



LAPORAN AKHIR

**KAJIAN REKLAMASI LAHAN BEKAS TAMBANG
BATUBARA UNTUK KEBUN ENERGI**



**BADAN PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN ENERGI DAN
SUMBER DAYA MINERAL**

**PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
TEKNOLOGI KETENAGALISTRIKAN, ENERGI
BARU, TERBARUKAN,
DAN KONSERVASI ENERGI
TAHUN 2020**

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah kami panjatkan rasa syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga kami bisa menyelesaikan penyusunan Laporan Akhir Kajian Reklamasi Lahan Bekas Tambang Batubara untuk Kebun Energi dengan lancar.

Ucapan terima kasih kami haturkan kepada Bapak Kepala Badan Litbang ESDM, Bapak Kepala P3TEK-EBTKE dan Koordinator KP3 EBT atas arahan dan bimbingan yang telah diberikan selama penyusunan kajian ini. Tak lupa pula ucapkan terima kasih kami sampaikan kepada para Narasumber (Prof. Erliza Hambali, Dr. Sukartiningsih, Dr. Candra Nugraha dan Ir. Sudjatmiko) yang telah banyak memberikan masukan dalam penyusunan Laporan Kajian ini. Selain itu yang tak kalah penting juga masukan pada saat diskusi dari para anggota tim eksternal Kementerian ESDM (Prof. Dr. Ir. Sri Wilarso Budi R, MS, Dr. Fadjar Goembira dan M. Farid Djanuardi) dan anggota tim internal ESDM, kami ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Berkenaan dengan upaya penyelamatan lingkungan yang terintegrasi dengan penyediaan energi atau yang dikenal dengan konsep *energy, back to energy* maka diperlukan suatu Kajian Reklamasi Lahan Bekas Tambang Batubara untuk Kebun Energi. Hal itulah yang menjadi salah satu tujuan dari penyusunan kajian ini. Laporan Kajian ini terdiri atas 5 (lima) bab. Pada bab 1 pendahuluan membahas latar belakang dan dasar hukum, rumusan masalah dan lain-lain. Pada bab 2 kajian reklamasi membahas tentang tinjauan Pustaka dan metodologi kegiatan. Pada bab 3 yang menjadi inti dari kajian ini, yaitu kota tambang Sawahlunto yang membahas tentang profil dan IUP Sawahlunto, pengembangan kebun energi di lahan bekas tambang batubara Sawahlunto, skema pemanfaatan biomassa untuk *co-firing* PLTU dan industri kecil menengah, konsep pengembangan industri pengolah hasil kebun energi dan rekomendasi pengembangan *demo plant* kebun energi di Sawahlunto. Kemudian pada bab 4 *demo plant* kebun energi 1,5 ha yang terintegrasi dengan pengembangan lainnya, terakhir bab 5 merupakan kesimpulan dari isi kajian ini.

Kami menyadari masih banyak kekurangan dan kesalahan dalam penulisan laporan kajian ini. Oleh sebab itu, kami mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk menjadi acuan bagi penyusun untuk menjadi lebih baik lagi.

Semoga laporan kegiatan kajian ini dapat menambah wawasan para pembaca khususnya mengenai potensi alternatif kegiatan reklamasi dengan revegetasi tanaman energi.

Bogor, 28 Desember 2020

Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	1
DAFTAR ISI.....	2
DAFTAR GAMBAR.....	3
DAFTAR TABEL	4
BAB 1 PENDAHULUAN	5
1.1. Latar Belakang dan Dasar Hukum	5
1.2. Rumusan Permasalahan.....	8
1.3. Tujuan Kegiatan	9
1.4. Ruang Lingkup Kegiatan	9
1.5. Hasil yang Diharapkan	10
BAB 2 KAJIAN REKLAMASI LAHAN BEKAS TAMBANG BATUBARA UNTUK KEBUN ENERGI.....	11
2.1. Tinjauan Pustaka	11
2.1.1. Tahapan Reklamasi	11
2.1.2. Aspek-aspek Reklamasi Lahan Bekas Tambang Batubara untuk Kebun Energi	13
2.2. Metodologi Penyusunan Kajian	15
2.2.1. Data	15
2.2.2. Metode	16
BAB 3 KOTA TAMBANG SAWAHLUNTO DI PROVINSI SUMATERA BARAT	17
3.1. Profil Kota Sawahlunto	17
3.2. Izin Usaha Pertambangan Batubara Kota Sawahlunto.....	18
3.3. Pengembangan Kebun Energi di Lahan Bekas Tambang Batubara Sawahlunto.....	23
3.3.1. Jenis Tanaman Lokal dan Jenis Tanaman Energi	23
3.3.2. Potensi Lahan untuk Kebun Energi.....	28
3.4. Skema pemanfaatan Biomassa untuk <i>co-firing</i> PLTU Ombilin.....	35
3.5. Skema Pemanfaatan Biomassa untuk UMKM.....	39
3.6. Konsep Pengembangan Industri Pengolah Hasil Kebun Energi	42
3.7. Rekomendasi Pengembangan <i>Demo Plant</i> Kebun Energi di Kota Sawahlunto	46
BAB 4 DEMO PLANT KEBUN ENERGI 1,5 HA TERINTEGRASI DENGAN PENGEMBANGAN LAINNYA	49
4.1. Latar Belakang <i>Demo Plant</i> Kebun Energi 1,5 Ha	49
4.2. Pembangunan Demo Plant Kebun Energi 1,5 Ha	51
BAB 5 KESIMPULAN	58
DAFTAR PUSTAKA.....	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Pola Aktifitas Sosial dalam Menentukan Model Kebun Energi	13
Gambar 2. 2. Tahapan dalam Proses Revegetasi	15
Gambar 2. 3. Metodologi Penyusunan Kajian Reklamasi Lahan Bekas Tambang Batubara untuk Kebun Energi	16
Gambar 3. 1. Peta Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Sawahlunto Tahun 2012-2032.....	47
Gambar 3. 2. Sebaran Lokasi Izin Usaha Pertambangan Kota Sawahlunto	19
Gambar 3. 3. Skema Penanaman Kebun Energi di Lahan Bekas Tambang Batubara.....	29
Gambar 3. 4. Sistem Silvikultur Tanaman Energi Perhutani	30
Gambar 3. 5. Pola Tanam Kebun Selang-seling (plong-plongan)	31
Gambar 3. 6. Pola Tanam Cluster	32
Gambar 3. 7. Siklus Silvikultur Kebun Energi Perhutani	34
Gambar 3. 8. Neraca Massa Proses Torefaksi	36
Gambar 3. 9. Proses Pre-treatment untuk Menghasilkan Pulverized Biomassa	37
Gambar 3. 10. Proses Torefaksi Biomassa dan Recovery Volatile (Torgas).....	38
Gambar 3. 11. Proses Pembuatan Keripik Ubi	40
Gambar 3. 12. Proses Pembuatan Tahu	40
Gambar 3. 13. Calon Lokasi Kebun Energi (Luas 30 Ha).....	48
Gambar 4. 1. Master Plan Awal Pembangunan Gedung Perkantoran dan Laboratorium P3TKEBTKE Tahun 2012	49
Gambar 4. 2. Layout Gedung Perkantoran P3TEK-KEBTKE (Poligon Merah) Tampak Atas	50
Gambar 4. 3. Layout untuk Cluster Kebun Energi Terintegrasi	51
Gambar 4. 4. Pembukaan Lahan Menggunakan Cultivator dan Traktor	53
Gambar 4. 5. Pekerjaan Pembuatan Jalan Setapak Sepanjang 200 m	54
Gambar 4. 6. Instalasi Pengairan yang Terpasang di Sepanjang Jalan Setapak	54
Gambar 4. 7. Instalasi Penerangan yang Terpasang di Sepanjang Jalan Setapak.....	55
Gambar 4. 8. Pemasangan Unit Digester Biogas dan Peralatan Pendukung Lainnya	55
Gambar 4. 9. Contoh Jenis Tanaman Energi	56
Gambar 4. 10. Contoh Jenis Tanaman Agroforestry	57

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Izin Usaha Pertambangan Batubara Kota Sawahlunto	18
Tabel 3. 2. Jenis Tanaman yang direncanakan untuk Revegetasi.....	23
Tabel 3. 3. Tanaman Lokal yang diidentifikasi KEHATI untuk Blok KEHATI.....	24
Tabel 3. 4. Nama Jenis Pohon dari Jenis Kayu Energi	26
Tabel 3. 5. Jenis Tanaman Energi, Produksi berdasarkan Pengolahan dan Pemanfaatan	35
Tabel 3. 6. Jumlah Industri Berdasarkan Jenis di Kota Sawahlunto.....	39
Tabel 3. 7. Perkiraan Kebutuhan Pelet Kayu untuk Industri Keripik Ubi dan Tahu Tempe di Kota Sawahlunto	41

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Dasar Hukum

Peningkatan populasi jumlah penduduk setiap tahunnya menyebabkan terjadinya peningkatan industri dan peningkatan kebutuhan energi. Hingga saat ini konsumsi bahan bakar fosil masih mendominasi pola konsumsi energi masyarakat Indonesia, sedangkan di sisi lain bahan bakar dari fosil jumlahnya semakin lama semakin menipis. Oleh karena itu diperlukan terobosan untuk mendapatkan bahan baku energi yang dapat diperbaharui dan mudah dimanfaatkan serta mampu memenuhi kebutuhan hidup khalayak luas.

Salah satu terobosan tersebut adalah dengan meningkatkan pemanfaatan bahan baku terbarukan dari pohon, berupa kayu energi dari tanaman-tanaman seperti kaliandra (*Caliandra calothyrsus*), gamal (*Gliricidia sepium*), akasia (*Acacia auriculiformis*), turi (*Sesbania grandiflora*), sengon (*Albizia chinensis*) dan lain-lain. Dengan kata lain pengembangan kebun energi perlu dilakukan untuk menghasilkan tanaman yang memiliki sifat cepat tumbuh dan mudah hidup sehingga mampu menghasilkan kayu energi yang berkualitas.

Penggunaan kayu sebagai bahan bakar Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) sudah banyak diterapkan di beberapa negara lain seperti Eropa Utara, Eropa Timur, Jepang, Korea, China, dll. Pemanfaatan di Indonesia pun sudah mulai mengalami peningkatan, tetapi masih dalam jumlah yang terbatas. Bahan bakar tanaman kayu untuk pembangkit listrik dapat berupa *wood pellet* dan *wood chips*.

Perebutan lahan karena berbagai kepentingan dan menipisnya hutan terutama di Jawa telah mempengaruhi pemenuhan kebutuhan sumber bahan bakar dari kayu bagi masyarakat. Oleh karena itu, perlu dilakukan kegiatan intensifikasi untuk meningkatkan produksi pada lahan yang terbatas. Salah satunya dengan menghasilkan tanaman unggul yang cocok ditanam di lahan yang kurang produktif, lahan kritis, dan termasuk juga lahan bekas tambang.

Berdasarkan publikasi data dari Minerba One Data Indonesia (MODI) di situs Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara, Kementerian ESDM, tercatat pada tahun 2020 perencanaan reklamasi lahan bekas tambang batubara adalah seluas 7000 ha dengan

realisasi sebesar 4128,28 ha atau sebesar 58,98%. Ini artinya lahan yang belum direklamasi yang menjadi target pada tahun 2020 masih sekitar 2871,72 ha. Lahan bekas tambang batubara seperti ini bisa menjadi salah satu alternatif untuk pengembangan kebun energi yang menghasilkan biomassa kayu.

Lahan bekas tambang memiliki karakteristik topografi dan hidrologi yang berbeda-beda. Kondisi lahan bekas tambang batubara berbeda dengan lahan bekas tambang mineral, seperti emas dan tembaga serta bauksit, timah dan nikel, demikian pula dengan cara penambangannya. Masalah yang muncul yang menyangkut teknis reklamasi dapat berupa kesuburan tanah yang sangat rendah, erosi dan sedimentasi yang tinggi, tanah pucuk kurang atau tidak tersedia, munculnya air asam tambang, lereng-lereng yang curam, air untuk menyiram kurang atau tidak tersedia, iklim mikro belum sesuai, pemilihan jenis tanaman, dan lain-lain. Semua permasalahan tersebut perlu diatasi agar diperoleh tingkat keberhasilan reklamasi yang tinggi.

Kegiatan reklamasi lahan bekas tambang batubara sebagai bentuk upaya penyelamatan lingkungan menjadi hal yang menarik untuk terus dikaji lebih mendalam. Penelitian tentang reklamasi sebenarnya sudah banyak dilakukan baik itu terkait mengenai penanganan Air Asam Tambang (AAT), pembenahan tanah pada lahan bekas tambang maupun yang terkait dengan revegetasi lahan bekas tambang batubara.

Beberapa penelitian yang membahas tentang penanganan AAT sehingga dapat dijadikan alternatif pilihan untuk dilakukan adalah sebagai berikut :

- Untung dan Rosnia (2009) menyatakan bahwa salah satu cara yang cukup efektif untuk mengatasi adanya pembentukan AAT akibat aktifitas mikroba *Thiobacillus ferrooxidans* adalah dengan mengurangi dan mencegah aktifitas bakteri dengan penambahan bakterisida berupa senyawa fenol dan gamping.
- Fahrudin (2009) dalam studi yang dilakukannya melakukan penambahan endapan dari lahan yang tergenang air (*wetland*) karena di dalamnya terdapat bakteri pereduksi sulfat. Endapan lumpur yang digunakan berasal dari bakau, rawa, sawah dan pantai untuk mereduksi AAT dalam bioreactor selama 50 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan sedimen rawa mengalami peningkatan pH paling tinggi sampai pada pH 7,3.

