebesar 70% untuk kelola hutan tanaman, 20% kelola HHBK, 6% kelola hortikultura, dan 4% pengelolaan budidaya non tanaman (peternakan dan perikanan).
- f. Komoditas yang dibudidayakan pada hutan tanaman meliputi tiga kelompok jenis, yaitu 75% tanaman siklus pendek (4-6 tahun), 15% tanaman siklus menengah (10-15 tahun), dan 10% tanaman siklus panjang (25-30 tahun).
- g. Jenis komoditas yang dibudidayakan dalam unit kelola HHBK dan hortikultura terdiri dari 6 kelompok jenis tanaman pangan utama dan tanaman popular lainnya, antara lain tebu (bahan baku gula), jagung (bahan baku jagung), singkong (bahan baku tapioka), kentang, kedelai, gaharu, minyak atsiri, karet, dan 2 kombinasi buah-buahan dengan persentase yang sama.



Gambar 162 Dampak penerapan MUK di Indonesia dalam penyediaan hasil hutan kayu

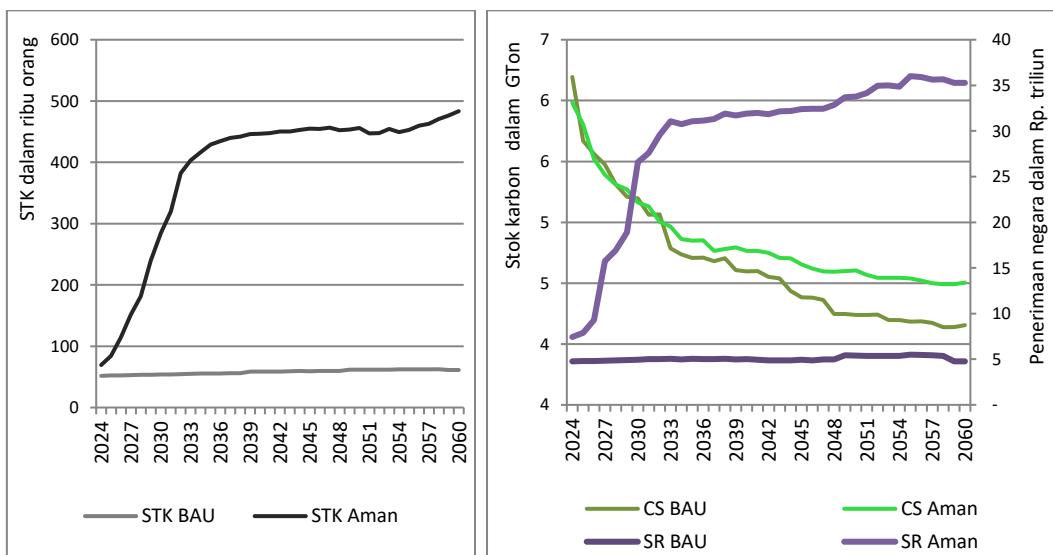
Seperti disajikan pada Gambar 163, simulasi menghasilkan proyeksi produksi kayu akan stagnan di bawah 75 juta m<sup>3</sup> per tahun jika tata kelola terus berjalan seperti saat ini (Gambar 163 dan Tabel 44), sehingga memperlebar kesenjangan antara target produksi kayu yang ditetapkan dalam Rencana Kehutanan Tingkat Nasional dan proyeksi permintaan kayu akibat pertumbuhan penduduk.

Tabel 44 Proyeksi manfaat penerapan multi usaha kehutanan di Indonesia

Uraian	Skenario BAU					Skenario Aman				
	2024	2027	2030	2045	2060	2024	2027	2030	2045	2060
Produksi kayu (Juta m <sup>3</sup> )	64.09	64.34	64.56	69.84	71.71	81.23	138.46	206.49	207.31	279.37
Serapan tenaga kerja (orang)	51,614	53,046	53,832	59,399	61,295	71,778	182,371	364,567	585,524	618,661
Produksi HHBK Pangan (Juta Ton)						0.73	4.34	10.58	19.36	16.88
Produksi HHBK Non Pangan (Juta Ton)						0.01	0.05	0.15	0.27	0.20
Penerimaan negara (Rp. Triliun)	4.77	4.84	4.95	4.95	4.77	7.43	15.75	26.57	32.39	35.27
Stok karbon (Giga ton)	6.19	5.48	5.20	4.38	4.16	5.98	5.39	5.16	4.66	4.51
Kebutuhan investasi tambahan (Rp. Triliun; didiskonto)						15.24	19.95	14.37		

Jika inisiatif strategi implementasi pada skenario aman dengan luas implementasi MUK berhasil mendorong penerapan MUK pada luas 21,99 juta ha hingga tahun 2030, maka pada tahun 2045 diproyeksikan terjadi peningkatan produksi kayu sebesar 296,8% dibandingkan BAU. Peningkatan produksi kayu pada skenario MUK diperoleh dari tambahan produksi dari unit kelola hutan tanaman baru dan peningkatan produktivitas lahan melalui penanaman pengayaan pada unit usaha hutan alam yang intensif. Penambahan produksi kayu pada awal implementasi diperoleh dari kegiatan pembukaan jalur tanaman dan lahan pada unit usaha hutan alam intensif dan pembukaan lahan pada unit usaha budidaya. Hilangnya sebagian tegakan pada kedua kegiatan tersebut mengakibatkan

penurunan tutupan dan cadangan karbon pada tahun-tahun awal implementasi namun kemudian dapat pulih atau bahkan meningkatkan jumlah tutupan dan cadangan karbon seiring dengan tumbuhnya tegakan baru tersebut. Seperti disajikan pada Gambar 160 dan Tabel 43, implementasi MUK melalui skenario aman meningkatkan hilangnya stok karbon pada tahap awal penerapan. Namun kemudian menjadi unit yang menyumbang tambahan stok karbon (Power 2010), sehingga secara agregat penerapan MUK akan menahan penurunan stok karbon yang lebih dalam jika tata kelola masih BAU.



Gambar 163 Grafik peroleh manfat atas penerapan multi usaha kehutanan pada skrenario aman dan BAU terhadap serapan tenaga kerja (STK), stok karbon tersimpang (CS) dan penerimaan negara ()

Dari perspektif ketahanan pangan, penerapan MUK menghasilkan peran tambahan melalui penyediaan pangan dalam tata kelola hutan produksi sesuai dengan jenis dan skenario yang dipilih (Wang *et al.* 2019). Pada contoh analisa ini, skenario aman memberikan kontribusi terhadap penyediaan pangan sebesar 19,36 Juta ton pada tahun 2045. Lebih lanjut, dari sisi Penciptaan Lapangan Kerja, penerapan MUK membuka peluang usaha yang lebih terbuka dengan peningkatan kebutuhan tenaga kerja dan lapangan kerja serta penerimaan negara dari sektor bidang kehutanan. Tambahan peran tersebut diperoleh dari peningkatan penyerapan tenaga kerja sebesar 985,7% dan penerimaan negara sebesar 654,3% dibandingkan BAU. Total nilai investasi pada skenario aman ini diproyeksikan sebesar Rp 49,56 triliun. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dapat menjadikan proyeksi nilai investasi ini dalam penyusunan kebijakan percepatan implementasi, baik sebagai dasar penentuan skenario dan target pencapaian maupun sebagai angka patokan (*baseline*) terkait mekanisme insentif atau penyertaan modal (Vergarechea *et al.* 2023).

#### **8.4 Kesimpulan**

Penerapan kebijakan Multi Usaha Kehutanan di Indonesia menawarkan solusi menarik untuk mengatasi tantangan tata kelola hutan dan ketahanan pangan. Pendekatan yang mengintegrasikan berbagai aspek kehutanan, seperti produksi kayu, produksi pangan, dan jasa lingkungan, dapat meningkatkan kinerja sektor kehutanan secara signifikan, meningkatkan pendapatan nasional, meningkatkan produksi pangan, dan mendukung konservasi lingkungan. Hal ini menggarisbawahi perlunya strategi holistik untuk mengatasi permasalahan yang ada, sehingga penting bagi pembuat kebijakan dan praktisi di Indonesia untuk mempertimbangkan dan menerapkan MUK. Hal ini juga memberikan jalan bagi penelitian lebih lanjut dalam bidang ini dalam skala global, dengan menekankan pentingnya model inovatif dalam bagai tata kelola kehutanan berkelanjutan dan ketahanan pangan di seluruh dunia.

## IX PEMBAHASAN UMUM

. Kerangka pikir penelitian ini mengait pada nawa cita Indonesia Maju yang disampaikan dalam pidato pelantikan Presiden tanggal 20 Oktober 2019 dengan penetapan target peningkatan pendapatan per kapita hingga \$22.000/orang/tahun pada tahun 2045. Arahan tersebut ditindak-lanjuti dengan regulasi Undang-Undang No. 11 Tahun 2020 Jo Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 tentang Cipta Kerja (UUCK). Semangat dari Undang-undang Cipta kerja adalah membuka kesempatan berusaha dan mendorong minat investasi semua sektor, termasuk sektor Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK). Kesempatan ini merupakan momentum sektor LHK dalam kepengurusannya oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) untuk meningkatkan peran dan kontribusinya dalam pembangunan Nasional, yang selama 3 dekade terakhir dalam tren penurunan drastis hingga menyentuh angka 0,6% dalam PDB Nasional (BPS-Statistics Indonesia 2019; MoEF 2019b; BPS-Statistics Indonesia 2020a; BPS-Statistics Indonesia 2020b). Angka 0,6% menjadi isu sentral, dimana peran dan kontribusi yang rendah tersebut kontradiksi dengan luas wilayah kepengurusan KLHK yang sangat luas, yaitu sebesar 64,1% dari 191,9 juta ha total luas daratan Indonesia. Isu ini sejalan dengan isu sentral pembangunan berkelanjutan lainnya, yaitu Ketahanan Pangan. Pada tahun 2021, ketahanan pangan Indonesia berada pada indeks 59,5, peringkat ke-65 dunia, mengalami defisit perdagangan pada 6 kelompok komoditas pangan (FAO 2020; Rum dan Rijoly 2020a; EIU 2021). Salah satu penyebabnya adalah karena alokasi luas lahan pertanian yang rendah untuk populasi yang tinggi, dimana rata-rata luas lahan pertanian per kapita Indonesia tidak lebih dari 0,19 ha/kap (MoA 2019; BPS-Statistics Indonesia 2020a; FAO 2020; MoA 2020). Dengan laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,31% per tahun maka ketahanan yang rendah tersebut berpotensi menjadi ancaman kerawanan pangan diwaktu akan datang (BPS-Statistics Indonesia 2020a). Dua isu sentral ini sekaligus menggambarkan konflik kepentingan dalam pemanfaatan lahan hutan berjalan dan nampaknya akan mewarnai tata kelola hutan Indonesia diwaktu akan datang, baik secara legal melalui regulasi pinjam pakai kawasan hutan, tanah objek reformasi agraria, perhutanan sosial dan pengalih-fungsian kawasan hutan, maupun secara illegal melalui perambahan dan klaim lahan (Santoso 2008; Gaveau *et al.* 2013; Maladi 2013; Riggs *et al.* 2016; Setiawan *et al.* 2017; Purnomo *et al.* 2020).

Multi usaha kehutanan adalah terobosan kebijakan KLHK yang dinarasikan dapat meningkatkan peran dan kontribusinya dalam pembangunan berkelanjutan, terutama pada dua isu sentral seperti diuraikan diatas. Produk hukum turunan dari UUCK yang menjadi payung hukum MUK diantaranya Peraturan Pemerintah no 5, 22 dan 23 tahun 2021 tentang perizinan berusaha berbasis resiko, penyeleng-garaan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup serta kehutanan, berikut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2021 (P.8/2021) tentang Tata Hutan dan Penyusunan Rencana Pengelolaan Hutan serta Pemanfaatan Hutan di Hutan Lindung dan Hutan Produksi. Pasal 1, 155 dan 156 serta lampiran P.8/2021 secara eksplisit membuka kesempatan berusaha untuk banyak jenis usaha (multi usaha), termasuk jenis dan komoditas usaha yang selama ini dikenal sebagai jenis dan komoditas usaha non sektor kehutanan, meliputi

komoditas-komoditas sektor pertanian, perkebunan, hortikultura, peternakan dan perikanan. Terobosan kebijakan tersebut membangun diskursus parapihak tentang manfaat dan resiko implementasi MUK. Kekuatiran kegagalan implementasi sejalan dengan kritik yang dikutip dari George Santayana, seorang filsuf berkebangsaan Spanyol bahwa “mereka yang tidak dapat mengingat masa lalu dikutuk untuk mengulanginya”. Kekuatiran terutama pada kompleksitas dalam implementasi. Kesempatan berusaha yang sangat terbuka untuk komoditas-komoditas kehutanan dan non kehutanan secara bersama untuk ruang implementasi di lahan hutan dengan keragaman tipologi yang tinggi menghasilkan kompleksitas tinggi, terutama dalam pengambilan keputusan jenis usaha berikut luas penggunaan lahan yang sesuai dengan daya dukung lahan, pasar dan persaingan usaha (Maladi 2013; Margono *et al.* 2014; Kremen 2015; Paul dan Knoke 2015; Noer 2016; Schmitz 2016; Szulecka *et al.* 2016; Tsujino *et al.* 2016; Kassa *et al.* 2017; Carlson *et al.* 2018; Phalan 2018; Sharma *et al.* 2018; Suwarno *et al.* 2018; Loconto *et al.* 2020; Martin *et al.* 2020; Miyamoto 2020; Shen *et al.* 2020). Dalam hal ini, kompleksitas tinggi selalu mengandung resiko tinggi, dimana jika keputusan yang diambil salah, maka dapat menyebabkan kerugian secara ekonomi/finansial, atau menimbulkan dampak negatif terhadap sosial dan lingkungan atau kombinasi ketiganya (Lambin *et al.* 2011; Barrette *et al.* 2014; Bonny 2019).

Uraian kerangka berpikir tersebut menjelaskan bahwa pengambilan keputusan adalah kunci keberhasilan dalam investasi, yang kemudian menjadi kebutuhan utama dalam implementasi kebijakan multi usaha kehutanan. Penelitian ini menyediakan kebutuhan tersebut dalam bentuk perangkat model yang difungsikan sebagai alat bantu pengambilan keputusan. Perangkat model dibangun dengan mendefinisikan dan men-formulasikan isu-isu yang dinarasikan dalam diskursus secara komprehensif, detail dan efektif untuk memastikan pengambilan keputusan memiliki dan memenuhi tujuan pembangunan berkelan-jutan yang disepakati berdasarkan kriteria-kriteria yang terukur (Faber *et al.* 2005; Fauzi 2019). Tujuan pembangunan keberlanjutan tersebut kemudian menjadi inti dari mesin sistem yang dibangun dalam pemodelan, sekaligus menjadi judul disertasi.

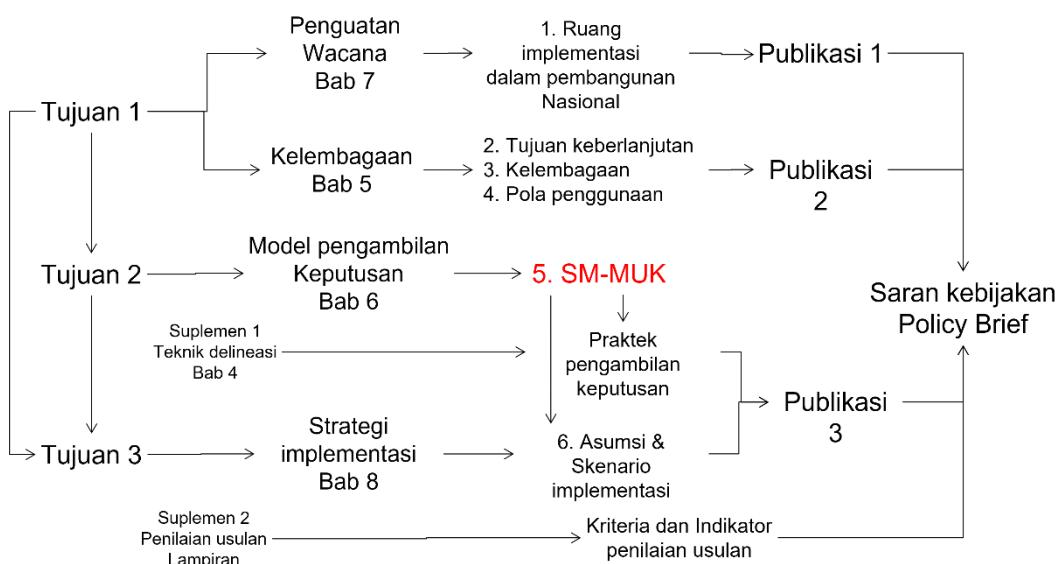
Gambar 164 menjelaskan keterhubungan antara kebutuhan dan penyediaan hasil penelitian secara komprehensif dalam 3 tujuan penelitian, yaitu penguatan wacana dan kelembagaan, penyediaan model pengambilan keputusan dan strategi implemetasi MUK secara Nasional. Penguatan wacana menjelaskan ruang implemetasi MUK dan memastikan manfaatnya dalam pembangunan berkelanjutan. Sementara itu, penguatan kelembagaan MUK menjelaskan 3 pertanyaan kunci dalam diskursus pembangunan berkelanjutan, yaitu a). apa yang menjadi objek keberlanjutan, b). tujuan keberlanjutan yang disepakati sebagai aturan main, apakah bersifat relative atau absolut terhadap kondisi masalah berjalan, dan c). peran dan interaksi parapihak dalam pencapaian tujuan keberlanjutan, apakah bersifat statis atau dinamis (Faber *et al.* 2005; Fadhil 2018; Fauzi 2019).



Gambar 164 Keterhubungan antara kebutuhan dan penyediaan hasil penelitian

Wacana multi usaha kehutanan (MUK) dimulai dengan memperoleh gambaran sejarah pengelolaan hutan di Indonesia sejak tahun 1953, dimana pada awalnya wacana multi usaha kehutanan telah menjadi alternatif yang dipilih di awal pengelolaan dengan penerapan teori *multipurpose forest* dalam tata kelola. Namun sejak tahun 1970, dimana Indonesia sebagai Negara baru saat itu, memilih narasi eksplorasi sebagai cara tata kelola hutan dalam wacana pembangunan Nasional berorientasi pertumbuhan ekonomi dan sentralistik. Narasi eksplorasi tetap mewarnai “cara dan budaya” tata kelola hingga dekade terakhir. Penguatan wacana disediakan dalam publikasi ilmiah ke-1 dengan judul “*Indonesia’s options in becoming a high-income country: Accelerating the turning point in deforestation?*” (doi: 10.1016/j.forpol.2022.102905). Penyajiannya dalam disertasi disediakan pada Bab 7. Menggunakan pendekatan (*Environment Kuznets’ Curve*), publikasi ini menginformasikan ruang implementasi MUK dalam mendukung pencapaian Indonesia Maju 2045 melalui skenario-skenario perbaikan tata kelola lahan dan pertumbuhan ekonomi untuk menghasilkan proyeksi luas lahan tersedia sebagai objek keberlanjutan (Ivančić 2013; Proctor *et al.* 2013; Cândido dan Santos 2015; Sahide *et al.* 2015; Sukwika *et al.* 2016; Fernandez *et al.* 2019; Nurrochmat *et al.* 2020; Rahmani *et al.* 2021; Bartley *et al.* 2022; Gagnon *et al.* 2022). Dalam hal ini dijelaskan bahwa target Indonesia menjadi negara berpendapatan tinggi pada tahun 2045 akan tercapai, namun dengan pendapatan per kapita sekitar US\$15.000. Melalui perbaikan tata kelola hutan, dimana MUK menjadi bagian dari strategi, deforestasi net-zero atau titik balik EKC dapat didekati pada tahun 2057, dengan pendapatan perkapita sebesar US\$D40.000 dan total hilangnya hutan sekitar 55 juta ha. Dengan skenario BAU dimana perbaikan tata kelola tidak dilakukan, jumlah

pendapatan perkapita yang sama akan terjadi sepuluh tahun kemudian (2067). Proyeksi deforestasi tersebut digunakan sebagai input penyusunan skenario-skenario target luas penggunaan lahan dalam strategi implementasi MUK secara Nasional. Penguatan wacana juga disajikan dalam proyeksi perolehan manfaat implementasi dibanding tata kelola berjalan (BAU) di unit manajemen PBPH. Dalam hal ini, implementasi MUK menghasilkan peningkatan kinerja ekonomi/finansial, dengan proyeksi 382% s.d 2241% pada indikator NPV, peningkatan kinerja sosial dengan proyeksi 196% s.d 1395% pada indikator penyerapan tenaga kerja dan peningkatan kinerja ekologi melalui perbaikan lingkungan pada indikator total simpanan karbon yang lebih tinggi dibanding BAU. Proyeksi-proyeksi manfaat di unit manajemen ini menjadi bagian dari publikasi ke-3 dan penyajiannya dalam disertasi disediakan pada Bab 8.



Gambar 165 Struktur penyajian hasil penelitian dan rekomendasi

Seperti disajikan pada Gambar 165, penelitian disertasi ini menghasilkan 6 luaran / rekomendasi yang dirangkum dalam 1 saran kebijakan (*policy brief*). Luaran-luaran memiliki keterhubungan dan kerangka berpikir sistem terhadap kondisi eksisten, permasalahan, urgensi dan tantangan dalam implementasi. Dari aspek kelembagaan, indikator tujuan pembangunan berkeberlanjutan berikut peran dan interaksi para pihak dalam pencapaian tujuan keberlanjutan MUK disediakan pada Bab 5 dan publikasi ilmiah ke-2 dengan judul "*Defining the Objectives and Roles of Indonesian Production Forest Governance through the Multi-business Forestry Policy Narrative*" (<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1266/1/012030>). Sorotan khusus (*highlight*) sebagai rekomendasi adalah *diskresi*, yaitu diperlukannya kemudahan-kemudahan dalam mendorong implementasi, termasuk dalam proses sinkronisasi dan klaim kinerja sektor lain dalam kebijakan MUK. Sejauh ini kesepakatan tata guna lahan telah membentuk norma yang secara rigid membatasi ruang penggunaan lahan untuk masing-masing sektor. Implementasi MUK yang membawa perubahan paradigma penggunaan lahan yang menyediakan peluang baru bagi sektor lain memerlukan sinkronisasi tentang "bagaimana cara ikut serta dan cara klaim kinerja". Hal ini diperlukan mengingat setiap pemangku kepentingan terikat pada wilayah kerja dan indikator

kinerja yang berbeda-beda. Disamping itu, implementasi MUK nampaknya juga akan bersaing dengan kesempatan berusaha lainnya, seperti pinjam pakai kawasan hutan, perhutanan sosial, tanah objek reformasi agraria dan pelepasan kawasan hutan serta pilihan untuk melanjutkan sisa izin usaha lama yang masih berorientasi kayu. Masing-masing memiliki kekuatan hukum dan kepastian berusaha, sehingga demikian, diskresi juga diperlukan untuk menstimulasi minat investasi MUK dengan kehati-hatian agar MUK tidak menjadi bisnis tanpa adanya jenis usaha sektor kehutanan itu sendiri. Selain berhasil didefinisikan 11 aktor berperan penting dalam pencapaian 10 indikator keberlanjutan, *landsparing* (blok/petak) direkomendasi sebagai bentuk/model penggunaan lahan dalam implementasi MUK, seperti disediakan pada Gambar 37 dan 38, Bab V halaman 64. Model/pola penggunaan lahan ini lebih efektif, dimana *land sharing* (tumpangsari) menjadi opsi yang lebih bersifat teknikal dalam praktek *landsparing* (Kangas *et al.* 2005; Corona dan Marchetti 2007; Simončič dan Bončina 2015; Nölte *et al.* 2018).

Dengan keragaman kondisi tipologi dan fragmentasi yang tinggi, direkomendasikan bahwa keputusan-keputusan luas dan distribusi penggunaan lahan sebaiknya bersifat dinamis yang disesuaikan dengan ketersediaan dan kesesuaian lahannya, sementara itu, pencapaian tujuan keberlanjutan bersifat relatif pada alternatif terbaik yang memenuhi preferensi usaha dan kriteria keberlanjutan. Kedinamisan dan kerelatifan juga melekat pada praktek delineasi blok/petak pemanfaatan berdasarkan ketersediaan dan kesesuaian lahan untuk pilihan jenis/komoditas usaha tertentu. Praktek delineasi ini menjadi bagian dari analisis spasial, yang didekati dengan metode penjumlahan nilai skoring potensi awal tegakan hutan (PATH) dan topografi, yang kemudian dianalisis lebih lanjut untuk memperoleh luas bersih lahan tersedia paska penapisan kawasan lindung, esensial, lahan keterlanjuran, dan alokasi lahan untuk penelitian dan pengembangan, perlindungan budaya dan lain-lain. Praktek delineasi ini menjadi kelengkapan penting (suplemen) dalam implementasi MUK. Karena tidak menjadi bagian dalam penelitian disertasi ini, praktek delineasi ini disediakan dalam bentuk contoh praktek di dua unit sampel penelitian seperti disajikan pada Bab 4. Penelitian lebih lanjut tentang teknik delineasi ini diperlukan.

Perangkat model yang kemudian dinamakan Super model multi usaha kehutanan (SM-MUK) merupakan kontribusi penting dalam penelitian ini. SM-MUK dibangun melalui pendekatan sistem dinamik yang dibangun menggunakan perangkat lunak Stella. SM-MUK merupakan *core* dari pengembangan berpikir sistem dari keseluruhan proses penelitian melalui pengumpulan data dari berbagai sumber, seperti analisis wacana, riset aksi, diskusi pakar, dan studi literatur, untuk mengidentifikasi variabel dan hubungan antar variabel dalam sistem secara komprehensif dan detail. Diagram hubungan kausal (*CLD-causal loop diagrams*) digunakan untuk mengilustrasikan hubungan sebab akibat antara faktor-faktor yang memengaruhi penggunaan lahan, jenis usaha, variabel-variabel keputusan terkait 5 M tata kelola (*method, material, machine, man, money*) dan pencapaian tujuan keberlanjutan. Selanjutnya, formulasi model dilakukan dengan mengonversi konsep CLD ke dalam variabel-variabel kuantitatif yang konkret, memilih satuan variabel terkecil, dan menghubungkannya dengan indikator tujuan keberlanjutan. SM-MUK dilengkapi dengan analisis sensitivitas untuk menguji respons model

terhadap ketidakpastian data input, dilengkapi dengan sistem manajemen data yang baik untuk menyaring data sampah dan memastikan kualitas data input. Berdasarkan uji validitasnya, SM-MUK adalah valid dengan simpangan rata-rata kesalahan sebesar 6,4% berdasarkan variabel sampel yang diuji. Selanjutnya, uji reliabilitas SM-MUK dilakukan melalui 10 tahapan (*item*) penilaian dalam mengukur peningkatan kemampuan 5 orang pengguna dalam praktek dan simulasi penyusunan rencana dan pengambilan keputusan usaha menggunakan SM-MUK. Hasil uji menghasilkan nilai *cronbach alpha* 91,21%, yang menjelaskan bahwa SM-MUK tidak hanya dapat digunakan sebagai alat bantu pengambilan keputusan, tetapi juga sebagai alat pembelajaran yang efektif dalam mengurai kompleksitas pilihan usaha menjadi suatu keputusan usaha yang terukur dan ter-verifikasi. Dengan demikian, model ini memberikan kerangka kerja yang kokoh untuk mendukung pengambilan keputusan yang berkelanjutan dalam implementasi MUK.