- Silaban (2011) menyebutkan bahwa PT Thies Contractor Indonesia salah satu perusahaan tambang batubara di Kalimantan Selatan menggunakan kolam pengendapan untuk menetralkan air limbah penambangan sebelum dilepaskan ke sungai. Proses penetralan apabila pH asam, dilakukan dengan penambahan kapur atau tawas sesuai kebutuhan.

Penelitian yang berkaitan dengan revegetasi dengan aplikasi silvikultur intensif pada lahan bekas tambang juga sudah banyak dilakukan sebelumnya pada lahan bekas tambang. Beberapa penelitian tersebut adalah :

- Penelitian tentang efek kombinasi inokulasi mikoriza arbuskular (AMF) pada revegetasi lahan pasca penambangan dengan *Pongamia pinnata* pernah dilakukan oleh C. Agus, dkk pada tahun 2019. Dari perlakuan tersebut dapat meningkatkan beberapa sifat kimia tanah, meningkatkan pertumbuhan bibit dan mengurangi biaya pupuk kimia sehingga cocok untuk program rehabilitasi pasca penambangan.
- Pada penelitian yang dilakukan Sri Wilarso Budi, dkk pada 2020, melibatkan penggunaan tiga varian MycoSilvi baik tunggal atau dalam kombinasi dengan amelioran tanah untuk meningkatkan pertumbuhan *Albizia chinensis* dan *Pongamia pinnata* pada media tanah pasca-penambangan dengan pH rendah dan kandungan aluminium tinggi.

Buku-buku yang membahas tentang reklamasi bekas tambang batubara dan timah juga pernah disusun sebagai berikut :

- Adi Susilo, dkk pada tahun 2010, menyusun buku berjudul “Status Riset Reklamasi Pasca Tambang Batubara” membahas tentang dampak dan cara reklamasi. Fokus pembahasannya antara lain air asam tambang, pembenahan tanah pada bekas tambang batubara, revegetasi lahan bekas tambang batubara, dan sosial ekonomi reklamasi tambang.
- Balitbang Pertanian pada tahun 2019 telah merilis buku “Petunjuk Teknis Rehabilitasi Lahan Bekas Tambang untuk Pertanian”. Dalam buku tersebut terdapat penjelasan/sosialisasi kepada petani tentang pengelolaan lahan untuk produksi tanaman dan tanaman pakan ternak pada lahan bekas tambang. Contoh yang diberikan pada buku ini kebanyakan berasal dari lahan bekas tambang

timah, namun cara pengelolaan hara dan bahan organik tidak banyak berbeda antara lahan bekas tambang timah dan lahan bekas tambang batubara.

Dasar hukum terkait reklamasi lahan bekas tambang dan pengembangan kebun energi untuk bahan bakar PLTBm dan *co-firing* PLTU antara lain sebagai berikut :

1. Undang-undang No. 18 Tahun 2002 tentang Sistem Nasional Penelitian, Pengembangan, dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi
2. Peraturan Pemerintah No. 03 tahun 2005 tentang Ketenagalistrikan menyatakan bahwa guna menjamin ketersediaan energi primer untuk pembangkit tenaga listrik, diprioritaskan penggunaan sumber energi setempat dengan kewajiban mengutamakan pemanfaatan sumber energi terbarukan.
3. Undang-undang No. 30 tahun 2007 tentang Energi khususnya pemanfaatan energi setempat
4. Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor : P. 4/Menhut-II/2011 Tentang Pedoman Reklamasi Hutan.
5. Peraturan Menteri ESDM No. 07 Tahun 2014 Tentang Pelaksanaan Reklamasi Dan Pascatambang Pada Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral Dan Batubara.
6. Keputusan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 Lampiran VI tentang Pedoman Pelaksanaan Reklamasi dan Pascatambang serta Pascaoperasi pada Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral Dan Batubara.

1.2. Rumusan Permasalahan

Adapun Rumusan masalah yang menjadi latar belakang perlunya dilakukan kegiatan kajian ini adalah :

- Apakah penyediaan EBT dapat diintegrasikan dengan upaya penyelamatan lingkungan lahan bekas tambang batubara?
- Apakah kebun energi memberi manfaat bagi masyarakat setempat?

Kajian Reklamasi Kajian Reklamasi Lahan Bekas Tambang Batubara untuk Kebun Energi ini merupakan kajian yang memanfaatkan hasil penelitian maupun studi sebelumnya berupa tahapan dalam reklamasi, alternatif pembenahan tanah, teknik revegetasi dengan aplikasi silvikultur, syarat tumbuh tanaman, nilai kalor tanaman dan metode perhitungan

potensi energi per satuan luas per satuan waktu. Kajian ini juga akan membahas skema reklamasi untuk pengembangan kebun energi dan skema pemanfaatan biomassa untuk *co-firing* PLTU dan skema pemanfaatan biomassa untuk industri kecil dan menengah. Melalui kajian tersebut diharapkan mampu memberi solusi dari rumusan permasalahan tersebut.

1.3. Tujuan Kegiatan

Tujuan dari Kegiatan ini adalah :

1. Menjalin kerjasama dengan perusahaan tambang batubara untuk mengkaji kemungkinan upaya reklamasi dan revegetasi tanaman energi sehingga kondisi permukaan tanah dapat stabil, dapat menopang sendiri secara berkelanjutan (*self sustaining*) dan menjadi lahan produktif.
2. Menyediakan Kajian Reklamasi Lahan Bekas Tambang Batubara untuk Kebun Energi.
3. Memberikan informasi kepada Dirjen Minerba terkait potensi alternatif kegiatan reklamasi dengan revegetasi tanaman energi.
4. Membangun demo plant kebun energi seluas 1,5 ha yang terintegrasi dengan pengembangan lainnya di lahan yang tersedia di kantor.

1.4. Ruang Lingkup Kegiatan

Kegiatan kajian ini dilaksanakan selama 7 (tujuh) bulan dengan ruang lingkup kegiatan sebagai berikut:

1. Melakukan studi literatur dan mengumpulkan data-data sekunder terkait hal-hal sebagai berikut:
 - Skema reklamasi tambang batubara. Beberapa hal yang menjadi fokus pembahasannya antara lokasi lahan yang akan dikaji, air asam tambang, alternatif pembenahan/pengelolaan lahan, pemantauan lingkungan, sosial ekonomi.
 - Skema kebun energi yang mampu menghasilkan biomassa kayu untuk diolah menjadi *woodchips* dan *woodpellet* untuk bahan bakar *co-firing* PLTU dan Industri Kecil dan Menengah (IKM).
 - Tanaman energi yang potensial untuk dikembangkan menjadi kebun energi pada lahan bekas tambang batubara. Studi yang dilakukan mencakup harga bahan baku, potensi ketersediaan lahan, nilai kalor dan syarat tumbuh serta produktivitasnya.
 - Regulasi dan Kebijakan terkait reklamasi lahan bekas tambang batubara.

2. Melakukan koordinasi dengan pihak-pihak terkait seperti Direktorat Pengusahaan Batubara, Direktorat Tek Lingkungan, Kementerian LHK, Puslitbang Tekmira, Institut Pertanian Bogor, Perum Perhutani, Pusreht Kalimantan, IKABI, Universitas Andalas, Dinas ESDM Provinsi Kaltim, Kalsel dan Sumbar, Asosiasi Produsen Biomassa dan Kementan.
3. Mengadakan Fokus Group Discussion (FGD) via *online* untuk memperoleh informasi terkait skema pengembangan kebun energi, skema reklamasi pada lahan bekas tambang batubara dan teknologi pemanfaatan kayu energi.
4. Melakukan survey lokasi ke lahan bekas tambang di kota Sawahlunto.
5. Melakukan pengumpulan data teknis lainnya serta melakukan perhitungan, pengolahan dan analisis data.
6. Menyusun Laporan Semester dan Laporan Akhir.

1.5. Hasil yang Diharapkan

Hasil dari kegiatan Kajian Reklamasi Lahan Bekas Tambang Batubara untuk Kebun Energi adalah sebagai berikut :

1. Laporan Kajian Reklamasi Lahan Bekas Tambang Batu Bara untuk Kebun Energi yang membahas hal-hal sebagai berikut:
 - Skema Pengembangan Kebun Energi
 - Skema pemanfaatan biomassa untuk *co-firing* PLTU
 - Skema pemanfaatan biomassa kebun untuk bahan bakar industri kecil dan menengah
2. *Demo plant* kebun energi seluas 1,5 ha yang terintegrasi (Integrated Farming) dengan pengembangan kegiatan lainnya (dibahas pada Bab 4)

BAB 2 KAJIAN REKLAMASI LAHAN BEKAS TAMBANG BATUBARA UNTUK KEBUN ENERGI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Tahapan Reklamasi

Kegiatan pertambangan merupakan kegiatan usaha yang kompleks dan sangat rumit, sarat risiko, merupakan kegiatan usaha jangka panjang, melibatkan teknologi tinggi, padat modal, dan aturan regulasi yang dikeluarkan dari beberapa sektor. Selain itu, kegiatan pertambangan mempunyai daya ubah lingkungan yang besar, sehingga memerlukan perencanaan total yang matang sejak tahap awal sampai pasca tambang. Pada saat membuka tambang, sudah harus difahami bagaimana menutup tambang. Rehabilitasi/reklamasi tambang bersifat progresif, sesuai rencana tata guna lahan pasca tambang. (Sabtando Joko Suprpto, PSDG)

Reklamasi adalah kegiatan yang bertujuan memperbaiki atau menata kegunaan lahan yang terganggu sebagai akibat kegiatan usaha pertambangan, agar dapat berfungsi dan berdaya guna sesuai peruntukannya. Reklamasi lahan bekas tambang selain merupakan upaya untuk memperbaiki kondisi lingkungan pasca tambang, agar menghasilkan lingkungan ekosistem yang baik dan diupayakan menjadi lebih baik dibandingkan rona awalnya, dilakukan dengan mempertimbangkan potensi bahan galian yang masih tertinggal. (Sabtando Joko Suprpto, PSDG)

Reklamasi lahan-lahan bekas tambang, khususnya untuk tujuan revegetasi menghadapi berbagai permasalahan, seperti lereng tidak stabil, erosi dan sedimentasi, tanah miskin unsur hara, tanah-tanah pucuk yang tipis atau tidak ada sama sekali, bahan amelioran, ketersediaan air tawar, iklim mikro yang belum tercipta, pembentukan air asam tambang, logam-logam berat, dan lain-lain.

Permasalahan yang dihadapi tersebut berbeda-beda untuk jenis-jenis tambang mineral dan batubara serta tambang terbuka dan tambang bawah tanah. Namun demikian beberapa kegiatan reklamasi dapat menghambat keberhasilan reklamasi secara maksimal, seperti *landscaping* berlebihan yang menyebabkan tanah menjadi sangat padat, pengapuran yang membatasi ketersediaan unsur-unsur mikro dan timbulnya sifat hidrofobi pada penggunaan kompos pada kondisi kering.

Dari sekian banyak permasalahan yang dihadapi, masalah yang paling umum dan mendominasi pada pengupayaan reklamasi adalah:

1. Air Asam Tambang

AAT sebagai efek dari penambangan perlu mendapat perhatian serius, karena berdampak negatif terhadap lingkungan. Pengelolaan AAT dapat dimulai dengan cara pemilihan lokasi pembuatan kolam penampungan, penutupan lapisan tanah yang berpotensi membentuk AAT, dilanjutkan dengan penanaman tumbuhan penyerap logam, serta penggunaan mikroorganisme yang membantu dalam penguraian komponen AAT.

2. Pembenahan Tanah pada Bekas Tambang Batubara

Pada lahan bekas tambang, reklamasi adalah usaha/upaya menciptakan suatu kondisi agar permukaan tanah dapat stabil, dapat menopang sendiri secara berkelanjutan (self-sustaining) dan dapat digunakan untuk berproduksi, dimulai dari hubungan antara tanah dan vegetasi, sebagai titik awal membangun ekosistem baru. Upaya pembenahan tanah diawali dengan pengatasan air asam tambang (AAT), memperbaiki kemasaman (pH) tanah, memperbaiki KTK, pengurangan kontaminan khususnya logam-logam berat, memperbaiki BD, porositas dan permeabilitas tanah, penambahan unsur hara dan bahan organik tanah. Aktivitas pembenahan tanah mutlak diperlukan untuk menciptakan pra-kondisi lahan yang dapat ditanami.

3. Revegetasi Lahan Bekas Tambang Batubara

Pelaksanaan reklamasi umumnya merupakan gabungan dari pekerjaan teknik perencanaan dan teknik manajemen vegetasi yang terintegrasi. Perpaduan yang baik antara keduanya merupakan salah satu penentu keberhasilan kegiatan reklamasi tambang. Lebih spesifik, keberhasilan revegetasi bergantung pada beberapa hal seperti: persiapan penanaman, pemeliharaan tanaman serta pemantauan tanaman. Untuk kondisi lahan bekas tambang dengan kerusakan berat dan ekstrim diperlukan pelaksanaan reklamasi khusus dengan perlakuan tambahan dari teknik reklamasi.

4. Sosial Ekonomi Reklamasi Tambang.

Reklamasi lahan bekas tambang batubara membutuhkan pendekatan multidisiplin ilmu. Reklamasi lahan sebagai satu bagian langkah menjelang pentupan tambang tidak hanya memerlukan pendekatan dari aspek perbaikan lingkungan, tetapi juga menjadi penting memerlukan pendekatan dari aspek ekonomi dan sosial. Reklamasi memerlukan perencanaan yang matang dari aspek lingkungan, ekonomi dan sosial secara komprehensif,

agar pada saat penutupan tambang, kegiatan-kegiatan ekonomi dan sosial masyarakat dapat tercipta dengan baik.