Pendefinisian dan fomulasi model diuraikan pada Bab 6, dimana penggunaannya dalam riset aksi penyusunan rencana multi usaha di dua unit sample PBPH serta strategi implementasi di tingkat Nasional disajikan secara bersama di publikasi ilmiah k-3 dengan judul “*Why Multi Business Forestry is needed to overcome the low performance of forestry governance and food security in Indonesia*” Berdasarkan uraian sebelumnya, asumsi-asumsi yang digunakan dalam scenario implementasi bersumber dari data-data luaran analisis wacana, kelembagaan dan riset aksi. Ruang implementasi dibangun dalam 3 skenario yang diperbandingkan dengan bisnis berjalan (BAU, tanpa implementasi MUK), yaitu pesimis, moderate dan optimis dengan asumsi luas penggunaan lahan dalam implementasi MUK berturut-turut sebesar 16,38 juta ha, 21,99 juta ha dan 31,35 juta ha. Implementasi dilaksanakan secara bertahap dalam 3 periode waktu tahun mulai pelaksanaan (2024, 2027, 2030). Berikut asumsi asumsi logis lainnya, implementasi MUK menghasilkan peningkatan kinerja sektor kehutanan secara signifikan, meningkatkan pendapatan nasional, meningkatkan produksi pangan, dan mendukung konservasi lingkungan. Salah satu luaran penting dalam strategi implementasi yang disediakan adalah proyeksi nilai investasi. Pada skenario moderate, nilai investasi diproyeksikan sebesar Rp 49,56 triliun. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan sebagai regulator dapat menggunakan proyeksi nilai investasi tersebut sebagai acuan dalam penyusunan kebijakan percepatan implementasi, baik sebagai dasar penentuan skenario dan target pencapaian maupun sebagai angka patokan (*baseline*) terkait mekanisme insentif atau penyertaan modal dan diskresi. Indikator awal keberhasilan implementasi MUK adalah meningkatnya minat investasi melalui usulan-usulan revitalisasi izin usaha berjalan menjadi MUK maupun pengusulan izin baru MUK. Dokumen disertasi ini dilengkapi juga dengan draft kriteria dan indikator penilaian usulan multi usaha kehutanan yang disajikan pada halaman lampiran 13, yang disusun bersama pakar dan praktisi. Karena sifatnya sebagai pengaya informasi (suplemen) dan bukan menjadi bagian dari tujuan disertasi, maka pembahasan tentang draft tersebut tidak disampaikan. Penelitian lebih lanjut disarankan untuk dilakukan terkait kriteria dan indikator penilaian usulan tersebut.

## X SIMPULAN DAN SARAN

### 10.1 Simpulan

Multi Usaha Kehutanan (MUK) merupakan kebijakan strategis dalam meningkatkan kinerja sektor kehutanan dan berperan dalam peningkatan ketahanan pangan Indonesia. Implementasi di level unit manajemen dan Nasional memiliki kompleksitas tinggi dari aspek kelembagaan maupun teknis pengambilan keputusan. Melalui pengembangan kerangka berpikir sistem yang komprehensif dan detail, penelitian merekomendasikan strategi implementasi MUK yang dilengkapi dengan penguatan wacana dan kelembagaan serta penyediaan alat bantu pengambilan keputusan multiusaha kehutanan berkelanjutan yang handal dan valid.

Kesimpulan secara khusus pada masig-masing tujuan penelitian adalah:

- a. Kebijakan multi usaha kehutanan (MUK) memerlukan diskresi untuk menstimulasi implementasi, namun kehati-hatian diperlukan untuk tidak mendorong MUK menjadi bisnis kehutanan tanpa adanya jenis usaha kehutanan itu sendiri. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan sebagai stakeholder kunci perlu menyiapkan norma, standard, prosedur dan kegiatan terkait isu-isu utama yang diperbincangkan. Yaitu terkait sinkronisasi penetapan dan klaim kinerja, insentif dan disinsentif maupun diskresi, afirmasi, komitmen dan kapabilitas serta perubahan kultur dan peningkatan kapasitas. Penelitian ini merekomendasi sepuluh indikator tujuan keberlanjutan MUK, yaitu optimasi pemanfaatan lahan, penyedian hasil hutan kayu, penyediaan hasil hutan kayu berupa pangan dan non pangan, penyerapan tenaga kerja, investasi dan kelayakan usaha serta aspek lingkungan terkait keanekaragaman hayati, perubahan iklim serta konservasi tanah dan air.
- b. Kompleksitas dalam pengambilan keputusan multi usaha kehutanan dapat diurai melalui pendekatan 5M tata kelola sumberdaya lahan, meliputi *method* (metode/teknik), *material* (bahan, bangunan dan hasil produksi), *man* (tenaga kerja), *machine* (alat dan kendaraan) dan *money* (uang). Ketersediaan dan kesesuaian lahan sebagai titik awal (*node*) menjadi variabel pembatas yang terhubung dengan pilihan-pilihan keputusan metode budidaya tertentu (*method*) yang menimbulkan beban kerja. Pendefinisian beban kerja sesuai distribusi tahapan kerjanya per satuan waktu tertentu berhubungan dengan target penyelesaian pekerjaan melalui variabel prestasi kerja orang, alat, kendaraan, bahan dan material untuk menghasilkan barang produksi tertentu. Melalui variabel satuan harga maka variabel-variabel pembiayaan, pendapatan serta variabel finansial dapat didefinisikan. Pendefinisian-pendefinisian tersebut diformulasikan dalam 11 sub model dan 280 sektor model sebagai mesin sistem.
- c. Untuk kemudahan dalam penggunaannya oleh pengguna (*user friendly*), model disajikan secara sistematis melalui 17 layar antarmuka (interface), meliputi 1 layar pembuka, 8 layar utama dan 8 layar tambahan. Layar pembuka memuat tombol-tombol keterangan dan navigasi menuju layar utama sesuai daftar isi. Secara keseluruhan, model menghimpun 4.764 variabel keputusan, yang ruang data input keputusannya disediakan pada layar utama dalam bentuk 22 tabel, 9

*slider*, dan 1 *knob*. Sedangkan data luaran disajikan pada layar utama dan tambahan dalam bentuk 167 tabel, 49 grafik, dan 48 data baris. Model dibangun dalam komprehensif yang tinggi namun detail dan efisien sehingga kemudian dinamakan dengan supermodel multi usaha kehutanan (SM-MUK). Walaupun terkesan gemuk, perangkat model SM-MUK adalah tangguh (*reliable*) dengan nilai *cronbach alpha* sebesar 91,21% dan valid dengan simpangan rata-rata kesalahan hanya sebesar 6,4%. Disamping itu, selain efisien sebagai alat bantu pengambilan keputusan, SM-MUK juga efisien sebagai alat bantu pemahaman dan pembelajaran dalam penyusunan rencana multi usaha kehutanan.

- d. Penerapan kebijakan Multi Usaha Kehutanan di Indonesia menawarkan solusi menarik untuk mengatasi tantangan tata kelola hutan dan ketahanan pangan. Penelitian ini merekomendasikan strategi implemendasi MUK dalam 3 periode waktu tahun mulai implemetasi (2024, 2027 dan 2030) dalam 3 skenario target luas penggunaan lahan. Strategi implementasi ini mengoptimasi penggunaan lahan untuk memperoleh peningkatan kinerja yang signifikan dalam penyediaan hasil hutan kayu, penyediaan HHBK pangan dan non pangan, dan jasa lingkungan serta penyerapan tenaga kerja, meningkatkan pendapatan nasional, dan perbaikan lingkungan. Jika skenario moderate (aman) dipilih sebagai strategi implementasi dengan penetapan target implementasi hingga 21,99 juta ha, nilai investasi untuk scenario ini dipro-yeksikan sebesar Rp 49,56 triliun. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan sebagai regulator dapat menggunakan proyeksi nilai investasi tersebut sebagai acuan dalam penyusunan kebijakan percepatan implementasi, baik sebagai dasar penentuan skenario dan target pencapaian maupun sebagai angka patokan (*baseline*) terkait mekanisme insentif atau penyertaan modal dan diskresi. Hal ini menggaris-bawahi perlunya strategi holistik untuk mengatasi permasalahan yang ada, sehingga penting bagi pembuat kebijakan dan praktisi di Indonesia untuk mempertimbangkan dan menerapkan MUK.

## 10.2 Saran

Perangkat model SM-MUK dapat digunakan secara luas untuk pilihan jenis usaha pemungutan hasil hutan kayu melalui sistem silvikultur hutan alam, jasa lingkungan serta banyak jenis usaha budidaya, baik HHBK, hortikultura, ternak dan budidaya perikanan darat. Dengan kemampuan luas tersebut, model secara sengaja tidak dibangun untuk digunakan sebagai alat bantu pengambilan keputusan usaha untuk jenis usaha pemungutan HHBK dari hutan alam, seperti rotan, lebah madu, tumbuhan obat, gaharu alam, dan jenis-jenis subsisten lainnya. Peluang penelitian untuk jenis usaha tersebut terbuka, namun perlu mempertimbangkan sifat subsistensinya dalam kehidupan sosial masyarakat disekitr hutan.

Penelitian ini menyediakan dua suplemen sebagai pelengkap kebutuhan implementasi MUK, yaitu teknik delineasi blok/petak dan kriteria dan indikator penilaian usulan multi usaha kehutanan. Dua suplemen tersebut dihasilkan berdasarkan catatan-catatan selama riset aksi, dimana tidak dilakukan pembahasan mendalam

tentang dua kebutuhan tersebut. Dua kebutuhan tersebut mempengaruhi keberhasilan implementasi kebijakan MUK, sehingga penelitian yang lebih spesifik dapat dilakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adalina Y, Nurrochmat DR, Darusman D, Sundawati L. 2014. Harvesting of non-timber forest products by the local communities in mount halimun-salak National Park, West Java, Indonesia. *J. Manaj. Hutan Trop.* 20(2).doi:10.7226/jtfm.20.2.103.
- Adebayo TS. 2021. Testing the EKC Hypothesis in Indonesia : Empirical Evidence from the ARDL-Based Bounds and Wavelet Coherence Approaches. *Appl. Econ. J.* 28(June).
- Ali A, Chen HYH, You WH, Yan ER. 2019. Multiple abiotic and biotic drivers of aboveground biomass shift with forest stratum. *For. Ecol. Manage.* 436.doi:10.1016/j.foreco.2019.01.007.
- Ali A, Yan ER. 2017. The forest strata-dependent relationship between biodiversity and aboveground biomass within a subtropical forest. *For. Ecol. Manage.* 401.doi:10.1016/j.foreco.2017.06.056.
- Ali A, Yan ER. 2018. The mediation roles of intraspecific and interspecific functional trait diversity for linking the response of aboveground biomass to species richness across forest strata in a subtropical forest. *Ecol. Indic.* 85.doi:10.1016/j.ecolind.2017.10.057.
- Amirrudin M, Nasution K, Supahar S. 2020. Effect of Variability on Cronbach Alpha Reliability in Research Practice. *J. Mat. Stat. dan Komputasi.* 17(2).doi:10.20956/jmsk.v17i2.11655.
- Andrianto A, Komarudin H, Pacheco P. 2019. Expansion of oil palm plantations in Indonesia's frontier: Problems of Externalities and the Future of Local and Indigenous Communities. *Land.* 8(4).doi:10.3390/land8040056.
- Ardian HY, Azahari DH. 2020. Communication Strategy of Oil Palm Development Governance in Indonesia. *Anal. Kebijak. Pertan.* 18(1).
- Azrifirwan. 2017. Pengembangan Model Desain Kemasan Minuman Ringan Berbasis Kansei Engineering. IPB University.
- Badan Ketahanan Pangan. 2020. Indeks Ketahanan Pangan Indonesia 2019 (Food Security Index of Indonesia 2019). *Food Secur. Bur. Repub. Indones.*
- Baja S. 2012. *Perencanaan Tata Guna Lahan dalam Pengembangan Wilayah.*
- Bala BK, Arshad FM, Noh KM. 2018. *System Dynamics: Modelling and Simulation.*
- Barbrook-Johnson P, Penn AS. 2022. Causal Loop Diagrams. Di dalam: *Systems Mapping*. Springer International Publishing. hlm. 47–59.
- Barrette M, Leblanc M, Thiffault N, Paquette A, Lavoie L, Belanger L, Bujold F, Cote L, Lamoureux J, Schneider R, et al. 2014. Issues and solutions for the intensive forestry plantations in a context of ecosystem management. *For. Chron.* 90(6):732–747.
- Bartley L, Metz A, Fleming WO. 2022. What implementation strategies are relational? Using Relational Theory to explore the ERIC implementation strategies. *Front. Heal. Serv.* 2.doi:10.3389/frhs.2022.913585.