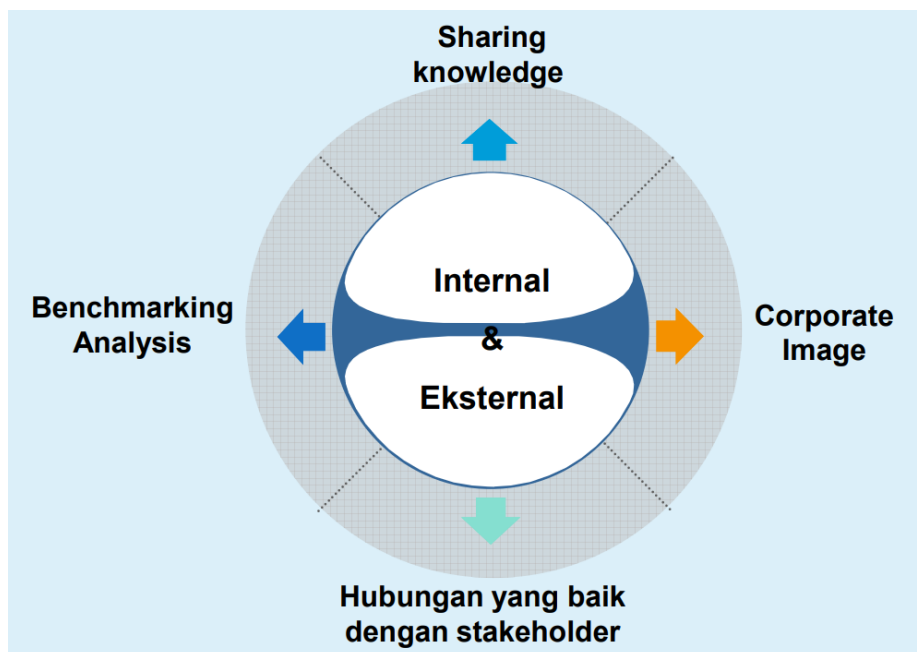
2.1.2. Aspek-aspek Reklamasi Lahan Bekas Tambang Batubara untuk Kebun Energi

Menurut Dr. Sukartiningsih tahun 2020, pada sebuah sesi diskusi *online* menyatakan bahwa, untuk membangun sebuah kebun energi pada lahan bekas tambang batubara, perlu memperhatikan beberapa aspek sebagai berikut :

1. Aspek tujuan dan sasaran dari pembangunan kebun energi

Pada tahap awal pembangunan, perlu ditentukan model kebun energi yang akan dibangun. Model kebun energi yang dimaksud perlu ditentukan untuk tujuan penyediaan kayu energi itu sendiri, apakah untuk bahan bakar PLTBM, biomassa sebagai *co-firing* PLTU ataukah untuk bahan bakar Industri Kecil dan Menengah setempat. Penentuan model kebun energi dapat dilakukan melalui *benchmarking analysis* terhadap perusahaan kebun energi yang sudah ada dan berkembang.

Jika model kebun energi sudah ditentukan, maka tahap selanjutnya menentukan species yang paling menjanjikan untuk mencapai produksi biomassa kayu energi yang efisien dengan memperhatikan karakter species, produktivitas, dan nilai lingkungan tambahan. Tak kalah penting adalah manfaat dan tantangan sosio-ekonomi dan lingkungan dari kebun energi.



Gambar 2. 1. Pola Aktifitas Sosial dalam Menentukan Model Kebun Energi

Pada gambar 2.1 dapat dilihat bahwa, selain *benchmarking analysis*, dalam pembangunan kebun energi, sangat penting membangun hubungan yang baik di antara stakeholder, dalam hal ini adalah pengusaha kebun energi, pemerintah, industri yang memanfaatkan dan masyarakat setempat. Sehingga pada akhirnya pembangunan kebun energi tak hanya berhasil dalam penyediaan kayu energi tetapi juga meningkatkan *corporate image* dari suatu perusahaan.

2. Aspek legal status lahan bekas tambang batubara

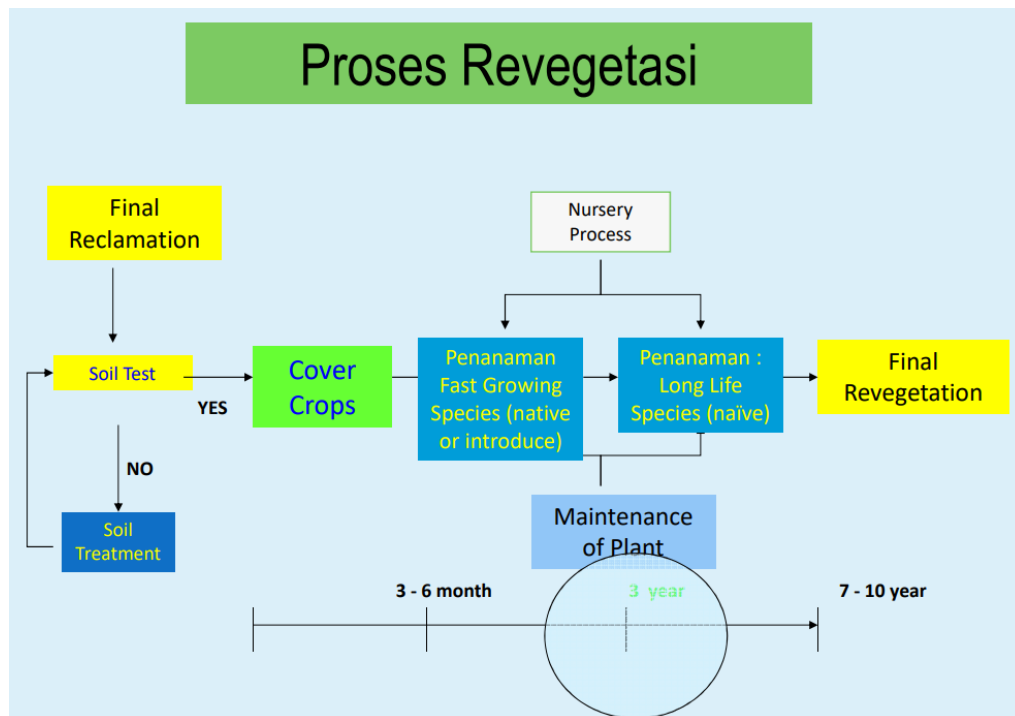
Secara umum kawasan lahan untuk kegiatan budidaya meliputi 2 (dua) kawasan yaitu : kawasan budidaya kehutanan (KBK) dan kawasan budidaya non kehutanan (KBNK). Berdasarkan UU No. 4 tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara dan Permenhut no. 60 tahun 2009 tentang Pedoman Penilaian Keberhasilan Reklamasi Hutan, maka kegiatan reklamasi lahan bekas tambang merupakan kegiatan dalam rangka pengembalian lahan sesuai fungsi peruntukannya. Adapun fungsi peruntukan yang dimaksud adalah :

- Untuk kawasan hutan produksi, maka lahan tersebut dikembalikan pada keadaan yang sesuai dengan tujuan perusahaan hutan produksi, di mana tanaman yang dipilih adalah termasuk spesies yang tumbuh cepat dan bernilai jual tinggi.
- Untuk kawasan hutan lindung, maka pengembalian fungsi lahan adalah pengembalian fungsi tata air dan perlindungan bagian hilir yang meliputi: spesies daur panjang, perakaran dalam, heterogeny, HHBK dan evapotranspirasi rendah.
- Untuk Area Penggunaan Lain (APL), maka pengembalian fungsi lahan dikembalikan sesuai peruntukan awal dari tata guna lahannya yaitu : perkebunan, pemukiman, pertanian dan lain-lain.

3. Aspek teknis dalam tahapan reklamasi

Tahapan aktifitas penambangan batubara secara umum adalah : pembukaan tanaman penutup lahan, pembersihan lahan, pengaturan tanah pucuk, aktifitas penambangan, penutupan Kembali (*backfilling*), pembentukan lahan, penataan kontur lahan, penyebaran dengan/tanpa tanah pucuk, penanaman dan perawatan tanaman.

Tahapan dalam proses revegetasi yang dijelaskan pada gambar 2.2 meliputi : uji kesesuaian lahan untuk tanaman penutup (*cover crops*), dilanjutkan dengan penanaman jenis yang cepat tumbuh (*fast growing*) dan jika kondisi tanah sudah stabil dilanjutkan penanaman jenis yang berumur panjang. Pemeliharaan tanaman setidaknya dilakukan hingga tahun ketiga.



Gambar 2. 2. Tahapan dalam Proses Revegetasi

4. Aspek ekonomi dan pemasaran

Pada tahap ini, hal yang terpenting untuk membuka pasar produk-produk pengolahan hasil kebun energi adalah mengintegrasikan teknologi hasil penelitian (hulu-hilir) untuk menunjang efisiensi dan efektifitas pengolahan industri sehingga layak diimplementasikan pada skala produksi.

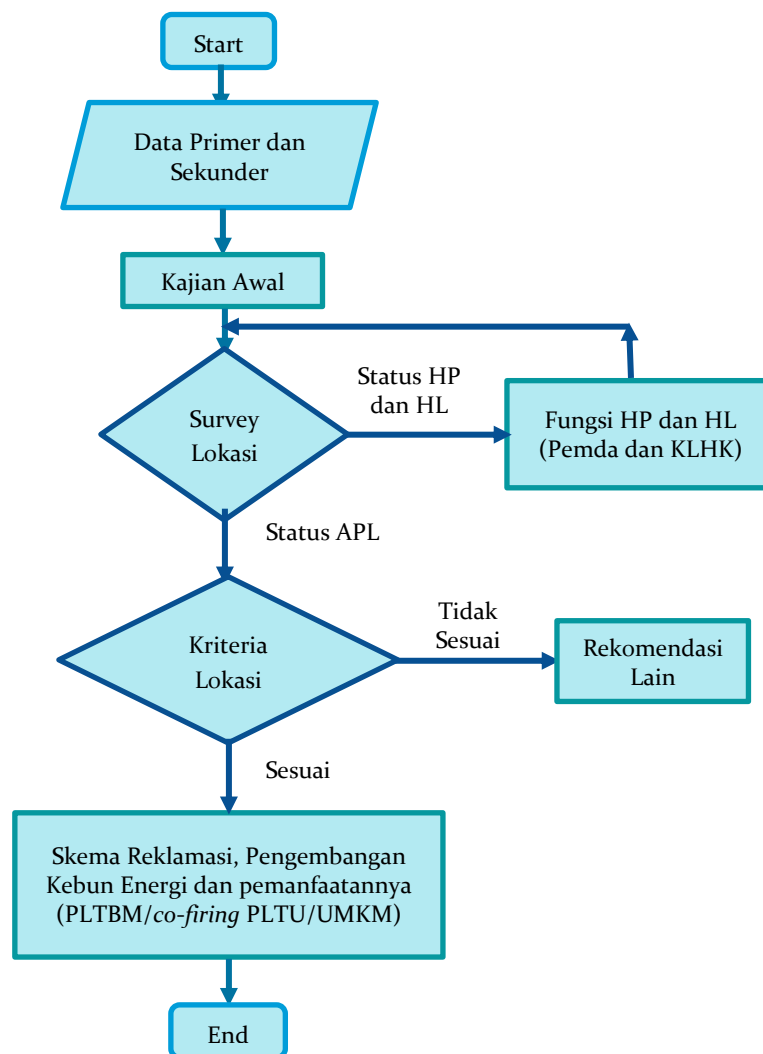
2.2. Metodologi Penyusunan Kajian

2.2.1. Data

Dalam melakukan penyusunan kajian diperlukan data dan informasi baik yang bersifat primer maupun sekunder. Data primer yang diperoleh berasal dari diskusi tatap muka langsung ataupun *via online* dan survey ke lokasi obyek kajian. Sedangkan data sekunder berupa dokumen UKL-UPL dan Rencana Reklamasi diperoleh saat melakukan survey. Data sekunder lainnya berupa skema reklamasi, alternatif pembenahan tanah, teknik revegetasi dengan aplikasi silvikultur, syarat tumbuh tanaman, nilai kalor tanaman dan metode perhitungan potensi energi per satuan luas per satuan waktu diperoleh dari artikel ilmiah dan buku.

2.2.2. Metode

Penelitian dilakukan dengan metode kuantitatif dan survey. Data primer dan sekunder yang diperoleh dikumpulkan sebagai referensi awal kajian. Hasil perhitungan potensi energi berdasarkan kondisi dan luasan lahan tersebut kemudian digunakan untuk Menyusun sebuah konsep pengembangan kebun energi dan skema pemanfaatan hasil kebun energi dengan alur seperti **Gambar 2.3**.



Gambar 2. 3. Metodologi Penyusunan Kajian Reklamasi Lahan Bekas Tambang Batubara untuk Kebun Energi

BAB 3 KOTA TAMBANG SAWAHLUNTO DI PROVINSI SUMATERA BARAT

3.1. Profil Kota Sawahlunto

Secara geografis Kota Sawahlunto terletak di daerah perbukitan dengan posisi terletak di antara 100.41 dan 100.49 Bujur Timur, 0.34 – 0.46 Lintang Selatan. Sedangkan batasan wilayah Kota Sawahlunto dilihat dari letak administrasi berbatasan dengan :

- Sebelah Utara : Berbatasan dengan Kab. Tanah Datar
- Sebelah Selatan : Berbatasan dengan Kab. Solok
- Sebelah Timur : Berbatasan dengan Kab. Sijunjung.
- Sebelah Barat : Berbatasan dengan Kab. Solok.