- Bassi L, McMurrer D. 2005. Developing measurement systems for managing in the knowledge era. *Organ. Dyn.* 34(2).doi:10.1016/j.orgdyn.2005.03.007.
- Behzadian M, Kazemzadeh RB, Albadvi A, Aghdasi M. 2010. PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *Eur. J. Oper. Res.* 200(1).doi:10.1016/j.ejor.2009.01.021.
- Bengston DN. 1994. Changing forest values and ecosystem management. *Soc. Nat. Resour.* 7(6):515–533.doi:10.1080/08941929409380885.
- Berenguer E, Ferreira J, Gardner TA, Aragão LEOC, De Camargo PB, Cerri CE, Durigan M, De Oliveira RC, Vieira ICG, Barlow J. 2014. A large-scale field assessment of carbon stocks in human-modified tropical forests. *Glob. Chang. Biol.* 20(12).doi:10.1111/gcb.12627.
- Berliani K, Alikodra HS, Masy'Ud B, Kusrini MD. 2018. Food preference of Sumatran elephant (*Elephas maximus sumatranus*) to commodity crops in human-elephant conflict area of Aceh, Indonesia. Di dalam: *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1116.
- Bhatti MA, Xi LC, Lin Y. 2006. Modeling and simulation of dynamic systems. *J. Appl. Sci.* 6(4).doi:10.3923/jas.2006.950.954.
- Le Blanc D. 2015. Towards Integration at Last? The Sustainable Development Goals as a Network of Targets. *Sustain. Dev.* 23(3).doi:10.1002/sd.1582.
- de Blécourt M, Brumme R, Xu J, Corre MD, Veldkamp E. 2013. Soil Carbon Stocks Decrease following Conversion of Secondary Forests to Rubber (*Hevea brasiliensis*) Plantations. *PLoS One.* 8(7).doi:10.1371/journal.pone.0069357.
- Blicharska M, Angelstam P, Giessen L, Hilszczański J, Hermanowicz E, Holeksa J, Jacobsen JB, Jaroszewicz B, Konczal A, Konieczny A, et al. 2020. Between biodiversity conservation and sustainable forest management – A multidisciplinary assessment of the emblematic Białowieża Forest case. *Biol. Conserv.* 248.doi:10.1016/j.biocon.2020.108614.
- Bonny S. 2019. Ecologically intensive agriculture: Nature and challenges. *Cah. Agric.* 20(6).doi:10.1684/agr.2011.0526.
- Borgonovo E, Pangallo M, Rivkin J, Rizzo L, Siggelkow N. 2022. Sensitivity analysis of agent-based models: a new protocol. *Comput. Math. Organ. Theory.* 28(1).doi:10.1007/s10588-021-09358-5.
- BPS-Statistics Indonesia. 2016. *Statistics Of Forestry Production 2015*. Subdirektorate of Forestry Statistics, editor. Jakarta; Indonesia: Badan Pusat Statistik (BPS – Statistics Indonesia), Jakarta, Indonesia.
- BPS-Statistics Indonesia. 2017. *Direktori Perusahaan Kehutanan 2017*. Sub-Directorate of Forestry Statistics, editor. Badan Pusat Statistik (BPS – Statistics Indonesia), Jakarta, Indonesia.
- BPS-Statistics Indonesia. 2018. *Statistics Of Forestry Production 2017*. Subdirektorate of Forestry Statistics, editor. Jakarta; Indonesia: Badan Pusat Statistik (BPS – Statistics Indonesia), Jakarta, Indonesia.
- BPS-Statistics Indonesia. 2019. *Statistics Of Forestry Production 2019*. Subdirektorat Statistik Kehutanan, editor. Jakarta; Indonesia: Badan Pusat Statistik (BPS – Statistics Indonesia), Jakarta, Indonesia.

- BPS-Statistics Indonesia. 2020a. *Statistical Yearbook of Indonesia 2020*. Sub-directorate of Statistical Compilation and Publication, editor. Jakarta; Indonesia: © Badan Pusat Statistik/BPS-Statistics Indonesia.
- BPS-Statistics Indonesia. 2020b. *Statistics Of Forestry Production 2020*. Subdirektorat Statistik Kehutanan, editor. Jakarta; Indonesia: Badan Pusat Statistik (BPS – Statistics Indonesia), Jakarta, Indonesia.
- Brunner PH, Rechberger H. 2015. Waste to energy - key element for sustainable waste management. *Waste Manag.* 37.doi:10.1016/j.wasman.2014.02.003.
- Cândido CJF, Santos SP. 2015. Strategy implementation: What is the failure rate? *J. Manag. Organ.* 21(2).doi:10.1017/jmo.2014.77.
- Capri W, Dhian Cahyati D, Hasanah M, Prasongko D, Prasetyo W. 2021. Kajian Korupsi sebagai Proses Sosial: Melacak Korupsi di Sektor Sumber Daya Alam di Indonesia. *INTEGRITAS.* 7(1).doi:10.32697/integritas.v7i1.730.
- Carlson KM, Heilmayr R, Gibbs HK, Noojipady P, Burns DN, Morton DC, Walker NF, Paoli GD, Kremen C. 2018. Effect of oil palm sustainability certification on deforestation and fire in Indonesia. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 115(1).doi:10.1073/pnas.1704728114.
- CBD. 2020. Biodiversity Facts: Status and trends of biodiversity, including benefits from biodiversity and ecosystem services. *CBD Inf. - Conv. Biol. Divers.* [diunduh 2021 Mar 1]. Tersedia pada: <https://www.cbd.int/countries/?country=id>
- Cederborg J, Snobohm S. 2016. Is There A Relationship between Economic Growth and Carbon Dioxide Emissions? *J. Sports Sci.* 36(15).
- Chaplin-Kramer R, Ramler I, Sharp R, Haddad NM, Gerber JS, West PC, Mandle L, Engstrom P, Baccini A, Sim S, et al. 2015. Degradation in carbon stocks near tropical forest edges. *Nat. Commun.* 6.doi:10.1038/ncomms10158.
- Checkland PB, Haynes MG. 1994. Varieties of systems thinking: The case of soft systems methodology. *Syst. Dyn. Rev.* 10(2–3).doi:10.1002/sdr.4260100207.
- Cisneros E, Kis-Katos K, Nuryartono N. 2021. Palm oil and the politics of deforestation in Indonesia. *J. Environ. Econ. Manage.* 108.doi:10.1016/j.jeem.2021.102453.
- Corona P. 2010. Integration of forest mapping and inventory to support forest management. *IForest.* 3(MAY):59–64.doi:10.3832/ifor0531-003.
- Corona P, Marchetti M. 2007. Outlining multi-purpose forest inventories to assess the ecosystem approach in forestry. *Plant Biosyst.* 141(2).doi:10.1080/11263500701401836.
- de Costa WAJM, Suranga HR. 2012. Estimation of carbon stocks in the forest plantations of Sri Lanka. *J. Natl. Sci. Found. Sri Lanka.* 40(1).doi:10.4038/jnsfsr.v40i1.4166.
- Dalkin S, Lhussier M, Williams L, Burton CR, Rycroft-Malone J. 2018. Exploring the use of Soft Systems Methodology with realist approaches: A novel way to map programme complexity and develop and refine programme theory. *Evaluation.* 24(1).doi:10.1177/1356389017749036.
- Davelaar D. 2021. Transformation for sustainability: a deep leverage points approach. *Sustain. Sci.* 16(3).doi:10.1007/s11625-020-00872-0.

- Dhirasasna N, Sahin O. 2019. A multi-methodology approach to creating a causal loop diagram. *Systems*. 7(3).doi:10.3390/systems7030042.
- Draper FC, Costa FRC, Arellano G, Phillips OL, Duque A, Macía MJ, ter Steege H, Asner GP, Berenguer E, Schietti J, et al. 2021. Amazon tree dominance across forest strata. *Nat. Ecol. Evol.* 5(6).doi:10.1038/s41559-021-01418-y.
- Duffy C, Toth GG, Hagan RPO, McKeown PC, Rahman SA, Widyaningsih Y, Sunderland TCH, Spillane C. 2021. Agroforestry contributions to smallholder farmer food security in Indonesia. *Agrofor. Syst.* 95(6).doi:10.1007/s10457-021-00632-8.
- Duncan AJ, Lukuyu B, Mutoni G, Lema Z, Fraval S. 2023. Supporting participatory livestock feed improvement using the Feed Assessment Tool (FEAST). *Agron. Sustain. Dev.* 43(2).doi:10.1007/s13593-023-00886-9.
- Dunn WN. 2003. Pengantar Analisis Kebijakan Publik Edisi Kedua. *Gadjah Mada Univ. Press*.
- EIU. 2021. Global Food Security Index 2020; Addressing structural inequalities to build strong and sustainable food systems. London.
- Ekayani M, Nurrochmat DR, Darusman D. 2016. The role of scientists in forest fire media discourse and its potential influence for policy-agenda setting in Indonesia. *For. Policy Econ.* 68.doi:10.1016/j.forpol.2015.01.001.
- Engel S, Pagiola S, Wunder S. 2008. Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues. *Ecol. Econ.* 65(4).doi:10.1016/j.ecolecon.2008.03.011.
- Enrici A, Hubacek K. 2016. Business as usual in Indonesia: governance factors effecting the acceleration of the deforestation rate after the introduction of REDD+. *Energy, Ecol. Environ.* 1(4).doi:10.1007/s40974-016-0037-4.
- Erbaugh JT, Nurrochmat DR. 2019. Paradigm shift and business as usual through policy layering: Forest-related policy change in Indonesia (1999-2016). *Land use policy*. 86.doi:10.1016/j.landusepol.2019.04.021.
- Erlingsson C, Brysiewicz P. 2013. Orientation among multiple truths: An introduction to qualitative research. *African J. Emerg. Med.* 3(2).doi:10.1016/j.afjem.2012.04.005.
- Erlingsson C, Brysiewicz P. 2017. A hands-on guide to doing content analysis. *African J. Emerg. Med.* 7(3).doi:10.1016/j.afjem.2017.08.001.
- Faber N, Jorna R, Van Engelen J. 2005. The sustainability of “sustainability” - A study into the conceptual foundations of the notion of “sustainability.” *J. Environ. Assess. Policy Manag.* 7(1).doi:10.1142/S1464333205001955.
- Fadhil R. 2018. Strategi Pengembangan Kelembagaan Agroindustri Kopi Gayo. Institut Pertanian Bogor.
- Fanelli RM. 2019. The (un)sustainability of the land use practices and agricultural production in EU countries. *Int. J. Environ. Stud.* 76(2):273–294.doi:10.1080/00207233.2018.1560761.
- FAO - Food and Agriculture Organization, 2010. Global Forest Resources Assessment 2010. Terms and Definition. Forest Resources Assessment Programme Working paper 144/E. FAO, Rome.
- FAO. 2020. World Food and Agriculture - Statistical Yearbook 2020. Rome.

- Fauzi A. 2019. *Teknik analisis keberlanjutan*. Jakarta; Indonesia: Gramedia Pustaka Utama.
- Fearnside PM. 1997. Transmigration in Indonesia: Lessons from its environmental and social impacts. *Environ. Manage.* 21(4).doi:10.1007/s002679900049.
- Fernández CG, Pérez MR, Wunder S. 2008. Is multiple-use forest management widely implementable in the tropics? *For. Ecol. Manage.* 256(7):1468–1476.
- Fernandez ME, ten Hoor GA, van Lieshout S, Rodriguez SA, Beidas RS, Parcel G, Ruiter RAC, Markham CM, Kok G. 2019. Implementation mapping: Using intervention mapping to develop implementation strategies. *Front. Public Heal.* 7(JUN).doi:10.3389/fpubh.2019.00158.
- Fetoui M, Dhehibi B, Frija A, Sghaier A, Kassam SN, Aw-Hassan A, Abdeladhim MA, Sghaier M. 2020. Towards an innovative olive oil value chain: Options for inclusive development in south-eastern Tunisia. *New Medit.* 19(3).doi:10.30682/nm2003a.
- Foley JA, Ramankutty N, Brauman KA, Cassidy ES, Gerber JS, Johnston M, Mueller ND, O’Connell C, Ray DK, West PC, et al. 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature*. 478(7369).doi:10.1038/nature10452.
- Francis A, Thomas A. 2023. System dynamics modelling coupled with multi-criteria decision-making (MCDM) for sustainability-related policy analysis and decision-making in the built environment. *Smart Sustain. Built Environ.* 12(3).doi:10.1108/SASBE-09-2021-0156.
- Françozo R, Paucar-Caceres A, Belderrain MCN. 2022. Combining Value-Focused thinking and soft systems methodology: A systemic framework to structure the planning process at a special educational needs school in Brazil. *J. Oper. Res. Soc.* 73(5).doi:10.1080/01605682.2021.1880298.
- Fuglie KO. 2010. Sources of growth in Indonesian agriculture. *J. Product. Anal.* 33(3).doi:10.1007/s11123-009-0150-x.
- Gagnon B, Tanguay X, Amor B, Imbrogno AF. 2022. Forest Products and Circular Economy Strategies: A Canadian Perspective. *Energies*. 15(3).doi:10.3390/en15030673.
- Gardner TA, Benzie M, Börner J, Dawkins E, Fick S, Garrett R, Godar J, Grimard A, Lake S, Larsen RK, et al. 2019. Transparency and sustainability in global commodity supply chains. *World Dev.* 121.doi:10.1016/j.worlddev.2018.05.025.
- Gaveau DLA, Kshatriya M, Sheil D, Sloan S, Molidena E, Wijaya A, Wich S, Ancrenaz M, Hansen M, Broich M, et al. 2013. Reconciling Forest Conservation and Logging in Indonesian Borneo. *PLoS One*. 8(8).doi:10.1371/journal.pone.0069887.
- GFRA. 2020. Global Forest Resources Assessment 2020.
- Ghazouani A, Jebli M Ben, Shahzad U. 2021. Impacts of environmental taxes and technologies on greenhouse gas emissions: contextual evidence from leading emitter European countries. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 28(18).doi:10.1007/s11356-020-11911-9.

Global Forest Watch, 2020. How Does GFW Define Key Terms? Available at. <https://www.globalforestwatch.org/howto/faqs/faq-how-does-gfw-define-key-terms.html> (Accessed 06/11/2020).

Godar J, Suavet C, Gardner TA, Dawkins E, Meyfroidt P. 2016. Balancing detail and scale in assessing transparency to improve the governance of agricultural commodity supply chains. *Environ. Res. Lett.* 11(3).doi:10.1088/1748-9326/11/3/035015.

Godet M. 2006. Creating Futures: Scenarios Planning as a Strategic Management Tool. *Economica*.

GOI-Government of Indonesia. 1953. Peraturan Pemerintah Nomor 8 Tahun 1953 tentang Penggunaan Tanah-Tanah Negara. Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 14.

GOI. 1957. Peraturan Pemerintah Nomor 64 Tahun 1957 tentang Penyerahan sebagian dari Urusan Pemerintah Pusat di Lapangan Perikanan Laut, Kehutanan Dan Karet Rakyat Kepada Daerah-Daerah Swatantra Tingkat I. Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 64.

GOI. 1970. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 1970 tentang Hak Pengusahaan Hutan dan Hak Pemungutan Hasil Hutan. Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 31.

GOI. 1986. Keputusan Presiden No. 26 tahun 1986 tentang Ratifikasi ASEAN Agreement on the Conservation of Nature and Natural Resources. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1986 Nomor 43.

GOI. 1991. Keputusan Presiden No. 48 tahun 1991 tentang Ratifikasi Convention of Wetlands.

GOI. 1995. Keputusan Presiden No. 4 tahun 1995 tentang Ratifikasi International Tropical Timber Agreement.

GOI. 1998. Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 135 Tahun 1998 Tentang Pengesahan The United Nations Conventions To Combat Desertification In Those Countries Experiencing Serious Drought And/Or Desertification, Particularly In Africa. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1998 Nomor 134.

GOI. 1999a. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 1999 Tentang Pemanfaatan Jenis Tumbuhan Dan Satwa Liar. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1999 Nomor 15.

GOI. 1999b. Peraturan Pemerintah No. 7 tahun 1999 tentang Pengawetan Jenis Tumbuhan dan Satwa. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1999 Nomor 14.

GOI. 2021. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 32.

Gorey RM, Dobat DR. 1996. Managing in the Knowledge Era. *Syst. Thinker.* 7(8).

Goswami SS. 2020. Outranking Methods: Promethee i and Promethee II. *Found. Manag.* 12(1).doi:10.2478/fman-2020-0008.

Grant WE. 1998. Ecology and natural resource management: Reflections

from a systems perspective. *Ecol. Modell.* 108(1–3).doi:10.1016/S0304-3800(98)00019-2.

Di Gregorio M, Nurrochmat DR, Paavola J, Sari IM, Fatorelli L, Pramova E, Locatelli B, Brockhaus M, Kusumadewi SD. 2017. Climate policy integration in the land use sector: Mitigation, adaptation and sustainable development linkages. *Environ. Sci. Policy.* 67.doi:10.1016/j.envsci.2016.11.004.

Gusti M, Kindermann G. 2011. An approach to modeling landuse change and forest management on a global scale. Di dalam: *SIMULTECH-2011. Proceedings of 1st International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications.* hlm. 180–185.

Hadiprasyeta Y, Kim JO. 2022. Understanding Stakeholders' Perspectives on the Indonesia-EU FLEGT-VPA Scheme Implementation. *Forests.* 13(11).doi:10.3390/f13111762.

Harbi J, Erbaugh JT, Sidiq M, Haasler B, Nurrochmat DR. 2018. Making a bridge between livelihoods and forest conservation: Lessons from non timber forest products' utilization in South Sumatera, Indonesia. *For. Policy Econ.* 94.doi:10.1016/j.forpol.2018.05.011.

Hardjana AK, Purnomo H, Nurrochmat DR, Mansur I. 2019. Analisis nilai keberlanjutan pengelolaan bentang alam pasca tambang batubara pada areal izin pinjam pakai kawasan hutan. *J. Teknol. Miner. dan Batubara.* 15(3):159–177.doi:10.30556/jtmb.vol15.no3.2019.1008.

Hasanah N, Pradana EA, Kustiawan E, Nurkholis N, Haryuni N. 2022. Pengaruhimbangan dedak padi dan polard sebagai aditif terhadap kualitas fisik silase rumput odot. *Conf. Appl. Anim. Sci. Proceeding Ser.* 3.doi:10.25047/animpro.2022.351.

Hegger D, Lamers M, Van Zeijl-Rozema A, Dieperink C. 2012. Conceptualising joint knowledge production in regional climate change adaptation projects: Success conditions and levers for action. *Environ. Sci. Policy.* 18.doi:10.1016/j.envsci.2012.01.002.

Hendrasetiafitri, C., 2022. Devolusi pengelolaan hutan Jawa. Forest Digest 23 pp. online. 10 July 2022. <https://www.forestdigest.com/detail/1853/strategi-khdpk>

Hermans LM. 2008. Exploring the promise of actor analysis for environmental policy analysis: Lessons from four cases in water resources management. *Ecol. Soc.* 13(1).doi:10.5751/ES-02316-130121.

Hidayat H. 2016. Logging, Forestry Industry, and the Regional Economy. Di dalam: *Forest Resources Management in Indonesia (1968-2004)*.

Hjorth P, Bagheri A. 2006. Navigating towards sustainable development: A system dynamics approach. *Futures.* 38(1).doi:10.1016/j.futures.2005.04.005.

Ho W, Xu X, Dey PK. 2010. Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *Eur. J. Oper. Res.* 202(1).doi:10.1016/j.ejor.2009.05.009.

Holt D V., Osman M. 2017. Approaches to cognitive modeling in dynamic systems control. *Front. Psychol.* 8(NOV).doi:10.3389/fpsyg.2017.02032.

Houghton C, Murphy K, Meehan B, Thomas J, Brooker D, Casey D. 2017.

From screening to synthesis: using nvivo to enhance transparency in qualitative evidence synthesis. *J. Clin. Nurs.* 26(5–6).doi:10.1111/jocn.13443.

Hudson J, Agrawal A, Miller DC. 2013. Changing Futures, Social Choices, and Forest Contributions. *United Nations forum For. 10th Sess. 8-19 April 2013, Istanbul, Turkey.*

ICEC. 2015. *Mencegah Kerugian Negara Di Sektor Kehutanan Sebuah Kajian Tentang Sistem Penerimaan Negara Bukan Pajak Dan Penatausahaan Kayu.* Komisi Pemberantasan Korupsi - Indonesian Corruption Eradication Commission (ICEC), editor. Jakarta; Indonesia: KPK, Jakarta, Indonesia.

Imbernon J. 1999. Changes in agricultural practice and landscape over a 60-year period in North Lampung, Sumatra. *Agric. Ecosyst. Environ.* 76(1).doi:10.1016/S0167-8809(99)00060-2.

Indrawan A. 2008. Sejarah Perkembangan Sistem Silvikultur di Indonesia. Di dalam: Indrawan A, Istomo, Wibowo C, Kasno, Nurhayati AD, editor. *Prosiding Lokakarya Nasional Penerapan Multisistem Silvikultur pada Pengusahaan Hutan Produksi dalam rangka Peningkatan Produktivitas dan Pemantapan Kawasan Hutan.* Bogor, Indonesia: Fakultas Kehutanan IPB Bekerjasama dengan Direktorat 3enderal Bina Produksi Kehutanan Departemen Kehutanan RI. hlm. 1–12.

isee. 2021. Isee system. [diunduh 2021 Mar 10]. Tersedia pada: <https://www.iseesystems.com/>

Ito T, Rachman NF, Savitri LA. 2014. Power to make land dispossession acceptable: A policy discourse analysis of the Merauke Integrated Food and Energy Estate (MIFEE), Papua, Indonesia. *J. Peasant Stud.* 41(1).doi:10.1080/03066150.2013.873029.

Ivančić V. 2013. The biggest failures in managing strategy implementation. *Interdiscip. Manag. Res.* 9:197–208.

Izraelov M, Silber J. 2019. An assessment of the global food security index. *Food Secur.* 11(5).doi:10.1007/s12571-019-00941-y.

Jacob M. 1994. Sustainable development and deep ecology: An analysis of competing traditions. *Environ. Manage.* 18(4).doi:10.1007/BF02400853.

Jegatheeswaran A. 2022. Commentary: Sensitivity analyses: Mitigating the problem of garbage in, equals garbage out? *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 163(2).doi:10.1016/j.jtcvs.2020.09.086.

Kangas J, Store R, Kangas A. 2005. Socioecological landscape planning approach and multicriteria acceptability analysis in multiple-purpose forest management. *For. Policy Econ.* 7(4):603–614.

Kartodihardjo H, Cahyono E. 2021. Agrarian Reform in Indonesia: Analyze Concepts and Their Implementation from a Governance Perspective. *J. Manaj. Hutan Trop.* 27.doi:10.7226/jtfm.27.te.1.

Kartodihardjo H, Supriono A. 2000. The Impact of Sectoral Development on Natural Forest Conversion and Degradation : The Case of Timber and Tree Crop Plantations in Indonesia. *Group.* 26(26).doi:10.17528/cifor/000628.

Kassa H, Dondeyne S, Poesen J, Frankl A, Nyssen J. 2017. Transition from Forest-based to Cereal-based Agricultural Systems: A Review of the Drivers of Land use Change and Degradation in Southwest Ethiopia. *L. Degrad. Dev.*

28(2).doi:10.1002/ldr.2575.

Kazempour Larsary M, Pourbabaei H, Sanaei A, Salehi A, Yousefpour R, Ali A. 2021. Tree-size dimension inequality shapes aboveground carbon stock across temperate forest strata along environmental gradients. *For. Ecol. Manage.* 496.doi:10.1016/j.foreco.2021.119482.

KBBI. 2020. Arti kata sistem - Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) Online. *KBBI Online*.

Kemitraan., 2020. Penurunan Laju Deforestasi Hutan Tropis: Pembelajaran Kasus Indonesia Periode 2016–2018. Draf Laporan Kajian. Kemitraan. Unpublished, Jakarta.

Kennedy I. 2022. Sample Size Determination in Test-Retest and Cronbach Alpha Reliability Estimates. *Br. J. Contemp. Educ.* 2(1).doi:10.52589/bjce-fy266hk9.

Kho LK, Jepsen MR. 2015. Carbon stock of oil palm plantations and tropical forests in Malaysia: A review. *Singap. J. Trop. Geogr.* 36(2).doi:10.1111/sjtg.12100.

Kilkenny MF, Robinson KM. 2018. Data quality: “Garbage in – garbage out.” *Heal. Inf. Manag. J.* 47(3).doi:10.1177/1833358318774357.

Kindler E. 2016. A comparison of the concepts: Ecosystem services and forest functions to improve interdisciplinary exchange. *For. Policy Econ.* 67.doi:10.1016/j.forpol.2016.03.011.

Kocmanová A, Dočekalová M, Luňáček J. 2013. PROMETHEE-GAIA Method as a Support of the Decision-Making Process in Evaluating Technical Facilities. Di dalam: *IFIP Advances in Information and Communication Technology*. Vol. 413.

Kremen C. 2015. Reframing the land-sparing/land-sharing debate for biodiversity conservation. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1355(1).doi:10.1111/nyas.12845.

Kridalaksana H. 2008. Kamus linguistik edisi keempat. *Jakarta: Gramedia Pustaka Utama*.

Kuznets S. 1955. Economic growth and income inequality. *Am. Econ. Rev.* 45:1–28.

van der Laan C, Budiman A, Versteegen JA, Dekker SC, Effendy W, Faaij APC, Kusuma AD, Verweij PA. 2018. Analyses of land cover change trajectories leading to tropical forest loss: Illustrated for the West Kutai and MahakamUlu Districts, East Kalimantan, Indonesia. *Land.* 7(3).doi:10.3390/land7030108.

Lakner Z, Kiss A, Merlet I, Oláh J, Máté D, Grabara J, Popp J. 2018. Building coalitions for a diversified and sustainable tourism: Two case studies from Hungary. *Sustain.* 10(4).doi:10.3390/su10041090.

Lambin EF, Meyfroidt P, E. F. Lambin, P. Meyfroidt. 2011. Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 108(9):3465–72.doi:10.1073/pnas.1100480108.

Larasatie P, Fitriastuti T, Yovi EY, Purnomo H, Nurrochmat DR. 2022. COVID-19 Anxiety as a Moderator of the Relationship between Organizational Change and Perception of Organizational Politics in Forestry Public Sector. *Forests.* 13(2).doi:10.3390/f13020356.

Lasminingrat L, Efriza E. 2020. The Development Of National Food Estate: The Indonesian Food Crisis Anticipation Strategy. *J. Pertahanan Bela Negara*. 10(3).doi:10.33172/jpbh.v10i3.1110.

Lin H, Yuan T, Bai W, Zhao Z, Lu R, Li X, Lin Q. 2022. Railway Signaling Safety Factors Quantitative Analysis Using an Improved 5M Model. *Sustain*. 14(10).doi:10.3390/su14106247.

Liu Y, Lai X. 2021. EKC and carbon footprint of cross-border waste transfer: Evidence from 134 countries. *Ecol. Indic.* 129.doi:10.1016/j.ecolind.2021.107961.