Secara geografis luas wilayah Kota Sawahlunto adalah 27.345 Ha (273,45 km²) atau sekitar 0,65 persen dari luas Propinsi Sumatera Barat dengan jarak ke Ibukota Propinsi (Padang) adalah 94 km dan dapat ditempuh melalui jalan darat dalam waktu lebih kurang 2 (dua) jam dengan kendaraan roda 4 (empat). Dari luas wilayah tersebut secara administratif Kota Sawahlunto memiliki 4 Kecamatan yang terdiri dari 10 Kelurahan dan 27 Desa. Dari luas wilayahnya, yang terluas yakni Kecamatan Talawi dengan luas 9.939 Ha, dan disusul Kecamatan Barangin dengan luas 8.855 Ha, Kecamatan Lembah Segar dengan luas 5.258 Ha dan Kecamatan Silungkang dengan luas 3.293 Ha

Sawahlunto adalah kota kecil yang terletak di Provinsi Sumatera Barat yang memiliki perjalanan sejarah yang sangat unik. Bermula dari kota yang terkenal dengan kota tambang hingga dijuluki sebagai Kota Arang atau Kota Emas Hitam karena potensi batu bara yang melimpah. Bahkan pernah menyandang sebutan kota industri batubara ternama dunia semenjak pertama kali ditemukan oleh seorang geologi Belanda bernama Willem Hendrik De Greve pada tahun 1868 (Erman, 2005).

Pemerintahan Sawahlunto saat ini tengah berbenah dengan mengubah kebijakan pembangunan kota dari Kota Tambang menjadi Kota Wisata, yang tertuang dalam rumusan visi Kota Sawahlunto dalam Perda Nomor 2 tahun 2001 yaitu “Sawahlunto Tahun 2020 menjadi Kota Wisata Tambang yang Berbudaya”. Visi tersebut kemudian dikukuhkan lagi dengan Perda Nomor 6 tahun 2003 tentang Rencana Strategis Pemerintah Kota Sawahlunto tahun 2003-2008 yang merupakan visi dan misi jangka panjang Pemerintah Kota Sawahlunto sampai tahun 2008 di bidang pariwisata. (BAPPEDA Kota Sawahlunto 2014)

Sejalan dengan hal tersebut, maka Kajian Reklamasi Lahan Bekas Tambang Batubara untuk Kebun Energi diharapkan dapat mendukung kebijakan tersebut melalui penyediaan alternatif mekanisme reklamasi dan mekanisme upaya penyelamatan lingkungan lahan pasca tambang yang terintegrasi dengan penyediaan energi.

3.2. Izin Usaha Pertambangan Batubara Kota Sawahlunto

Dari hasil koordinasi pada tanggal 17 September 2020 dengan Dinas Perumahan Kawasan, Pemukiman Pertanahan dan Lingkungan Hidup (DPKP2LH) Kota Sawahlunto diperoleh informasi bahwa kegiatan operasi produksi tambang batubara di kota Sawahlunto masih banyak yang aktif. Hal ini dijelaskan pada Tabel 3.1 sebagai berikut :

Tabel 3. 1. Izin Usaha Pertambangan Batubara Kota Sawahlunto

Nama Perusahaan	Poligon	Lokasi	Tahapan Kegiatan	Tanggal Berakhir IUP	Luas IUP * (Ha)	Luas IUP** (Ha)
CV. Daksa Elang Abadi	1	Desa Tumpuk Tengah, kec. Talawi	Tidak Aktif	-	108	-
CV. Cahaya Bumi Pratama	2	Desa Tumpuk Tengah, kec. Talawi	Operasi Produksi	5 Juni 2023	103,4	71,96
CV. Air Mata Emas	3	Desa Tumpuk Tengah, kec. Talawi	Operasi Produksi	6 Juni 2026	118,21	80,81
CV. Miyor Pratama Coal	4	Desa Tumpuk Tengah, kec. Talawi	Operasi Produksi	25 Mar 2026	44,67	44,67
CV. Karya Maju Sejati	5	Desa Tumpuk Tengah, kec. Talawi	Tidak Aktif	-	102,6	-
PT. AIC Jaya	6	Desa Batu Tanjung, kec. Talawi	Operasi Produksi	18 Mei 2028	372,4	427,2
PT. Dasrat Sarana Arang Sejati	7	Desa Batu Tanjung, kec. Talawi	Operasi Produksi	2 Juni 2026	125,4	125,4
CV. Bara Mitra Kencana	8	Desa Batu Tanjung, kec. Talawi	Operasi Produksi	19 Jan 2027	70,51	49,61
PT. Nusa Alam Lestari	9	Desa Salak, kec. Talawi	Operasi Produksi	27 Mar 2021	100,2	100
PT. Putri Surya Pratama Natural	10	Desa Salak, kec. Talawi	Operasi Produksi	26 Juli 2027	38,84	38,83
PT. Guguk Tinggi Coal	11	Desa Salak, kec. Talawi	Operasi Produksi	23 Mar 2026	71,35	40,49

**) Data IUP berdasarkan Mineral One Map Indonesia

Sebaran lokasi Izin Usaha Pertambangan (batubara dan non batubara) di Kota Sawahlunto dapat dilihat pada gambar 3.1 sebagai berikut :



Dari sejumlah IUP yang ada, status kepemilikan lahannya dapat dikelompokkan sebagai berikut, yaitu :

1. Kepemilikan BUMN

Perusahaan yang dimaksud dengan total luas IUP 2935 ha adalah PT Bukit Asam Tbk.

2. Kepemilikan pribadi

Perusahaan-perusahaan yang dimaksud dengan total luas IUP 289,71 ha adalah sebagai berikut : CV. Air Mata Emas, CV. Miyor dan CV. Putri Surya Pratama Natural, PT. Dasrat Sarana Arang Sejati.

3. Kepemilikan/Hak Ulayat

Perusahaan-perusahaan yang dimaksud dengan total luas IUP 953,66 ha adalah sebagai berikut : CV Daksa Elang Abadi, CV. CBP, CV KMS, CV AIC Jaya, CV BMK, PT. NAL, PT Guguk Tinggi Coal dan CV Tahiti Coal

Kegiatan survey lapangan ke lokasi lahan bekas tambang batubara dilakukan untuk memperoleh informasi lebih detail mengenai rencana reklamasi dari perusahaan, kondisi lahan eksisting serta kondisi sosial yang berpengaruh dalam perencanaan reklamasi dan revegetasi nantinya. Beberapa lokasi yang telah disurvei adalah sebagai berikut :

1. PT Bukit Asam

Jumlah luasan total lahan tambang milik PT. Bukit Asam yang masih aktif dan berada di Sawahlunto adalah sebesar 2950 Ha (Tabel-1). IUP milik PT Bukit Asam yang masih aktif tersebut terdiri dari beberapa IUP yang masa berakhir IUPnya tidak bersamaan. Sedangkan jumlah luasan tambang yang sudah tidak aktif adalah sebesar 393 ha, di mana lahan tersebut telah diserahkan ke pemerintah kota Sawahlunto pada akhir tahun 2004. Kemudian oleh Pemkot Sawahlunto lahan tersebut digunakan untuk pengembangan pariwisata dan proyek taman KEHATI, sehingga tersisa lahan kurang lebih seluas 30 ha. Luas lahan inilah yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai Demo Plant Kebun Energi.

Namun di sisi lain, walaupun lahan tersebut sudah dihibahkan ke Pemkot Sawahlunto, namun lahan tersebut belum disertifikasi karena terkendala adanya peraturan menteri terkait penyerahan lahan harus disertai dengan jumlah rupiah yang dikeluarkan oleh Pemkot Sawahlunto walaupun nilainya hanya Rp 1.

Untuk pemanfaatan lahan, PT Bukit Asam pada intinya tidak akan mempersulit kegiatan apapun asalkan bukan untuk kegiatan komersial atau diserahkan pada pihak swasta. Jika

ada kegiatan yang terkait dengan konservasi yang disertai kesiapan master plan, maka PT Bukit Asam akan mengeluarkan lahan yang terpakai itu dari daftar asetnya. Kondisi lokasi pada lahan bekas tambang PT Bukit Asam dapat dilihat pada gambar 3.2 sebagai berikut :



Gambar 3. 2. Survey Lokasi di Lahan Bekas Tambang PT Bukit Asam

2. PT. Bara Mitra Kencana (PT BMK)

Perusahaan ini mempunyai luasan IUP seluas 70,51 ha. Sebagian lahan bekas tambang sudah direklamasi seluas 7-9 ha. Kegiatan revegetasi dilakukan dengan tanaman pinang, jeruk nipis, akasia, sengon dan hutan jati putih. Status pemilik lahan adalah hak ulayat, di mana seluas 20 ha merupakan hak ulayat yang sama dengan lahan PT. Nusa Alam Lestari. PT. BMK saat ini tengah mengkaji kesesuaian lahannya dengan tanaman bambu dan teknologi pengarangannya. Perusahaan ini berencana melakukan reklamasi dan revegetasi lahan bekas tambangnya dengan tanaman bambu tersebut. Diskusi dengan pemilik tambang dan Kepala Teknik Tambang PT Bara Mitra Kencana dapat dilihat pada gambar 3.3 sebagai berikut :



Gambar 3. 3. Diskusi dengan PT Bara Mitra Kencana

3. PT. Nusa Alam Lestari (PT NAL)

Luasan IUP PT. NAL seluas 100 ha diperoleh pada tahun 2006 – 2013. Kemudian dilakukan perpanjangan IUP dari tahun 2013-2021. Pada tahun 2021 luasan IUP menyusut menjadi 94,8 ha. Dari luasan yang ada sekitar 3,17 ha merupakan wilayah hutan produksi. Kegiatan penambangan terbuka dilakukan pada tahun 2006-2011, kemudian sejak tahun 2011 dilakukan kegiatan penambangan bawah tanah. Tanaman yang tumbuh subur di areal lahan bekas tambang adalah akasia, albasia dan sengon. Tanaman karet dan jenis tanaman buah-buahan tidak tumbuh subur di areal ini.

Status kepemilikan lahan adalah hak ulayat yang beranggotakan Ninik Mamak sebanyak 10 (sepuluh) orang yang mewakili suku chaniago dan patopang ibus. Perjanjian dengan ulayat ketika masa penambangan berakhir adalah untuk menghidupkan kembali areal lahan bekas tambang. Diskusi dengan Kepala Teknik Tambang PT NAL dapat dilihat pada gambar 3.4 sebagai berikut :



Gambar 3. 4. Diskusi dengan PT Nusa Alam Lestari

3.3. Pengembangan Kebun Energi di Lahan Bekas Tambang Batubara Sawahlunto

3.3.1. Jenis Tanaman Lokal dan Jenis Tanaman Energi

Informasi mengenai jenis tanaman lokal di lahan bekas tambang Sawahlunto dapat diperoleh dari dokumen rencana reklamasi maupun dokumen UKL-UPL milik perusahaan tambang yang memperoleh IUP tersebut. Beberapa dokumen tersebut menyebutkan jenis tanaman yang direncanakan untuk kegiatan revegetasi pada saat reklamasi berlangsung, hal ini dapat dilihat pada tabel 3.2 sebagai berikut :

Tabel 3. 2. Jenis Tanaman yang direncanakan untuk Revegetasi

Jenis Tanaman yang direncanakan untuk Revegetasi					
CV AME	CV CBP	PT DSAS	CV Tahiti	PT NAL	CV BMK
- kemiri - Jarak - Akassia (<i>Acacia mangium</i>)	- Kopi (<i>Coffea Arabica</i>) - Karet (<i>Hevea brasiliensis</i>) - kemiri - Akassia (<i>Acacia mangium</i>)	- Akassia (<i>Acacia mangium</i>) - <i>Acacia auriculiformis</i> - Jarak - Kemiri	Kopi Kemiri Karet Akasia	Sengon Akasia Trembesi	Akasia

Sumber : Dokumen UKL-UPL dan Reklamasi dari Perusahaan Tambang Batubara Sawahlunto

Selain dari dokumen rencana reklamasi dan UKL-UPL, informasi mengenai jenis tanaman lokal dapat juga diperoleh dari hasil identifikasi yang telah dilakukan oleh KEHATI untuk pembangunan Blok Taman Kehati. Blok Taman Kehati ini merupakan bagian kegiatan pelestarian lingkungan yang tengah dibangun oleh pemerintah Kota Sawahlunto bekerja sama dengan Yayasan KEHATI dalam mengungkapkan potensi keanekaragaman hayati lokal yang kemudian ditata dalam suatu wilayah pencadangan agar kekayaan hayati lokal tersebut tidak punah. Beberapa jenis tanaman lokal yang telah diidentifikasi tersebut dapat dilihat pada tabel 3.3 berikut ini :

Tabel 3. 3. Tanaman Lokal yang diidentifikasi KEHATI untuk Blok KEHATI

No	Nama Ilmiah	Family	Nama Daerah	Perawakan	Status
1	<i>Acacia auriculiformis</i>	<i>Mimosaceae</i>	Formis	Pohon	Pendatang
2	<i>Acer laurinum</i>	<i>Aceraceae</i>		Pohon	Lokal
3	<i>Alangium ferrugineum</i>	<i>Alangiaceae</i>	Pohon musang	Pohon	Lokal
4	<i>Albizia chinensis</i>	<i>Mimosaceae</i>	Sengon	Pohon	Lokal
5	<i>Aistonia scholarsis</i>	<i>Apocynaceae</i>	Pulai	Pohon	Lokal
6	<i>Anisophyllea disticha</i>	<i>Anisophyllaceae</i>	Kayu kancil, kayu ribu	Pohon	Lokal
7	<i>Antidesma montanum</i>	<i>Euphorbiaceae</i>	Buni hutan	Pohon kecil	Lokal
8	<i>Arcangelisia flava</i>	<i>Menispermaceae</i>	Wala Kuning	Pemanjat berkayu	Lokal
9	<i>Archidendron jiringa</i>	<i>Mimosaceae</i>	Jengkol	Pohon	Lokal
10	<i>Arenga pinnata</i>	<i>Arecaceae</i>	Aren	Pohon	Lokal
11	<i>Artocarpus elasticus</i>	<i>Moraceae</i>	Tarok, tungka	Pohon	Lokal
12	<i>Arytera littoralis</i>	<i>Sapindaceae</i>	Kelayu Hitam	Pohon	Lokal
13	<i>Bellucia axinantha</i>	<i>Melastomataceae</i>		Pohon	Lokal
14	<i>Blechnum orientale</i>	<i>Blechnaceae</i>	Paku Hijau	Paku-pakuan	Lokal
15	<i>Bridelia monoica</i>	<i>Euphorbiaceae</i>		Pohon	Lokal
16	<i>Turpinia sphaerocarpa</i>	<i>Staphyleaceae</i>	Sibaruah, sibasah	Pohon	Lokal
17	<i>Uncaria glabra</i>	<i>Rubiaceae</i>	Akar ait	Pemanjat berkayu	Lokal
18	<i>Uvaria hirsute</i>	<i>Annonaceae</i>	Akar larak	Pemanjat berkayu	Lokal
19	<i>Vernonia sp</i>	<i>Asteraceae</i>		Pohon kecil	Lokal
20	<i>Vitex pinnata</i>	<i>Verbenaceae</i>	Amolaung, kulimpapa, Laban daun menjari, Laben, Leban, Pagil	Pohon	Lokal
21	<i>Xanthophyllum eurhynchum</i>	<i>Polygalaceae</i>	Lemak berok betina, lemak ruwai, lima berok	Pohon kecil	Lokal

Berdasarkan informasi yang diperoleh dari dokumen rencana reklamasi dan UKL-UPL (tabel 3.2) dan hasil identifikasi KEHATI (tabel 3.3) terdapat beberapa jenis pohon yang merupakan jenis kayu energi yaitu *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis*, *Samanea saman* (trembesi), *Albizia chinensis* dan *Vitex pinnata* (laban).

Jenis tanaman yang paling banyak disebutkan dari dokumen-dokumen tersebut adalah tanaman akasia. Sehingga dapat dipastikan tanaman akasia akan tumbuh subur di lahan bekas tambang tersebut. Taman akasia merupakan sub famili *Mimosoideae*, famili *Leguminose* dan ordo *Rosales*. Tanaman ini merupakan salah satu jenis tanaman cepat tumbuh (*fast growing spesies*) dan mudah tumbuh (*adaptive*) pada kondisi lahan yang rendah tingkat kesuburannya.

Pohon akasia dapat dimanfaatkan sebagai pohon penayang/peneduh, ornament, penyaring, pembatas dan penahan angin. Namun seiring dengan perkembangan industri dan karakteristik kayu akasia itu sendiri, kayu akasia banyak digunakan sebagai kayu serat untuk bahan industri pulp, kertas, papan artikel, krat dan kepingan-kepingan kayu. Selain itu juga berpotensi untuk kayu gergajian, *modling*, mebel dan vinir. Selain memiliki sifat-sifat sebagai kayu industri, nilai kalor kayu akasia juga tergolong tinggi yaitu lebih besar dari 4000 kkal/kg, sehingga kayunya dalam hal ini cabang dan ranting-ranting kering yang berjatuhan dapat digunakan untuk kayu bakar dan arang.

Menurut Ginoga (1997), jenis akasia tergolong kelas kuat II untuk kategori ketangguhan kayu, mutu sangat baik (kelas I) untuk umur 9-10 tahun dan mutu baik (kelas II) untuk umur 7 tahun dalam hal sifat permesinan/penggergajian yang meliputi penyerutan, pembentukan dan pengampelasan pada kondisi kayu kering udara. Kayu akasia memiliki permukaan dan gelombang yang sangat halus. Terkadang bila dilihat secara sekilas maka kayu akasia memiliki tekstur seperti kayu jati. Hal inilah yang membuat kayu akasia memiliki nilai jual yang sangat tinggi walaupun tidak setinggi kayu jati. Harga pohon akasia di pasaran untuk diameter 10 – 40 cm dan ketinggian 1 – 4 m berkisar antara Rp 630.000 – Rp 1.500.000/pohon.

Berkenaan dengan kayu energi, Bustomi, 2009 mengungkapkan bahwa beberapa jenis kayu telah diidentifikasi memiliki standar dan kriteria yang baik sebagai bahan sumber energi dan telah ditetapkan oleh Badan Litbang Kehutanan sebagai jenis prioritas untuk dikembangkan. Keenam jenis tersebut adalah akor (*Acacia auriculiformis*), pilang (*A.leucophloea*), weru (*Albizia procera*), kaliandra (*Caliandra callothyrsus*), turi (*Sesbania grandiflora*) dan lamtorogung (*Leucaena leucocephala*).

Tabel 3.4 berikut ini menjelaskan beberapa jenis tanaman kayu tersebut disertai nama lokal, keterangan riap, densitas dan nilai kalor.

Tabel 3. 4. Nama Jenis Pohon dari Jenis Kayu Energi

No	Nama Latin	Nama Lokal	Riap (m ³ /ha/th)	Densitas (kg/m ³)	Nilai Kalor (Kcal/kg)
1.	<i>Acacia auriculiformis</i>	Akor	17	770	4254
4.	<i>Kaliandra calothyrsus</i>	Kaliandra	32	670	4.600 (kayu); 7.200 (arang)*
5.	<i>Sesbania grandiflora</i>	Turi	15	460	3965
6.	<i>Leucaena leucocephala</i>	Lamtoro	21	820	4197
7.	<i>Gliricidia sepium</i>	Gamal	11,5	600	4168

Sumber : Buku RPI-8 Pengelolaan Hutan Tanaman Kayu Energi Tahun 2009, *)Budidaya Kaliandra untuk Tanaman Energi Tahun 2014 dan Dedi Hudaedi Tahun 2018

Namun di sisi lain, menurut Cahyono et al. (2008), pohon penghasil biomassa sebaiknya memiliki sifat-sifat pertumbuhan sebagai berikut (a) pertumbuhan (riap) yang cepat dengan percabangan lebat; (b) berat jenis (BJ) tinggi; (c) mudah tumbuh pada berbagai kondisi tempat tumbuh; (d) cepat bertunas setelah dipangkas; serta (e) kayu yang dihasilkan memiliki nilai kalor yang tinggi. Berdasarkan karakteristik tersebut terdapat 3 (tiga) jenis yang prospektif untuk dikembangkan sebagai jenis hutan tanaman energi yakni Kaliandra (*Calliandra calothyrsus*), Gamal (*Gliricidia sepium*), dan Lamtoro (*Leucaena leucocephala*).

Ketiga jenis tanaman tersebut dinilai paling prospek tidak hanya berdasarkan sifat-sifat pertumbuhan yang sesuai untuk pemenuhan kebutuhan energi, namun juga karena nilai jualnya yang tergolong rendah dibandingkan jenis tanaman energi lainnya seperti akasia dan sengon.

Dalam upaya meningkatkan produktifitas jenis tanaman energi, dapat digunakan jenis bibit unggul. Dengan menggunakan bibit unggul, kaliandra dapat menghasilkan 45,5 ton/ha/tahun hanya pada umur 2,5 tahun dengan perlakuan budidaya pada jarak 1x2 m (5000 pohon/ha). Kaliandra memiliki pertumbuhan antara 30 - 54 ton/ha/tahun dengan nilai kalor rata-rata 4.700 kkal/kg. Sedangkan riap Lamtoro berkisar 12-36 ton/ha/tahun dan nilai rata-

rata kalor 4.197 kkal/kg. Sementara, rata-rata riap pohon Gamal adalah 30-50 ton/ha/tahun dengan nilai rata-rata kalor 4.168 kkal/kg. (Buku Bioenergi Tahun 2020).

Menurut Hendrati dan Hidayati, (2014), kaliandra atau *C. callothyrsus* dapat tumbuh pada kondisi lingkungan sebagai berikut :

- Kaliandra tumbuh di daerah dengan suhu minimum tahunan 18-22° C dan tidak tahan terhadap cuaca dingin.
- Kaliandra hidup pada berbagai tipe tanah dan memiliki kecenderungan tahan terhadap tanah yang agak masam dengan ph sekitar 4,5, agresif sebagai tanaman sekunder.
- Kaliandra dapat tumbuh di berbagai tipe tanah mulai dari tanah vulkanik dalam, alluvial sampai tanah lempung pasir yang tererosi, namun tidak tahan terhadap tanah yang memiliki drainasenya buruk dan tergenang air secara teratur.

Sedangkan untuk tanaman Gamal (*Gliricidia sepium*) dapat tumbuh pada kondisi lingkungan sebagai berikut :

- Habitat asli gamal adalah hutan gugur daun tropika, di lembah dan lereng-lereng bukit, sering di daerah bekas tebanan dan belukar.
- Gamal dapat tumbuh pada elevasi 0–1600 m dpl
- Gamal dapat tumbuh pada berbagai habitat dan jenis tanah, mulai pasir sampai endapan aluvial di tepi danau.
- Gamal dapat tumbuh pada curah hujan 600–3500 mm/tahun.
- Gamal dapat beradaptasi pada beberapa jenis tanah, termasuk jenis tanah yang kurang subur, tahan kering, juga tahan asam (Chadhokar, 1982).
- Gamal merupakan tanaman yang cocok untuk tanah asam dan marginal (Nusantara, 2009).

Untuk jenis lamtoro, tanaman ini dapat beradaptasi pada lingkungan sebagai berikut :

- Tanaman lamtoro menyukai iklim tropis yang hangat (suhu harian 25-30 °C);
- Lokasi dengan ketinggian di atas 1000 m dpl dapat menghambat pertumbuhannya;
- Tanaman ini cukup tahan kondisi kering dengan curah hujan antara 650—3.000 mm (optimal 800—1.500 mm) pertahun. Namun, tumbuhan ini tidak dapat tumbuh dalam genangan air.
- Lamtoro adalah salah satu jenis polong-polongan serbaguna yang paling banyak ditanam dalam pola pertanaman campuran (wanatani).

3.3.2. Potensi Lahan untuk Kebun Energi

Lahan bekas tambang batubara yang direklamasi dengan tahapan-tahapan yang benar akan menciptakan kondisi permukaan tanah yang stabil, dapat menopang sendiri secara berkelanjutan (*self-sustaining*) dan dapat digunakan untuk berproduksi. Konsep revegetasi dengan memilih jenis kayu energi dapat dilakukan pada lahan tersebut.

Dari tabel 3.1 dapat diketahui total luasan IUP Batubara berdasarkan DPKP2LH Kota Sawahlunto sebesar 4.259,42 ha. Sedangkan total luasan IUP batubara kota Sawahlunto berdasarkan data MOMI adalah 3967,77 ha. Dengan kata lain ada koreksi atau penyusutan sebesar 291,65 ha.

Pada sub bab sebelumnya, yaitu sub bab 3.2, telah dijelaskan status kepemilikan lahan dari Izin Usaha Pertambangan Batubara kota Sawahlunto terdiri atas kepemilikan BUMN, lahan milik pribadi dan hak ulayat.

Jika diasumsikan semua pemilik lahan tersebut mendedikasikan lahan bekas tambangnya untuk pengembangan kebun energi, dengan penggunaan bibit unggul dan aplikasi sistem budidaya yang tepat (silvikultur) maka produksi biomassa kayu energi yang diperoleh dapat diketahui dengan perhitungan sebagai berikut :

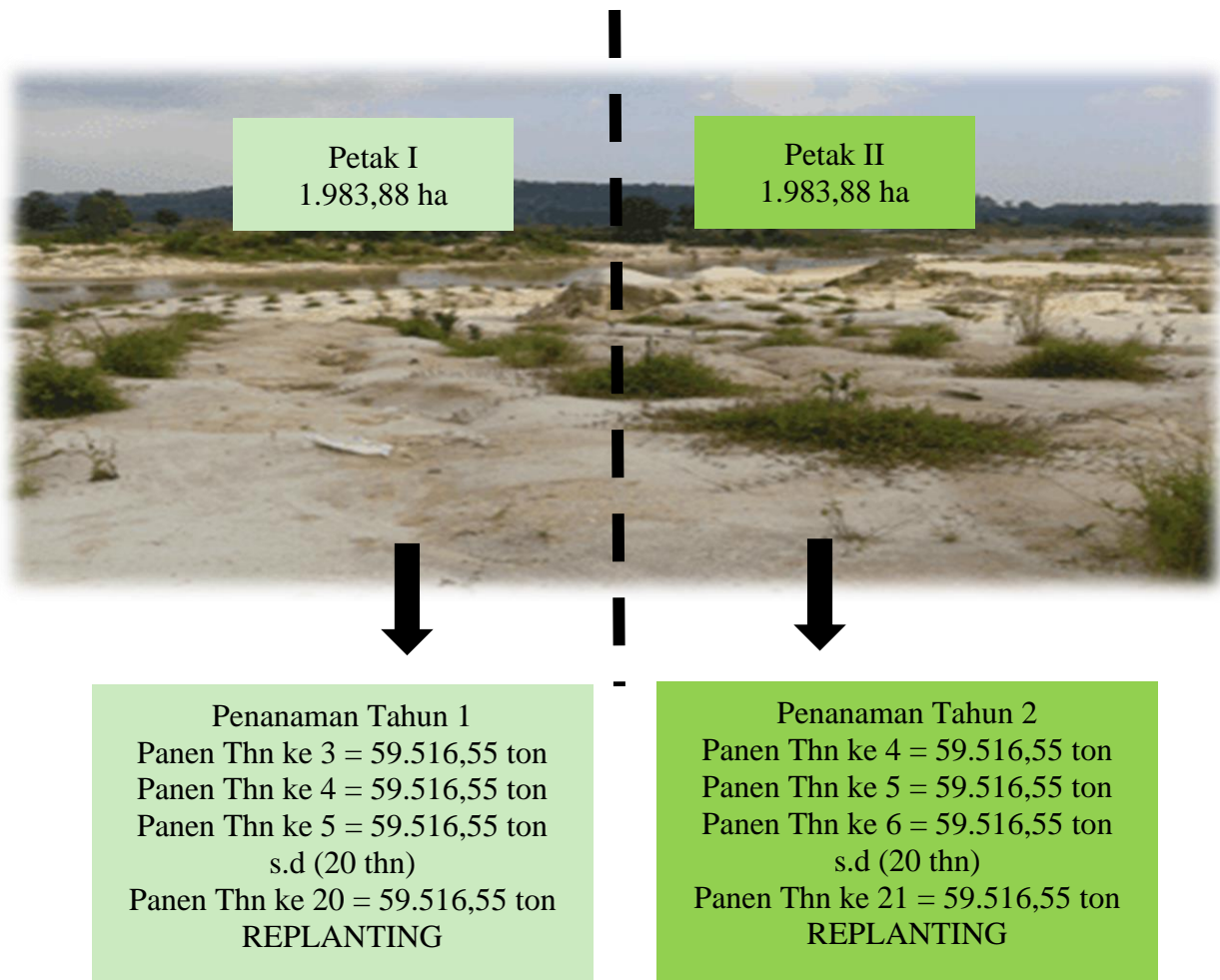
Asumsi : jenis tanaman kaliandra; riap 30 – 54 ton/ha/tahun; daur panen 2 (dua) tahun

$$\begin{aligned}\text{Biomass yang diperoleh dari 3.967,77 ha} &= \text{Luasan lahan tersedia} \times \text{Riap Kaliandra} \\ &= 3.967,77 \text{ ha} \times 30 \text{ ton/ha/tahun} \\ &= 119.033 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