Loconto A, Desquillet M, Moreau T, Couvet D, Dorin B. 2020. The land sparing – land sharing controversy: Tracing the politics of knowledge. *Land use policy*. 96.doi:10.1016/j.landusepol.2018.09.014.

Luo YH, Cadotte MW, Burgess KS, Liu J, Tan SL, Zou JY, Xu K, Li DZ, Gao LM. 2019. Greater than the sum of the parts: how the species composition in different forest strata influence ecosystem function. *Ecol. Lett.* 22(9).doi:10.1111/ele.13330.

Mafruhah I, Supriyono S, Mulyani NS, Istiqomah N. 2020. Causality between tourism industry development and the ecological sustainability in marine environment: A convergence and divergence among stakeholder with mactor analysis. *Int. J. Energy Econ. Policy*. 10(4).doi:10.32479/ijep.7989.

Magazzino C, Mele M, Schneider N. 2021. A D2C algorithm on the natural gas consumption and economic growth: Challenges faced by Germany and Japan. *Energy*. 219.doi:10.1016/j.energy.2020.119586.

Magazzino C, Mele M, Schneider N, Shahbaz M. 2021. Can biomass energy curtail environmental pollution? A quantum model approach to Germany. *J. Environ. Manage.* 287.doi:10.1016/j.jenvman.2021.112293.

Mahardika AG. 2021. Implikasi Omnibus Law Terhadap Hak Konstitusional Atas Lingkungan Hidup Yang Sehat. *J. Konstitusi*. 18(1).doi:10.31078/jk1819.

Majaski, C., 2022. Developed Economy.  
<https://www.investopedia.com/terms/d/developed-economy.asp>.

Maladi Y. 2013. Kajian hukum kritis alih fungsi lahan hutan berorientasi kapitalis. *Din. Huk.* 13:109–123.

Malik A, Nainggolan S. 2020. Factors affecting the import of soybean in Indonesia. *J. Perspekt. Pembiayaan dan Pembang.* Drh. 8(5).doi:10.22437/ppd.v8i5.11015.

Margono BA, Potapov P V., Turubanova S, Stolle F, Hansen MC. 2014. Primary forest cover loss in Indonesia over 2000–2012. *Nat. Clim. Chang.* 4(June):1–6.doi:10.1038/NCLIMATE2277.

Martauli ED. 2018. Analysis of Coffee Production in Indonesia. *JASc (Journal Agribus. Sci.* 01(02):112–120.

Martin DA, Osen K, Grass I, Hölscher D, Tscharntke T, Wurz A, Kreft H. 2020. Land-use history determines ecosystem services and conservation value in tropical agroforestry. *Conserv. Lett.* 13(5).doi:10.1111/conl.12740.

Mazur, A., Phutkaradze, Z., Phutkaradze, G.J., 2015. Poland economic growth and environmental quality in the European Union countries – is there evidence for the environmental Kuznets curve? *Int. J. Manag. Econ.* 45, 108–126.

[http://www.sgh.waw.pl/ijme/.](http://www.sgh.waw.pl/ijme/)

McHugh ML. 2012. Interrater reliability: The kappa statistic. *Biochem. Medica.* 22(3).doi:10.11613/bm.2012.031.

Mele M, Gurrieri AR, Morelli G, Magazzino C. 2021. Nature and climate change effects on economic growth: an LSTM experiment on renewable energy resources. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 28(30).doi:10.1007/s11356-021-13337-3.

Ministry of Agricultural. 1982. *Tata Guna Hutan Kesepakatan.*

Ministry of Agriculture, 2020. Statistik Lahan Pertanian Tahun 2015–2019. In: *Statistics of Agricultural Lands 2015–2019.* Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian., Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian, Jakarta.

Ministry of Environment and Forestry, 2017. Statistik Bidang Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan Tahun 2016. Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan, Jakarta.

Ministry of Environment and Forestry, 2018. Statistik Bidang Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan Tahun 2017. Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan, Jakarta.

Ministry of Environment and Forestry, 2019a. Statistik Bidang Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan Tahun 2018. Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan, Jakarta.

Ministry of Environment and Forestry, 2019b. Rencana Kehutanan Tingkat Nasional (RKTN) 2011–2030.

Ministry of Environment and Forestry, Revision-1.Jakarta. Ministry of Environment and Forestry, 2020. *The State of Indonesia's Forests 2020.* Ministry of Environment and Forestry, Jakarta.

Ministry of Environment and Forestry, 2022. Operational Plan Indonesia's FOLU Net Sink 2030. Ministry of Environment and Forestry, Jakarta.

Ministry of Finance, 2017. Presiden: Tahun 2045 Kita Bisa Jadi 4 Besar Dunia. Available at. <https://www.kemenkeu.go.id/publikasi/berita/presiden-tahun-2045-kita-bisa-ja-di-4-besar-dunia/> (Accessed 27/08/2021).

Ministry of Finance, 2019. Ini 6 Hal Prioritas Untuk Mengantarkan Indonesia Sebagai 5 Negara Ekonomi Terbesar di Dunia Tahun 2045. Available at. <https://www.kemenkeu.go.id/publikasi/berita/ini-6-hal-prioritas-untuk-mengantarkan-indonesia-sebagai-5-negara-ekonomi-terbesar-di-dunia-tahun-2045/> (Accessed 27/08/2021)

Miyamoto M. 2020. Poverty reduction saves forests sustainably: Lessons for deforestation policies. *World Dev.* 127.doi:10.1016/j.worlddev.2019.104746.

MoA. 2019. *Statistik Pertanian Tahun 2019.* Susanti AA, Heni T, editor. Jakarta; Indonesia: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

MoA. 2020. Statistics of Agricultural Land 2015-2019. Jakarta; Indonesia - Center for Agriculture Data and Information SystemSecretariat General – Ministry of Agriculture.

MoEF. 2017a. *Rekalkulasi Penutupan Lahan Indonesia Tahun 2016.* Wibawa M, Limbu ES, editor. Jakarta; Indonesia: Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan Sumber Daya Hutan. Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan dan Tata

Lingkungan. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan / Ministry of Environment and Forestry (MoEF). Jakarta.

MoEF. 2017b. *Statistik Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Tahun 2016*. Pusat Data dan Informasi, editor. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan - Ministry of Environment and Forestry (MoEF), Republic of Indonesia.

MoEF. 2018. *Status Hutan dan Kehutanan Indonesia*.

MoEF. 2019a. *Statistik Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Tahun 2018*. Jakarta; Indonesia: Pusat Data dan Informasi. Sekretariat Jenderal Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan / Ministry of Environment and Forestry (MoEF). Jakarta.

MoEF. 2019b. Rencana Kehutanan Tingkat Nasional Tahun 2011-2030.

MoEF. 2021a. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2021 tentang Tata Hutan dan Penyusunan Rencana Pengelolaan Hutan, serta Pemanfaatan Hutan Di Hutan Lindung dan Hutan Produksi. Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 319.

MoEF. 2021b. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2021 tentang Perencanaan Kehutanan, Perubahan Peruntukan Kawasan Hutan dan Perubahan Fungsi Kawasan Hutan, serta Penggunaan Kawasan Hutan. Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 322.

MoEF. 2021c. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021 Tentang Tata Cara Dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun. Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 294.

MoEF. 2021d. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2021 Tentang Daftar Usaha Dan/Atau Kegiatan Yang Wajib Memiliki Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup, Upaya Pengelolaan Lingkungan Hidup Dan Upaya Pemantauan Lingkungan. Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 26.

MoEF. 2021e. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2021 Tentang Standar Kegiatan Usaha Pada Penyelenggaraan Perizinan Berusaha Berbasis Risiko Sektor Lingkungan Hidup Dan Kehutanan. Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 270.

MoEF. 2021f. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2021 Tentang Tata Cara Penerbitan Persetujuan Teknis Dan Surat Kelayakan Operasional Bidang Pengendalian Pencemaran Lingkungan. Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 268.

MoF. 2011. Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.49/Menhut-II/2011 tentang Rencana Kehutanan Tingkat Nasional (RKTN) Tahun 2011-2030.

Neta Y, Evendia M, Firmansyah AA. 2022. Implications Of Omnibus Law On Job Creation Towards Regulations In Decentralization Perspective. *Cepalo*. 6(1).doi:10.25041/cepalov6no2.2683.

Newton P, Agrawal A, Wollenberg L. 2013. Enhancing the sustainability of

commodity supply chains in tropical forest and agricultural landscapes. *Glob. Environ. Chang.* 23(6).doi:10.1016/j.gloenvcha.2013.08.004.

Noer M. 2016. Bridging food security and sustainable agriculture development through regional planning. *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.* 6(3).doi:10.18517/ijaseit.6.3.741.

Nölte A, Meilby H, Yousefpour R. 2018. Multi-purpose forest management in the tropics: Incorporating values of carbon, biodiversity and timber in managing *Tectona grandis* (teak) plantations in Costa Rica. *For. Ecol. Manage.* 422.doi:10.1016/j.foreco.2018.04.036.

Nova Y. 2016. Dampak Transmigrasi Terhadap Kehidupan Sosial Masyarakat: Studi Sejarah Masyarakat Timpeh Dharmasraya. *J. Ilmu Sos. Mamangan.* 5(1).doi:10.22202/mamangan.1927.

Nugroho, A.C., 2022. Bank Dunia Proyeksi Ekonomi Indonesia Tumbuh 5,2 Persen pada 2022". <https://ekonomi.bisnis.com/read/20220111/9/1487984/bank-dunia-proyeksi-ekonomi-indonesia-tumbuh-5,2-persen-pada-2022>.

Nurfatriani F, Darusman D, Nurrochmat DR, Yustika AE, Muttaqin MZ. 2015. Redesigning Indonesian forest fiscal policy to support forest conservation. *For. Policy Econ.* 61:39–50.

Nurfatriani F, Ramawati, Sari GK, Komarudin H. 2019. Optimization of crude palm oil fund to support smallholder oil palm replanting in reducing deforestation in Indonesia. *Sustain.* 11(18).doi:10.3390/su11184914.

Nurjaya N. 2005. Sejarah Hukum Pengelolaan Hutan di Indonesia. *Jurisprudence.* 2(1).

Nurrochmat, D.R., 2017. Strategi Kebijakan Pembangunan Kehutanan dan Lingkungan Berkelanjutan.Orasi Ilmiah Guru Besar Tetap Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. IPB Press, Bogor.

Nurrochmat, D.R., 2020. Conversation about the turning point of forest loss in Indonesia: A review of government targets to achieve sustainable development. In: Report. Governance Reform in Indonesia. Kemitraan-Partnership. Unpublished, Jakarta.

Nurrochmat, D.R., 2022. KHDPK: Meluruskan rasionalitas konsep pengelolaan hutan. TEMPO 14 August 2022, pp. 96–97.

Nurrochmat, D.R., Darusman, D.R., Ekayani, M., 2016. Kebijakan Pembangunan Kehutanan dan Lingkungan: Teori dan Implementasi. IPB Press, Bogor.

Nurrochmat, D.R., Hendroyono, B., Suryanto., 2021b. Multiusaha Kehutanan. Konsep dan Implementasi Bisnis Kehutanan Berkelanjutan. IPB Press, Bogor.

Nurrochmat DR, Boer R, Ardiansyah M, Immanuel G, Purwawangsa H. 2020. Policy forum: Reconciling palm oil targets and reduced deforestation: Landswap and agrarian reform in Indonesia. *For. Policy Econ.* 119.doi:10.1016/j.forpol.2020.102291.

Nurrochmat DR, Massijaya MY, Jaya INS, Abdulah L, Ekayani M, Astuti EW, Erbaugh JT. 2019. Promoting community forestry to reduce deforestation surrounding Gunung Rinjani National Park in Central Lombok, Indonesia. Di dalam: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* Vol. 285.

Nurrochmat DR, Nugroho IA, Hardjanto, Purwadianto A, Maryudi A, Erbaugh JT. 2017. Shifting contestation into cooperation: Strategy to incorporate different interest of actors in medicinal plants in Meru Betiri National Park, Indonesia. *For. Policy Econ.* 83.doi:10.1016/j.forpol.2017.08.005.

Nurrochmat DR, Pribadi R, Siregar H, Justianto A, Park MS. 2021. Transformation of agro-forest management policy under the dynamic circumstances of a two-decade regional autonomy in Indonesia. *Forests.* 12(4).doi:10.3390/f12040419.

Nurrochmat DR, Sahide MAK, Fisher MR. 2022. Making Sustainable Forest Development Work: Formulating an Idea for a More Appropriate Green Policy Paradigm. *Front. Environ. Sci.* 10.doi:10.3389/fenvs.2022.783718.

Nurrochmat DR, Suryanto, Nurrochmat NA, Tarigan S, Siregar IZ, Rizki DLY, Radjawali I, Sulistio H. 2023. Indonesia's options in becoming a high-income country: Accelerating the turning point in deforestation? *For. Policy Econ.* 148.doi:10.1016/j.forpol.2022.102905.

Oliveira K, Jacovine LAG, Torres CMME, de Moraes Júnior VTM, da Rocha SJSS, Faustino IS, Albuquerque TP. 2023. Survival and carbon stock of forest species in mixed plantation at 8 years of age. *Sci. For. Sci.* 51.doi:10.18671/scifor.v50.50.

Ostrom E. 2009. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science* (80-. ). 325(5939).doi:10.1126/science.1172133.

Ostrom E. 2011. Background on the Institutional Analysis and Development Framework. *Policy Stud. J.* 39(1).doi:10.1111/j.1541-0072.2010.00394.x.