Kaliandra merupakan jenis tanaman dengan daur umur panen 2 (dua) tahun, tetapi untuk tahun berikutnya dapat dilakukan panen setahun sekali. Untuk itu penanaman awal dapat dilakukan secara bertahap dengan membagi luasan lahan. Tahap pertama, yaitu tahun pertama penanaman untuk petak I (1.983,88 ha) dan pada tahap kedua/tahun kedua pada petak II (1.983,88 ha), sehingga produksi biomassanya saat daur panen 2 tahun menjadi :

$$\begin{aligned}\text{Tahun ketiga (petak I)} &= 1.983,88 \text{ ha} \times 30 \text{ ton/ha/tahun} \\ &= 59.516,55 \text{ ton/tahun} \\ \text{Tahun keempat (petak II)} &= 1.983,88 \text{ ha} \times 30 \text{ ton/ha/tahun} \\ &= 59.516,55 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari gambar 3.5 berikut :



Gambar 3. 5. Skema Penanaman Kebun Energi di Lahan Bekas Tambang Batubara

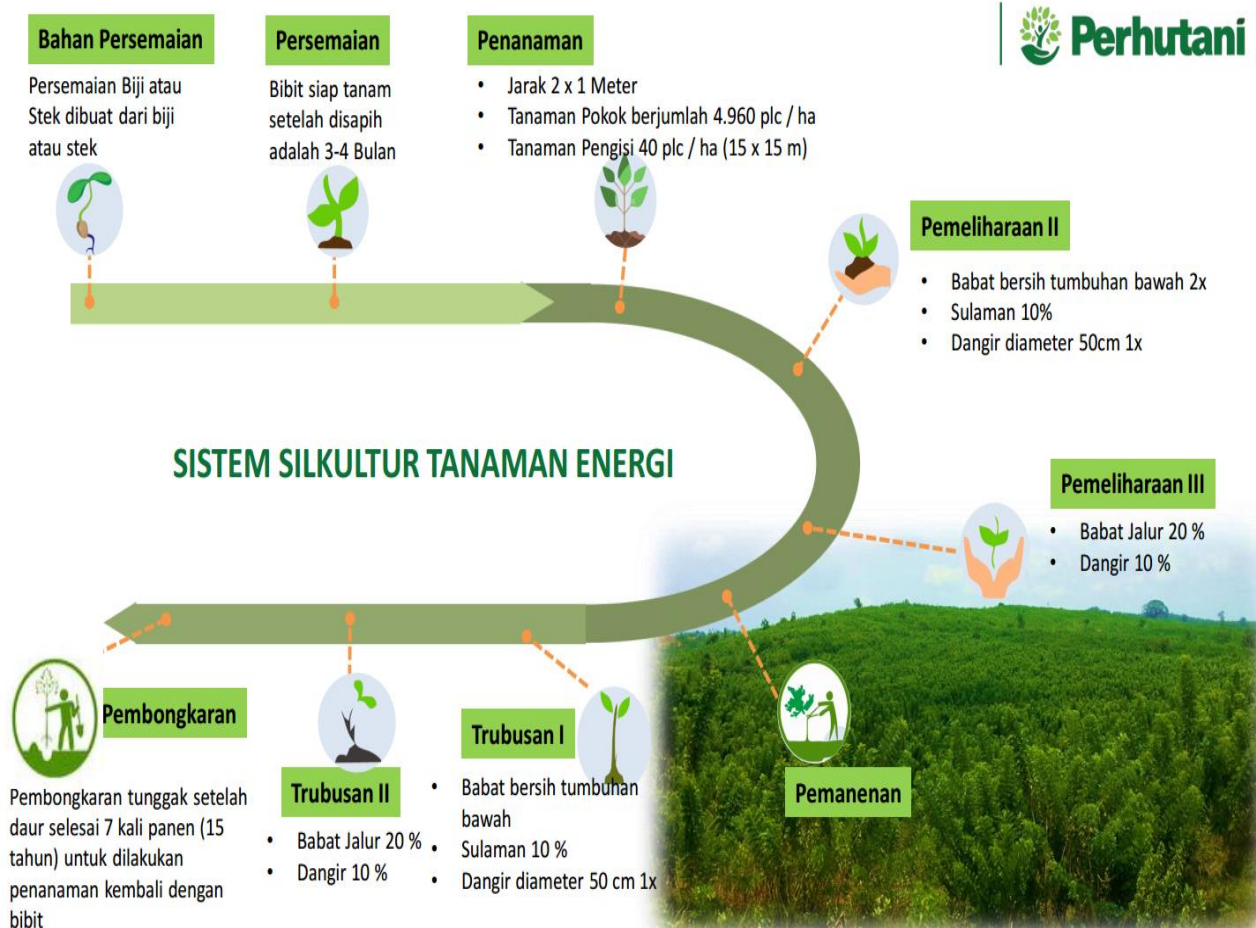
Dari gambat 3.5 tersebut dapat diketahui bahwa, pemanenan biomassa kayu dari kebun energi dapat dilakukan setahun sekali hingga umur 15-20 tahun, selanjutnya tahap penanaman kembali (*replanting*) dilakukan untuk menjamin keberlanjutan pasokan biomassa. Kaliandra bisa ditanam dengan kerapatan 5000 pohon/ha (jarak tanam 1 x 2 meter) maupun kerapatan 10000 pohon/ha (jarak tanam 1 x 1 meter).

Sebagai gambaran untuk pengembangan kebun energi, berikut ini akan dijelaskan sistem silvikultur tanaman energi yang dilakukan oleh Perhutani mulai dari penyiapan bibit, panen dan pemeliharaan tanaman.

Sistem Silvikultur Tanaman Energi - Perhutani

Sistem silvikultur tanaman energi adalah sistem budidaya tanaman energi pada suatu lahan yang meliputi serangkaian kegiatan dimulai dari penyiapan bahan persemaian, persemaian, penanaman, pemeliharaan, pemanenan, trubusan dan pembongkaran. Berikut

ini contoh sistem silvukultur tanaman energi yang dikembangkan oleh Perhutani dengan jenis tanaman gamal dan kaliandra yang dijelaskan pada gambar 3.6 berikut ini :



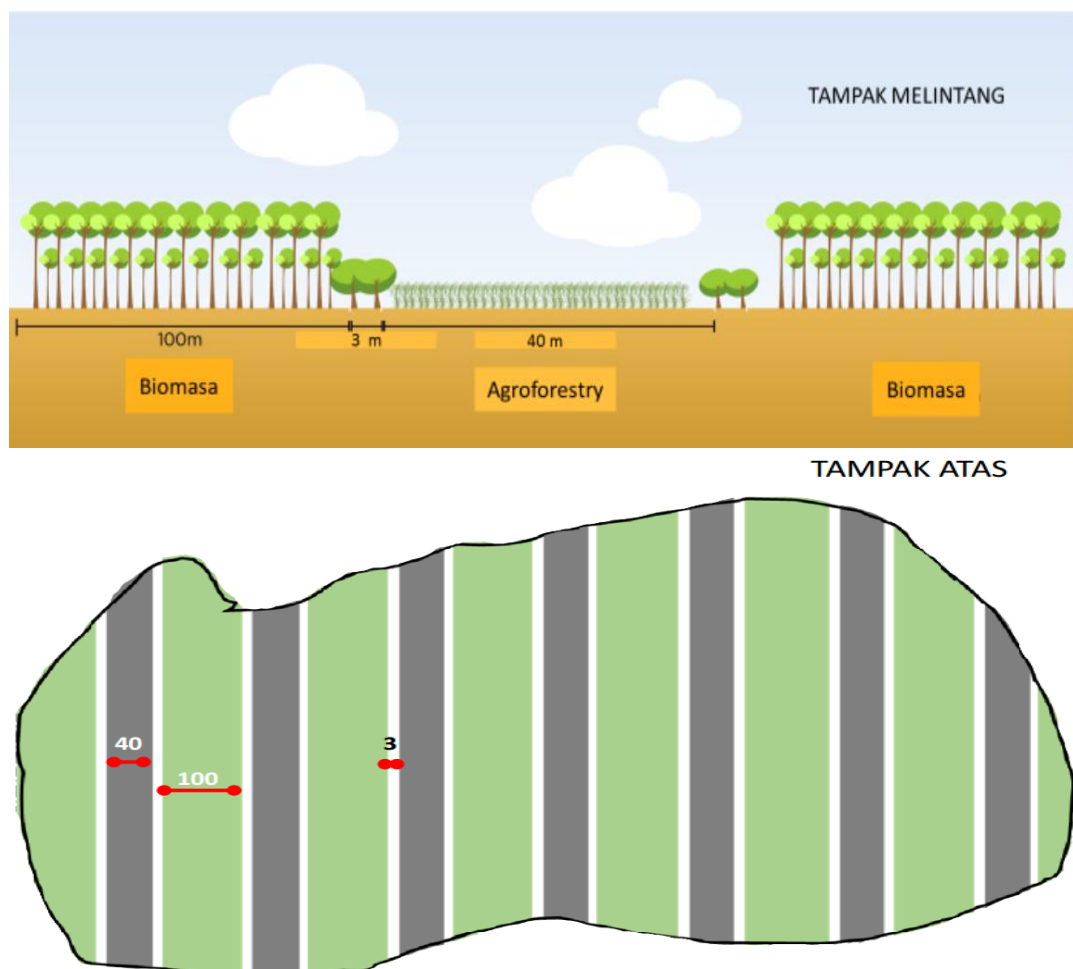
Gambar 3. 6. Sistem Silvikultur Tanaman Energi Perhutani
(sumber : www.perhutani.co.id)

Adapun untuk bahan bibit persemaian gamal diperoleh dari biji, stek batang, stek pucuk, stump biji dan stekonodia. Sedangkan bibit persemaian untuk tanaman kaliandra diperoleh dari biji, stump cabutan dan stump biji.

Untuk teknik penanaman, beberapa tahapan penting yang harus dilakukan agar sistem silvikultur ini berhasil adalah sebagai berikut :

1. Pemilihan jenis tanaman energi, misal gamal, kaliandra, lamtoro dan lain-lain.
2. Kebun energi dapat dibuat monokultur maupun heterokultur. Jika dibuat heterokultur, maka prosentase tanamannya bisa 70 : 30 (gamal : kaliandra atau sebaliknya)
3. Tanaman pengisi dari jenis lain (misal : mahoni) bisa ditanam pada lahan ini dengan jarak tiap 15 x 15 m, sehingga jumlah pohon pengisi jenis lain berjumlah 40 pohon/ha.

4. Ukuran lubang 20x20x20 cm asal bibit stek pucuk & biji dan ukuran lubang 15x15x15 cm asal bibit stek batang dan stump.
5. Hanya menggunakan ajir babonan (tanpa ajir lainnya) dengan jumlah ajir babonan setiap 2x10 meter.
6. Jarak tanam dapat menerapkan 2 x 1 meter untuk jenis gamal dan kaliandra merah.
7. Pilihan pola tanam bisa menggunakan **pola kebun, pola plong-plongan dan pola cluster**. Berikut ini akan dijelaskan mengenai ketiga pola tanam tersebut.
 - a. **Pola kebun** adalah pola tanam yang menggunakan satu jenis tanaman dalam suatu petak/kawasan kebun.
 - b. **Pola selang-seling/plong-plongan** adalah pola tanam yang diterapkan karena adanya intensitas interaksi masyarakat yang tinggi sehingga tidak memungkinkan untuk direlokasi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.7 berikut :



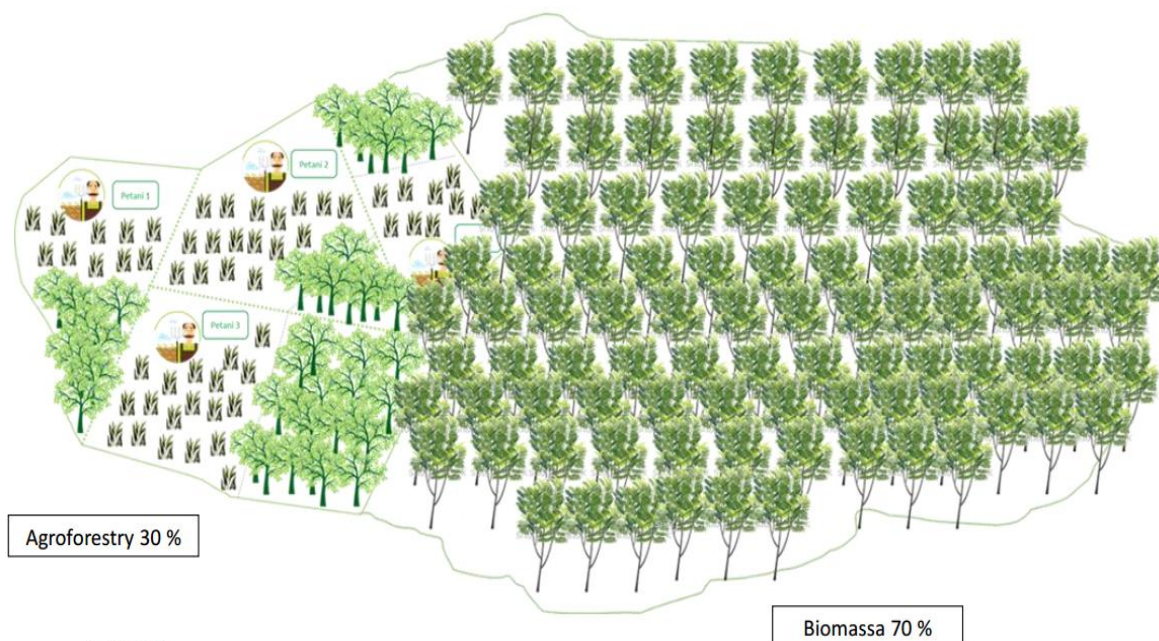
Gambar 3. 7. Pola Tanam Kebun Selang-seling (plong-plongan)

(sumber : www.perhutani.co.id)

Agar produktifitas kebun energi dengan pola plong-plongan dapat optimal maka perlu menerapkan beberapa ketentuan dalam pola tanam sebagai berikut :

- Satuan unit manajemen petak
- Komposisi tanaman biomassa 70% dan tanaman *agroforestry* 30%.
- Ukuran plong biomassa maksimal lebar 100 m dan panjang 400 m (per 4 ha) atau panjang sampai akhir batas petak/anak petak.
- Ukuran plong agro forestry maksimal lebar 40 m dan Panjang 400 m atau panjang sampai akhir batas petak/anak petak.
- Batas plong selebar 10 meter untuk sekat bakar, selokan dan jalan sedangkan pada sisi lainnya hanya berupa sekat bakar, jalan angkutan selebar 3 meter.

c. **Pola cluster** adalah pola yang diterapkan untuk mengakomodir kebutuhan masyarakat akan garapan, sehingga perlu dilakukan pembagian luasan antara tanaman biomassa dan tanaman agroforestry masyarakat dengan perbandingan 70% tanaman biomassa dan 30% tanaman agro forestry. Penempatan tanaman agroforestry masyarakat disatukan pada lokasi tertentu dalam petak/anak petak. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.8 berikut

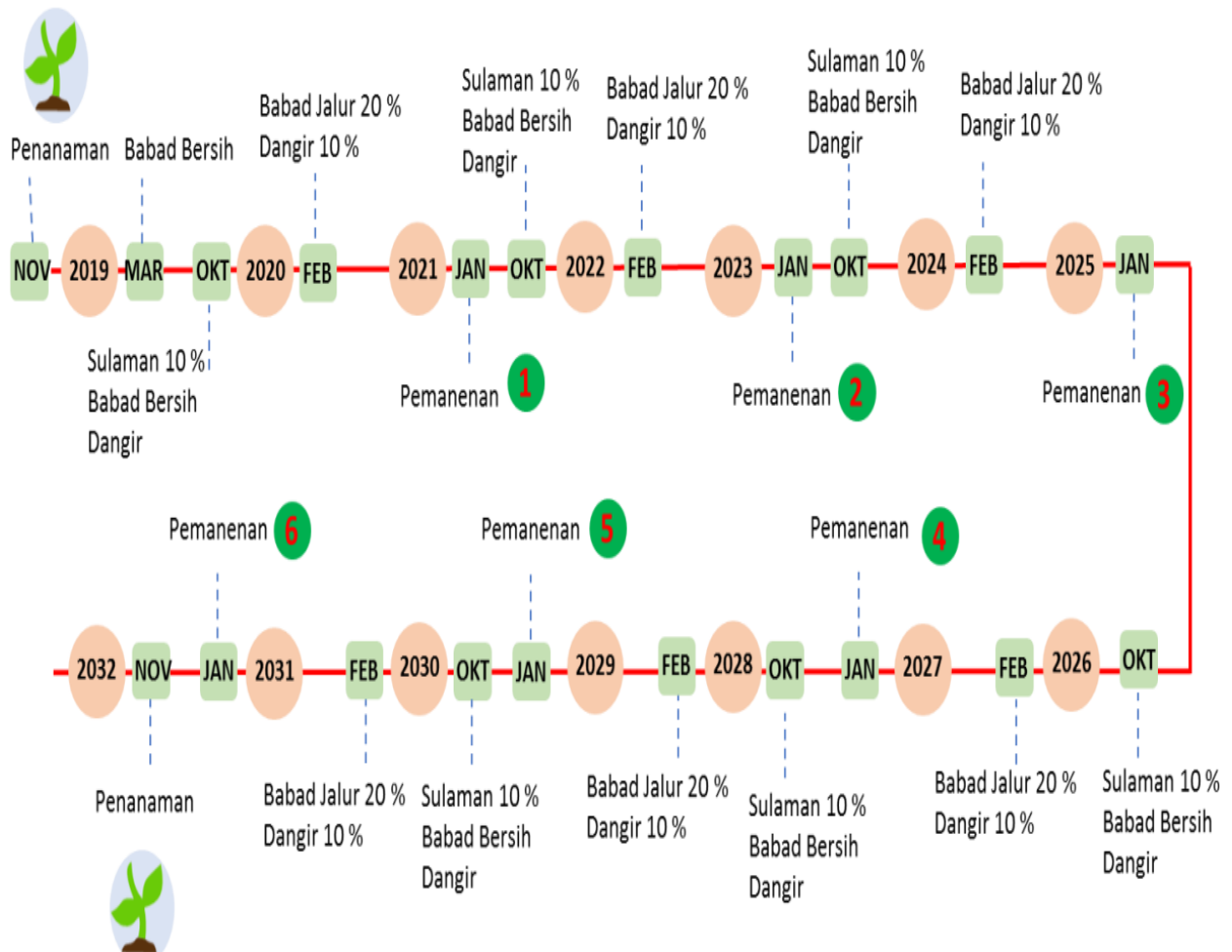


Gambar 3. 8. Pola Tanam Cluster

(sumber : www.perhutani.co.id)

Selanjutnya, akan dijelaskan tentang siklus silvikultur pada gambar 3.9 dalam rangka pemeliharaan kebun energi yang telah dilakukan oleh Perhutani sebagai berikut :

- a) Pemeliharaan tanaman tahun II (tahun ke-2)
 - Dilaksanakan babat bersih tumbuhan bawah 2 kali pada bulan Maret-April dan bulan Oktober-November
 - Sulaman tanaman sebanyak 10%
 - Dangkal dengan diameter 50 cm mengelilingi tanaman dilaksanakan 1 kali pada triwulan ke IV
- b) Pemeliharaan tanaman tahun III (tahun ke-3)
 - Dilaksanakan babat jalur 20% dilaksanakan di awal tahun sebelum panen
 - Dangkal 10% terhadap tanaman yang disulam dilaksanakan bulan Februari-Maret.
- c) Pemeliharaan trubusan (tahun ke-4, 6, 8, 10, 12)
 - Dilaksanakan babat bersih tumbuhan bawah 1 kali pada bulan Oktober-November setelah panen trubusan
 - Sulaman tanaman sebanyak 10%
 - Dangkal dengan diameter 50 cm mengelilingi tanaman dilaksanakan 1 kali pada triwulan ke IV
- d) Pemeliharaan pasca trubusan (tahun ke-5, 7, 9, 11, 13)
 - Dilaksanakan babat jalur 20% yang dilaksanakan awal tahun sebelum panen
 - Dangkal 10% terhadap tanaman yang disulam dilaksanakan bulan Februari – Maret.



Gambar 3. 9. Siklus Silvikultur Kebun Energi Perhutani
(sumber : www.perhutani.co.id)

Pengolahan dan Pemanfaatan Kayu Energi

Biomassa kayu energi yang telah dipanen pada umumnya mempunyai rendemen sebesar 95% ketika diolah menjadi *woodchips* dan sebesar 90% ketika diolah menjadi *woodpellet*. Sedangkan untuk kisaran harga sebesar Rp 700/kg untuk *woodchips* dan Rp 1200-1500/kg untuk *woodpellet*. Tabel 3.5 menjelaskan secara rinci hal tersebut untuk beberapa jenis kayu energi seperti akasia, kalamandra, gamal, snepon dan turi sebagai berikut :

Tabel 3. 5. Jenis Tanaman Energi, Produksi berdasarkan Pengolahan dan Pemanfaatan

Jenis Tanaman	Nilai Kalori	Riap (ton/ha/thn)	Woodchip		Woodpellet		Pemanfaatan
			Produksi (ton/ha/thn)	Harga (Rp/kg)	Produksi (ton/ha/thn)	Harga (Rp/kg)	
Akasia	4254	17.0 -33.1	16,15 – 31,3	700	15,3 - 29,7	1.200 – 1.500	•Co-firing PLTU •Bahan bakar pulp & paper •PLTBM •Bahan bakar untuk IKM
Kaliandra	4600	30 - 54	28,5 – 47,5	594	27 – 45		
Gamal	4168	30 - 50	28,5 – 47,5	410	27 – 45		
Sengon	3948	6.4 - 25.6	6,1 – 24,32	490	5,7 – 23,04		
Turi	3965	10.7 - 12.9	10,1 – 12,2	410	9,4 – 11,6		
Penyerapan Tenaga Kerja		7 orang	3 orang		5 orang		

Sumber: Efendi Arsad (2014), BBPBPTH Yogyakarta, RPI Tanaman Energi ; Buku Kaliandra IPB Pers, Vademekum Kehutanan (1976), Roshetko, JM (2001), Ndayambaje J.D (2005), Perhutani, PT. Kaliandra Merah Nusantara; Beberapa pengusaha ; Tekat Dwi Cahyono, dkk (2008), HTI Energi; PT PLN, disampaikan pada FGD Cofiring PLTU Batubara BKF, 6 Mei 2020

Produk *woodchips* dan *woodpellet* yang telah diolah dari hasil kebun energi dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan bahan bakar *co-firing* PLTU, PLTBM dan industri kecil dan menengah. Namun untuk kondisi di kota Sawahlunto yang tidak jauh dari pembangkit listrik, maka pemanfaatan kayu energi lebih tepatnya dimanfaatkan untuk *co-firing* PLTU dan bahan bakar industri kecil dan menengah. Skema pemanfaatan biomassa untuk masing-masing kebutuhan akan dijelaskan pada sub bab berikutnya.

3.4. Skema pemanfaatan Biomassa untuk *co-firing* PLTU Ombilin

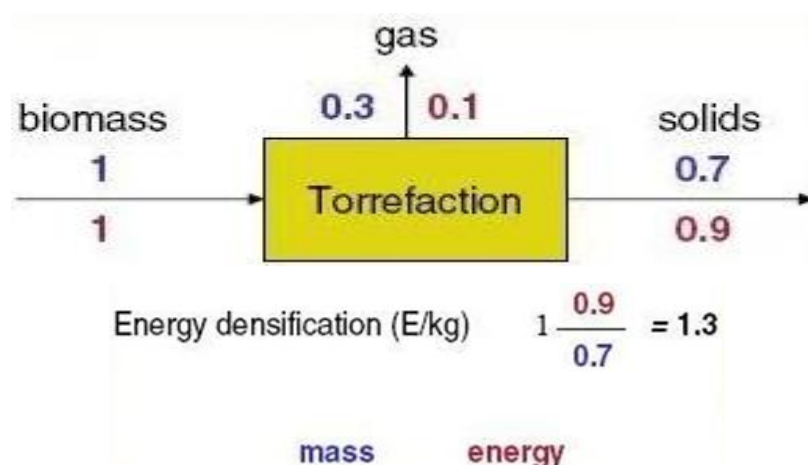
Pemanfaatan energi baru terbarukan terus ditingkatkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). Salah satu yang didorong dalam RUKN (Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional) 2019-2038 yakni melalui metode *co-firing* pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan memanfaatkan biomassa sebagai substitusi (campuran) batubara.

Pelaksanaan program *co-firing* biomassa merupakan upaya alternatif mengurangi pemakaian batubara, karena pada proses ini terjadi pemakaian biomassa dalam jumlah besar. Selain mendukung kontribusi energi terbarukan pada bauran energi nasional, program ini juga berdampak positif pada pengembangan ekonomi kerakyatan yang produktif (*circullar economy*) melalui penciptaan ekosistem listrik kerakyatan yang melibatkan partisipasi masyarakat secara aktif dalam pelaksanaannya.

PLTU Ombilin berlokasi di desa Sijantang, Sijantang Koto, Talawi, Sumatera Barat merupakan *potential off taker* untuk biomassa hasil dari kebun energi. Lokasi PLTU Ombilin berada sejauh ± 15 km dari kota Sawahlunto. Kapasitas pembangkit listrik sebesar 2 x 100 MW dengan tipe boiler pulverized. Bahan bakar yang digunakan adalah batubara yang sudah dihaluskan menjadi bentuk serbuk ukuran 200 mesh. Kebutuhan batubara 2000 ton/hari. Selama ini belum pernah diuji coba bahan bakar biomassa untuk co-firing PLTU Ombilin.