Oubahman L, Duleba S. 2021. Review of PROMETHEE method in transportation. *Prod. Eng. Arch.* 27(1).doi:10.30657/pea.2021.27.9.

Paramati SR, Shahzad U, Doğan B. 2022. The role of environmental technology for energy demand and energy efficiency: Evidence from OECD countries. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 153:111735.doi:10.1016/J.RSER.2021.111735. [diunduh 2021 Okt 23]. Tersedia pada: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S136403212101008X>

Parashar R, Gawde N, Gilson L. 2021. Application of “actor interface analysis” to examine practices of power in health policy implementation: An interpretive synthesis and guiding steps. *Int. J. Heal. Policy Manag.* 10(7).doi:10.34172/ijhpm.2020.191.

Paul C, Knoke T. 2015. Between land sharing and land sparing - What role remains for forest management and conservation? *Int. For. Rev.* 17(2):210–230.doi:10.1505/146554815815500624.

Payn T, Carnus JM, Freer-Smith P, Kimberley M, Kollert W, Liu S, Orazio C, Rodriguez L, Silva LN, Wingfield MJ. 2015. Changes in planted forests and future global implications. *For. Ecol. Manage.* 352.doi:10.1016/j.foreco.2015.06.021.

Peluso NL, Lund C. 2011. New frontiers of land control: Introduction. *J. Peasant Stud.* 38(4).doi:10.1080/03066150.2011.607692.

Permadi GS. 2015. Analisis permintaan impor kedelai Indonesia. *Eko-Regional.* 10(1).

- Permatasari, A.P., 2020. Comparison of Various Definitions and Figures Relating to Deforestation in Indonesia. Madani Insight, Jakarta.
- Phalan BT. 2018. What have we learned from the land sparing-sharing model? *Sustain.* 10(6).doi:10.3390/su10061760.
- Pilli R, Pase A. 2018. Forest functions and space: A geohistorical perspective of European forests. *IForest.* 11(1).doi:10.3832/ifor2316-010.
- van der Ploeg JD. 2020. The political economy of agroecology. *J. Peasant Stud.*.doi:10.1080/03066150.2020.1725489.
- Potter L. 2012. New transmigration “paradigm” in Indonesia: Examples from Kalimantan. *Asia Pac. Viewp.* 53(3).doi:10.1111/j.1467-8373.2012.01492.x.
- Power AG. 2010. Ecosystem services and agriculture: Tradeoffs and synergies. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 365(1554):2959–2971.doi:10.1098/rstb.2010.0143.
- Prajanti SDW, Pramono SE, Adzmin F. 2020a. Factors Influencing Indonesia Coffee Exports Volume.
- Prajanti SDW, Pramono SE, Adzmin F. 2020b. Factors influencing Indonesia coffee exports volume. Di dalam: *Proceedings of the International Conference on Research and Academic Community Services (ICRACOS 2019)*. Atlantis Press. hlm. 41–45.
- Prakasa SUW, Hariri A, Arifin S, Asis A. 2022. Forestry Sector Corruption and Oligarchy: A Case Study of the Laman Kinipan Indigenous People, Central Kalimantan. *Unnes Law J.* 8(1).doi:10.15294/ulj.v8i1.55904.
- Pribadi R, Nurrochmat DR, Suhendang E, Siregar H. 2020. Enhancing the role of the district government in decentralized forest management. *J. Manaj. Hutan Trop.* 26(2).doi:10.7226/JTFM.26.2.114.
- Proctor EK, Powell BJ, McMillen JC. 2013. Implementation strategies: Recommendations for specifying and reporting. *Implement. Sci.* 8(1).doi:10.1186/1748-5908-8-139.
- Purnomo H, Okarda B, Dermawan A, Ilham QP, Pacheco P, Nurfatriani F, Suhendang E. 2020. Reconciling oil palm economic development and environmental conservation in Indonesia: A value chain dynamic approach. *For. Policy Econ.* 111.doi:10.1016/j.forpol.2020.102089.
- Pyatt DG. 1993. Multi-purpose forests on peatland. *Biodivers. Conserv.* 2(5).doi:10.1007/BF00056748.
- QSR. 2021. NVivo. [diunduh 2021 Mar 13]. Tersedia pada: <http://download.qsrinternational.com/Document/NVivo11forMac/11.1.0/NVivo-for-Mac-Getting-Started-Guide.pdf>
- Ragandhi A, Hadna AH, Setiadi S, Maryudi A. 2021. Why do greater forest tenure rights not enthuse local communities? An early observation on the new community forestry scheme in state forests in Indonesia. *For. Soc.* 5(1).doi:10.24259/fs.v5i1.11723.
- Rahman N, De Neergaard A, Magid J, Van De Ven GWJ, Giller KE, Bruun TB. 2018. Changes in soil organic carbon stocks after conversion from forest to oil palm plantations in Malaysian Borneo. *Environ. Res. Lett.* 13(10).doi:10.1088/1748-9326/aade0f.

- Rahmani TA, Nurrochmat DR, Hero Y, Park MS, Boer R, Satria A. 2021. Evaluating the feasibility of oil palm agroforestry in harapan rainforest, Jambi, Indonesia. *For. Soc.* 5(2).doi:10.24259/FS.V5I2.10375.
- Richmond B. 1994. Systems thinking/system dynamics: Let's just get on with it. *Syst. Dyn. Rev.* 10(2–3).doi:10.1002/sdr.4260100204.
- Riggs RA, Sayer J, Margules C, Boedihartono AK, Langston JD, Sutanto H. 2016. Forest tenure and conflict in Indonesia: Contested rights in Rempek Village, Lombok. *Land use policy.* 57:241–249.doi:10.1016/j.landusepol.2016.06.002.
- von Rintelen K, Arida E, Häuser C. 2017. A review of biodiversity-related issues and challenges in megadiverse Indonesia and other Southeast Asian countries. *Res. Ideas Outcomes.* 3.doi:10.3897/rio.3.e20860.
- Rochmayanto Y, Nurrochmat DR, Locke C, Casse T, Nugroho B, Darusman D. 2022. Evaluating the “Village Forests” in Indonesia: Property Rights and Sustainability Perspectives. *Small-scale For.* 21(3).doi:10.1007/s11842-022-09506-y.
- ROI-Republic of Indonesia. 1967. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 1967 tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Kehutanan. Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 8.
- ROI. 2007. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2007 Tentang Tata Hutan Dan Penyusunan Rencana Pengelolaan Hutan, Serta Pemanfaatan Hutan. PP Nomor 6 Tahun 2007, Lembaran Negara Republik Indonesia (ROI-Republic of Indonesia) Tahun 2007 Nomor 22; Jakarta-Indonesia.
- ROI. 1967. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 1967 tentang Penanaman Modal Asing. Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 1.
- ROI. 1968. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 1968 tentang Penanaman Modal Dalam Negeri. Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 33.
- ROI. 1982. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 1982 Tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1982 Nomor 12.
- ROI. 1994a. Undang-undang (UU) tentang Pengesahan United Nations Convention On Biological Diversity. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1994 Nomor 41.
- ROI. 1994b. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 1994 Tentang Pengesahan United Nations Framework Convention On Climate Change. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1994 Nomor 42.
- ROI. 1999. The Law of the Republic Of Indonesia Number 41 Year 1999 Concerning Forestry. Indonesia.
- Rosa CM d., Marques MCM. 2022. How are biodiversity and carbon stock recovered during tropical forest restoration? Supporting the ecological paradigms and political context involved. *J. Nat. Conserv.* 65.doi:10.1016/j.jnc.2021.126115.
- Roslinda E, Darusman D, Suharjito D, Nurrochmat DR. 2012. Stakeholders analysis on the management of danau sentarum national park kapuas hulu regency, West Kalimantan. *J. Manaj. Hutan Trop.* 18(2).doi:10.7226/jtfm.18.2.78.
- Rossita A, Nurrochmat DR, Boer R, Hein L, Riqli A. 2021. Assessing The

Monetary Value Of Ecosystem Services Provided By Gaung – Batang Tuaka Peat Hydrological Unit (Khg), Riau Province. *Heliyon.* 7(10).doi:10.1016/j.heliyon.2021.e08208.

Rudel TK, Coomes OT, Moran E, Achard F, Angelsen A, Xu J, Lambin E. 2005. Forest transitions: Towards a global understanding of land use change. *Glob. Environ. Chang.* 15(1):23–31.

Rum IA, Rijoly JCD. 2020a. Determine Regional Strategy In Improving The Competitiveness Of Agricultural Commodities In Global Markets. *Media Ekon.* 27(2):107.doi:10.25105/me.v27i2.5796.

Rum IA, Rijoly JCD. 2020b. Determine Regional Strategy In Improving The Competitiveness Of Agricultural Commodities In Global Markets. *Media Ekon.* 27(2).doi:10.25105/me.v27i2.5796.

Sahara S, Sane Pratinda WNA, Djaenudin D. 2022. The impacts of investment in the forestry sector on the indonesian economy. *Indones. J. For. Res.* 9(2).doi:10.20886/ijfr.2022.9.2.251-263.

Sahide MAK, Giessen L. 2015. The fragmented land use administration in Indonesia - Analysing bureaucratic responsibilities influencing tropical rainforest transformation systems. *Land use policy.* 43.doi:10.1016/j.landusepol.2014.11.005.

Sahide MAK, Nurrochmat DR, Giessen L. 2015. The regime complex for tropical rainforest transformation: Analysing the relevance of multiple global and regional land use regimes in Indonesia. *Land use policy.* 47.doi:10.1016/j.landusepol.2015.04.030.

Sahide MAK, Supratman S, Maryudi A, Kim Y-S, Giessen L. 2016. Decentralisation policy as recentralisation strategy: forest management units and community forestry in Indonesia. *Int. For. Rev.* 18(1):78–95.doi:10.1505/146554816818206168.

Saimun MSR, Karim MR, Sultana F, Arfin-Khan MAS. 2021. Multiple drivers of tree and soil carbon stock in the tropical forest ecosystems of Bangladesh. *Trees, For. People.* 5.doi:10.1016/j.tfp.2021.100108.

Santoso I. 2008. Zoning Areal Hutan Dan Konfliknya. *J. Penelit. Sos. dan Ekon. Kehutan.* 5(3).doi:10.20886/jpsek.2008.5.3.143-153.

Santoso SS, Nurrochmat DR, Nugroho B, Santoso I. 2019. The feasibility of the implementation of forest management units' (FMUS') policy: A case study in FMU Yogyakarta and FMU region IX Panyabungan. *J. Manaj. Hutan Trop.* 25(1).doi:10.7226/jtfm.5.1.1.

Sayer J, Margules C, Boedhijartono AK, Dale A, Sunderland T, Supriatna J, Saryanthi R. 2015. Landscape approaches; what are the pre-conditions for success? *Sustain. Sci.* 10(2).doi:10.1007/s11625-014-0281-5.

Sayer J, Sunderland T, Ghazoul J, Pfund JL, Sheil D, Meijaard E, Venter M, Boedhijartono AK, Day M, Garcia C, et al. 2013. Ten principles for a landscape approach to reconciling agriculture, conservation, and other competing land uses. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 110(21).doi:10.1073/pnas.1210595110.

Schmitz M. 2016. Strengthening the rule of law in Indonesia: the EU and the combat against illegal logging. *Asia Eur. J.* 14(1):79–93.doi:10.1007/s10308-015-0436-8.

- Sen, A., 1999. Development as Freedom. Oxford University Press, Oxford.
- Setiawan EN, Maryudi A, Purwanto RH, Lele G. 2017. Konflik Tata Ruang Kehutanan Dengan Tata Ruang Wilayah (Studi Kasus Penggunaan Kawasan Hutan Tidak Prosedural Untuk Perkebunan Sawit Provinsi Kalimantan Tengah). *BHUMI J. Agrar. dan Pertanah.* 3(1).doi:10.31292/jb.v3i1.89.
- Setyo P, Elly J. 2018. Problems Analysis on Increasing Rice Production Through Food Estate Program in Bulungan Regency, North Kalimantan. Di dalam: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* Vol. 147.
- Seymour F, Busch J. 2016. *Why Forests? Why Now?: The Science, Economics, and Politics of Tropical Forests and Climate Change.*
- Shahzad U, Ferraz D, Nguyen HH, Cui L. 2022. Investigating the spill overs and connectedness between financial globalization, high-tech industries and environmental footprints: Fresh evidence in context of China. *Technol. Forecast. Soc. Change.* 174:121205.doi:10.1016/J.TECHFORE.2021.121205.
- Shahzad U, Schneider N, Ben Jebli M. 2021. How coal and geothermal energies interact with industrial development and carbon emissions? An autoregressive distributed lags approach to the Philippines. *Resour. Policy.* 74:102342.doi:10.1016/J.RESOURPOL.2021.102342.
- Shao X, Zhang Q, Yang X. 2021. Spatial patterns of insect herbivory within a forest landscape: the role of soil type and forest stratum. *For. Ecosyst.* 8(1).doi:10.1186/s40663-021-00347-3.
- Sharma R, Nehren U, Rahman SA, Meyer M, Rimal B, Seta GA, Baral H. 2018. Modeling land use and land cover changes and their effects on biodiversity in Central Kalimantan, Indonesia. *Land.* 7(2).doi:10.3390/land7020057.
- Shen J, Zhu Q, Jiao X, Ying H, Wang H, Wen X, Xu W, Li T, Cong W, Liu X, et al. 2020. Agriculture green development: A model for China and the world. *Front. Agric. Sci. Eng.* 7(1).doi:10.15302/J-FASE-2019300.
- Sheriffdeen M, Nurrochmat DR, Perdinan, Di Gregorio M. 2020. Indicators to evaluate the institutional effectiveness of national climate financing mechanisms. *For. Soc.* 4(2).doi:10.24259/fs.v4i2.10309.
- Silva, D., 2021. Brazil's Atlantic Forests are Naturally Regenerating Much faster than Expected. A Cost-Effective Solution with Impressive Returns. *Forests News.* September 01 2021. CIFOR, Bogor. [https://forestsnews.cifor.org/74340/brazils-atlantic-forests-are-naturally-regenerating-much-faster-than-expected?fnl=en&utm\\_campaign=CIFOR\\_ICRAF\\_Newsletter&utm\\_medium=email&utm\\_source=Mailchimp\\_Newsletter\\_September](https://forestsnews.cifor.org/74340/brazils-atlantic-forests-are-naturally-regenerating-much-faster-than-expected?fnl=en&utm_campaign=CIFOR_ICRAF_Newsletter&utm_medium=email&utm_source=Mailchimp_Newsletter_September).
- Simončič T, Bončina A. 2015. Are forest functions a useful tool for multi-objective forest management planning? Experiences from Slovenia. *Croat. J. For. Eng.* 36(2).
- Sindy YP, Salam S. 2019. The Role Of Indonesian Government In Improving Coffee Competitiveness In The Eu-Indonesia Partnership And Cooperation Agreement Framework. *B. Chapters 1st Jakarta Int. Conf. Soc. Sci. Humanit.* 3:311–322.doi:10.33822/jicoss.3i0.23.
- Sitorus SRP. 2019. Transmigration Area Development and Its Community In Indonesia. *Sumatra J. Disaster, Geogr. Educ.*

3(1).doi:10.24036/sjdgge.v3i1.189.

Smith J, Obidzinski K, Subarudi, Suramenggala I. 2003. Illegal logging, collusive corruption and fragmented governments in Kalimantan, Indonesia. *Int. For. Rev.* 5(3).doi:10.1505/IFOR.5.3.293.19138.

Sterman JD. 2002. All models are wrong: Reflections on becoming a systems scientist. *Syst. Dyn. Rev.* 18(4).doi:10.1002/sdr.261.

Stupak I, Mansoor M, Smith CT. 2021. Conceptual framework for increasing legitimacy and trust of sustainability governance. *Energy. Sustain. Soc.* 11(1).doi:10.1186/s13705-021-00280-x.

Stupak I, Smith CT, Clarke N. 2021. Governing sustainability of bioenergy, biomaterial and bioproduct supply chains from forest and agricultural landscapes. *Energy. Sustain. Soc.* 11(1).doi:10.1186/s13705-021-00288-3.

Sugiharti L, Purwono R, Esquivias MA. 2020. Analysis of determinants of Indonesian agricultural exports. *Entrep. Sustain. Issues.* 7(4).doi:10.9770/jesi.2020.7.4(8).

Sukwika T, Darusman D, Kusmana C, Nurrochmat DR. 2016. Evaluating the level of sustainablity of privately managed forest in Bogor, Indonesia. *Biodiversitas.* 17(1).doi:10.13057/biodiv/d170135.

Sunarto S, Shafira M, Anwar M. 2021. Implications of the Omnibus Law on Job Creation towards the Indonesian Forestry Sector. *Fiat Justicia J. Ilmu Huk.* 15(3).doi:10.25041/fiatjusticia.v15no3.2302.

Suryanto, Nurrochmat DR, Prijono H, Budiaman A, Suyana A. 2010. Multisistem Silvikultur, Menjadikan Pemanfaatan Kawasan Hutan Produksi Menjadi Lebih Baik. :1–8.

Suryanto, Nurrochmat DR, Purnomo H, Suyana A, Budiaman A. 2010. Policy Brief: Multisistem Menjadikan Pemanfaatan Kawasan Hutan Produksi Menjadi Lebih Baik. Bogor, Indonesia 4 Report No.: Policy Brief Volume 4 No. 4 Tahun 2010.

Suryanto, Sayektinginingsih T. 2020. Strengthening Indonesian production forest governance. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 487:012006.doi:10.1088/1755-1315/487/1/012006.

Suryanto, Susilo A, Onrizal, Andriansyah M, Muslim T. 2018. Implementation Of Multi-System Silviculture (Mss) To Improve Performance Of Production Forest Management: A Case Study Of PT. Sarpatim, Central Kalimantan. *Indones. J. For. Res.* 5 No. 1(Indonesian Forestry):1–19.doi:10.20886/ijfr.2018.5.1.1-19.

Suryanto, Wahyuni T. 2015. Optimizing Management for Fragmented Production Forest Area with Multisystem Silviculture; Simulation in ITCI Forest, East Kalimantan. Di dalam: Siregar CA, Pratiwi, Mindawati N, Pari G, Turjaman M, Tata HL, Krisnawati H, Setyawati T, Krisdianto, Sakuntaladewi N, et al., editor. *Proceedings of International Conference of Indonesia Forestry Researchers III-2015; Forestry research to support sustainable timber production and self-sufficiency in food, energy, and water.* Bogor, 21-22 Octo 2015: Research, Development and Innovation Agency Ministry of Environment and Forestry - Republic of Indonesia. hlm. 553–563.

- Suryanto, Wahyuni T. 2016. Optimizing management for fragmented production forest area with multisystem silviculture; Simulation in ITCI forest, East Kalimantan. Di dalam: Siregar CA, Pratiwi, Mindawati N, Pari G, Turjaman M, Tata HL, Krisnawati H, Setyawati T, Krisdianto, Sakuntaladewi N, et al., editor. *Proc. Int. Conf. of Indonesia Forestry Researchers III-2015: "Forestry research to support sustainable timber production and self-sufficiency in food, energy, and water."* Bogor, Indonesia: RDIA, Ministry of Environment and Forestry. hlm. 553–563.
- Susilastuti D. 2017. Poverty reduction models: Indonesian agricultural economic approach. *Eur. Res. Stud. J.* 20(3).doi:10.35808/ersj/702.
- Suwarno A, van Noordwijk M, Weikard HP, Suyamto D. 2018. Indonesia's forest conversion moratorium assessed with an agent-based model of Land-Use Change and Ecosystem Services (LUCES). *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang.* 23(2).doi:10.1007/s11027-016-9721-0.
- Syuaiib MF. 2016. Sustainable agriculture in indonesia: Facts and challenges to keep growing in harmony with environment. *Agric. Eng. Int. CIGR J.* 18(2).
- Szulecka J, Obidzinski K, Dermawan A. 2016. Corporate-society engagement in plantation forestry in Indonesia: Evolving approaches and their implications. *For. Policy Econ.* 62:19–29.doi:10.1016/j.forpol.2015.10.016.
- Taherdoost H, Madanchian M. 2023. Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods and concepts. *Encyclopedia.* 3(1).doi:10.3390/encyclopedia3010006.
- Tan KG, Merdikawati N, Rajan RS. 2016. Agricultural productivity in Indonesian provinces. *Int. J. Asian Bus. Inf. Manag.* 7(3).doi:10.4018/ijabim.2016070102.
- Tchappi IH, Galland S, Kamla VC, Kamgang JC, Nono CMS, Zhao H. 2019. Holonification model for a multilevel agent-based system: Application to road traffic. *Pers. Ubiquitous Comput.* 23(5–6).doi:10.1007/s00779-018-1181-y.
- Tejawati DN, Salviana FM, Wulandari S. 2021. Welfare State dalam Urgensi Land Banking di Indonesia. *Kosmik Huk.* 21(2).doi:10.30595/kosmikhukum.v21i2.10237.
- Thiel S, Willems F, Farwig N, Rehling F, Schabo DG, Schleuning M, Shahuano Tello N, Töpfer T, Tschapka M, Heymann EW, et al. 2023. Vertically stratified frugivore community composition and interaction frequency in a liana fruiting across forest strata. *Biotropica.* 55(3).doi:10.1111/btp.13216.
- Tilman D, Balzer C, Hill J, Befort BL. 2011. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 108(50).doi:10.1073/pnas.1116437108.
- Tothmihaly A, Ingram V. 2019. How can the productivity of Indonesian cocoa farms be increased? *Agribusiness.* 35(3).doi:10.1002/agr.21595.
- Trentesaux D. 2009. Distributed control of production systems. *Eng. Appl. Artif. Intell.* 22(7).doi:10.1016/j.engappai.2009.05.001.
- Tsiantikoudis S, Zafeiriou E, Kyriakopoulos G, Arabatzis G. 2019. Revising the environmental Kuznets curve for deforestation: An empirical study for Bulgaria. *Sustain.* 11(16).doi:10.3390/su11164364.

- Tsujino R, Yumoto T, Kitamura S, Djamiluddin I, Darnaedi D. 2016. History of forest loss and degradation in Indonesia. *Land use policy*. 57:335–347.doi:10.1016/j.landusepol.2016.05.034.
- UNPF. 2021. World Population Dashboard. *United Nations Popul. Fund*. [diunduh 2021 Mar 4]. Tersedia pada: <https://www.unfpa.org/data/world-population-dashboard>
- Vergarechea M, Astrup R, Fischer C, Øistad K, Blattert C, Hartikainen M, Eyvindson K, Di Fulvio F, Forsell N, Burgas D, *et al*. 2023. Future wood demands and ecosystem services trade-offs: A policy analysis in Norway. *For. Policy Econ.* 147.doi:10.1016/j.forpol.2022.102899.
- Vidgen B, Derczynski L. 2021. Directions in abusive language training data, a systematic review: Garbage in, garbage out. *PLoS One*. 15(12 December).doi:10.1371/journal.pone.0243300.
- Wächter P. 2011. Thinking in systems – a primer. *Env. Polit.* 20(4).doi:10.1080/09644016.2011.589585.
- Wahjono D, Imanuddin R. 2007. Model Dinamika Struktur Tegakan Untuk Pendugaan Hasil di PT. Intracawood Manufacturing, Kalimantan Timur. *J. Penelit. Hutan dan Konserv. Alam*. 4(4):419–428.
- Wang L, Haghghi A. 2016. Combined strength of holons, agents and function blocks in cyber-physical systems. *J. Manuf. Syst.* 40.doi:10.1016/j.jmsy.2016.05.002.
- Wang L, Zheng H, Wen Z, Liu L, Robinson BE, Li R, Li C, Kong L. 2019. Ecosystem service synergies/trade-offs informing the supply-demand match of ecosystem services: Framework and application. *Ecosyst. Serv.* 37.doi:10.1016/j.ecoser.2019.100939.
- Wang S, Jiménez-Alfaro B, Pan S, Yu J, Sanaei A, Sayer EJ, Ye J, Hao Z, Fang S, Lin F, *et al*. 2021. Differential responses of forest strata species richness to paleoclimate and forest structure. *For. Ecol. Manage.* 499.doi:10.1016/j.foreco.2021.119605.
- Wang Zhiliang, Wang Zongming, Zhang B, Lu C, Ren C. 2015. Impact of land use/land cover changes on ecosystem services in the Nenjiang River Basin, Northeast China. *Ecol. Process.* 4(1).doi:10.1186/s13717-015-0036-y.
- Wardani R. 2017. The Analysis of Interest To Treatment Outpatients Back Based on Management Resource Approach (Man, Money, Material, Machine, Method / 5M). *Proceeding Surabaya Int. Heal. Conf*.
- Welsh E. 2002. Dealing with data: Using NVivo in the qualitative data analysis process. *Forum Qual. Sozialforsch.* 3(2).doi:10.17169/fqs-3.2.865.
- Więckowski J, Sałabun W. 2023. Sensitivity analysis approaches in multi-criteria decision analysis: A systematic review. *Appl. Soft Comput.* 148.doi:10.1016/j.asoc.2023.110915.
- Wijaya, A., Samadhi, N., Novayanti, R., 2019. Why Indonesia Needs to Have an Enhanced NDC? Policy Options to Strengthen National Climate Target. Jakarta,
- Willmott CJ, Matsuura K. 2005. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. *Clim. Res.* 30(1).doi:10.3354/cr030079.

Wolstenholme EF. 1999. Qualitative vs quantitative modelling: The evolving balance. *J. Oper. Res. Soc.* 50(4).doi:10.1057/palgrave.jors.2600700.

World Bank Group. 2020. New World Bank country classifications by income level: 2020-2021. *World Bank Blogs*.

World Resource Institute (WRI). Available at. <https://wri-indonesia.org/en/blog/why-indonesia-needs-have-enhanced-ndc-policy-options-strengthen-national-climate-target> (Accessed 06/11/2020). World Bank, 2012. Inclusive Green Growth, the Pathway to Sustainable Development. World Bank, Washington D.C

Wu CH, Tang YM, Tsang YP, Chau KY. 2021. Immersive Learning Design for Technology Education: A Soft Systems Methodology. *Front. Psychol.* 12.doi:10.3389/fpsyg.2021.745295.

Yovi EY, Nurrochmat DR. 2018. An occupational ergonomics in the Indonesian state mandatory sustainable forest management instrument: A review. *For. Policy Econ.* 91.doi:10.1016/j.forpol.2017.11.007.

Zaninovich SC, Gatti MG. 2020. Carbon stock densities of semi-deciduous Atlantic forest and pine plantations in Argentina. *Sci. Total Environ.* 747.doi:10.1016/j.scitotenv.2020.141085.

Zhang Y, Chen HYH, Taylor AR. 2017. Positive species diversity and above-ground biomass relationships are ubiquitous across forest strata despite interference from overstorey trees. *Funct. Ecol.* 31(2).doi:10.1111/1365-2435.12699.