Untuk aplikasi *co-firing* pada PLTU dengan tipe boiler *pulverized*, proses pengolahan kayu harus dilakukan agar spesifikasi bahan bakar (fisik dan kimia) memenuhi persyaratan boiler tersebut. Biomassa dapat diubah menjadi bahan bakar padat dengan sifat yang mirip batubara dengan melalui pre-treatment karbonisasi dan *torrefaction*. (Chen et al., 2011a; Chew dan Doshi, 2011).

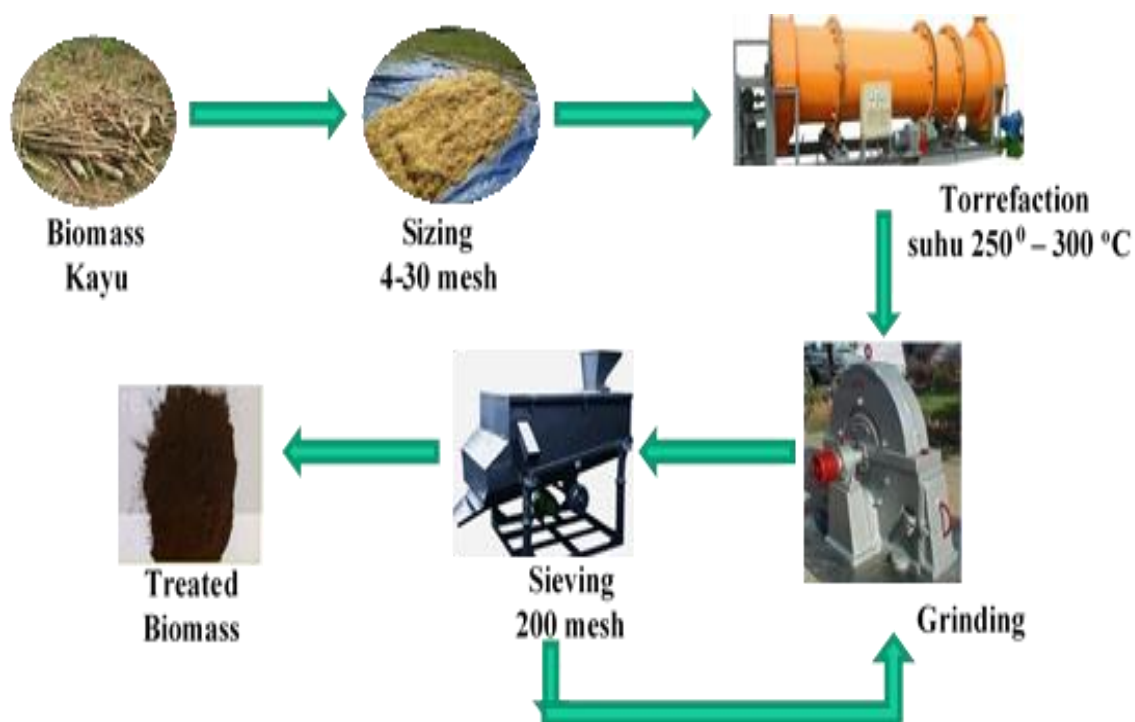
Proses torefaksi biomassa melibatkan pemanasan biomassa pada temperature antara $250^0 - 300^0\text{C}$ dengan ketersediaan oksigen yang rendah. Ketika biomassa dipanaskan pada suhu tersebut, kelembaban dan berbagai komponen kalori rendah (*volatile*) yang terkandung dalam biomassa menguap. Hal ini menyebabkan biomass kehilangan berat keringnya sebesar 10-30% dan nilai kalornya berkurang 10-15% (gambar 3.10). Selama proses ini hemi-selulosa dalam biomassa terurai, yang mengubah biomassa dari bahan bakar berserat berkualitas rendah menjadi produk dengan karakteristik bahan bakar yang sangat baik. Perbandingan antara energi dan massa setelah proses torefaksi dikenal dengan istilah densifikasi energi.



Gambar 3. 10. Neraca Massa Proses Torefaksi

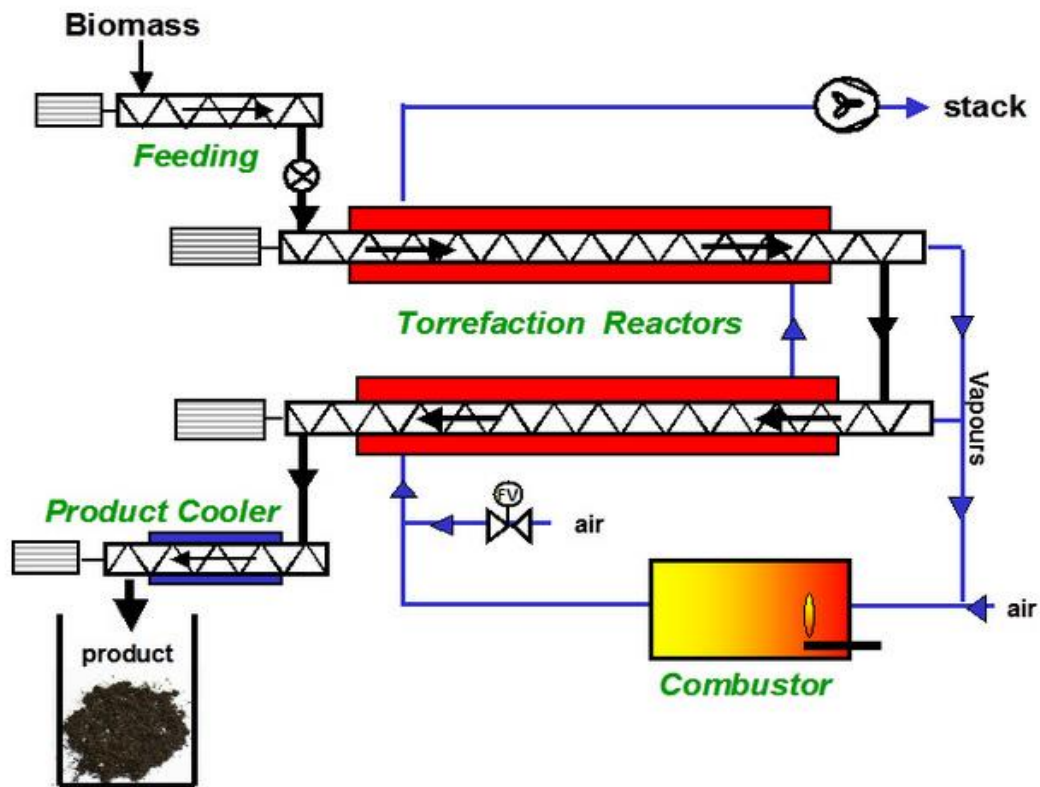
Torrefaction biomassa adalah proses termal yang digunakan untuk menghasilkan bahan bakar padatan bermutu tinggi dari biomassa kayu atau residu pertanian. Produk akhirnya adalah bahan bakar padat yang stabil, homogen, dan berkualitas tinggi dengan kepadatan energi dan nilai kalori yang jauh lebih besar daripada bahan baku asli, memberikan manfaat yang signifikan dalam logistik, penanganan dan penyimpanan, serta membuka berbagai potensi penggunaan.

Proses pre-treatment dilakukan dengan beberapa tahapan (gambar 3.11), tahap awal biomassa kayu hasil panen dibuat ukuran 4-30 mesh dengan menggunakan mesin serutan kayu (*wood crusher*). Kemudian dilanjutkan tahap torefaksi dengan suhu $250^{\circ} - 300^{\circ} \text{C}$, selanjutnya dihaluskan menggunakan mesin grinder dan terakhir tahap pengayakan biomassa ukuran 200 mesh agar sesuai dengan spesifikasi mesin boiler.



Gambar 3. 11. Proses *Pre-treatment* untuk Menghasilkan *Pulverized Biomassa*

Untuk membuat proses torrefaksi biomassa dapat dinilai layak secara ekonomi, maka proses *recovery* energi dari materi volatile harus dilakukan, yaitu dengan cara membakar volatil (torgas) dalam pembakaran gas tanpa lemak. Pembakaran ini dapat memberikan panas untuk pengeringan dan torefaksi. Untuk lebih jelasnya, proses tersebut dapat dilihat pada gambar 3.12 berikut ini :



Gambar 3. 12. Proses Torefaksi Biomassa dan Recovery Volatile (Torgas)

Dari data-data PLTU yang telah disebutkan, maka biomassa dalam kondisi *pulverized* yang dibutuhkan untuk proses *co-firing* PLTU sebesar 5% adalah :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan batubara PLTU} &= 2000 \text{ ton/hari} = 730.000 \text{ ton/tahun} \\ \text{Kebutuhan biomassa } \textit{pulverized co-firing} \text{ 5\%} &= 5\% \times 730.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 36.500 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Selanjutnya, berdasarkan neraca massa torefaksi seperti pada gambar 3.8 untuk memenuhi kebutuhan biomassa *pulverized* 5% *co-firing* PLTU, maka biomassa kayu energi sebelum *pre-treatment* adalah :

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan biomassa kayu sebelum } \textit{pre-treatment} &= 1/0,7 \times \text{kebutuhan biomassa } \textit{pulverized} \\ &= 1/0,7 \times 36.500 \text{ ton/tahun} \\ &= 52.142 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya yang juga dijelaskan pada gambar 3.3, melalui pengembangan kebun energi seluas 3.967,77 ha, untuk masing-masing petak diperoleh produksi kayu biomassa sebesar 59.516,55 ton/tahun selama ± 20 tahun. Dengan kata lain, produksi biomassa dari salah satu luasan petak tersebut (1.983,88 ha) tersebut dapat memenuhi kebutuhan untuk *co-firing* 5% yaitu sebesar 52.142 ton/tahun selama ± 20 tahun. Tentunya biomassa kayu ini harus melalui tahapan pengolahan (*pre-treatment*) yang sudah dijelaskan pada gambar 3.11 dan gambar 3.12 agar spesifikasinya (fisik dan kimia) memenuhi persyaratan untuk pembakaran boiler.

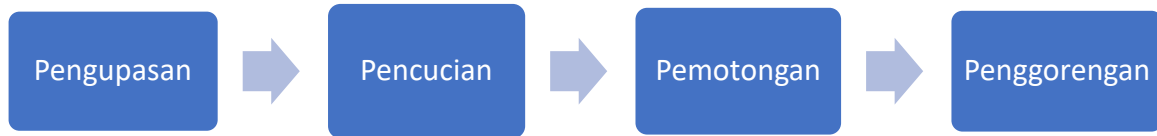
3.5. Skema Pemanfaatan Biomassa untuk UMKM

Berdasarkan data Dinas Koperasi Usaha Kecil Menengah Perindustrian dan perdagangan Kota Sawahlunto tahun 2019, terdapat sekitar 1.430 industri kecil dan menengah dengan beragam jenis kegiatan. Hampir setiap kegiatan industri memerlukan pasokan bahan bakar baik itu berupa BBM, LPG maupun kayu bakar. Jenis-jenis industri yang dimaksud dapat dilihat pada tabel 3.6

Tabel 3. 6. Jumlah Industri Berdasarkan Jenis di Kota Sawahlunto

Kecamatan	Jumlah Industri Berdasarkan Jenis di Kota Sawahlunto							
	Tenun	Kerupuk Ubi	Tahu Tempe	Makanan	Minyak Kelapa/Tanak	Batako	Perabot	Batu Bata
	Tahun 2019							
Silungkang	380	64	-	17	-	3	3	-
Lembah Segar	403	99	10	15	-	-	6	-
Barangin	125	4	28	18	1	1	10	-
Talawi	12	2	14	20	4		17	42
Jumlah Total	920	169	52	70	5	4	36	42

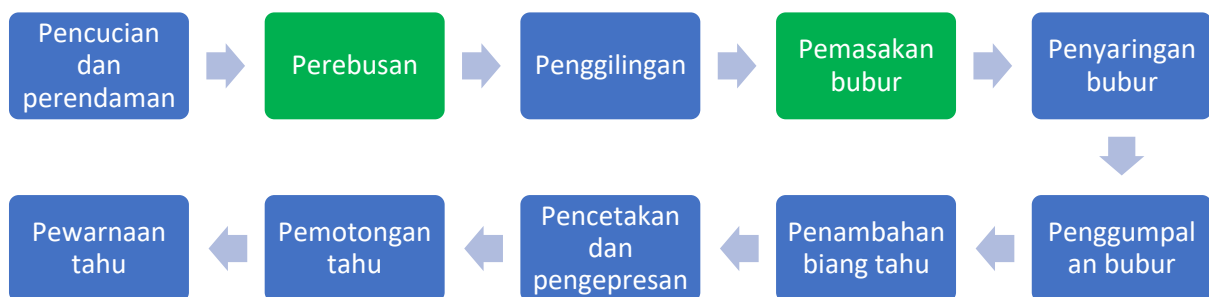
Dari tabel industri tersebut, beberapa di antaranya memungkinkan untuk dilakukan pengalihan/konversi dari bahan bakar LPG atau kayu bakar ke bahan bakar pelet kayu. Industri yang dimaksud adalah industri kerupuk ubi dan tahu tempe. Kedua jenis industri ini memanfaatkan bahan bakar kayu dan LPG. Proses pembuatan kerupuk ubi adalah mulai dari pengupasan kulit, pencucian, pemotongan dan penggorengan seperti yang dijelaskan pada gambar 3.13. Bahan bakar kayu dan LPG dibutuhkan pada saat penggorengan ubi.



Gambar 3. 13. Proses Pembuatan Keripik Ubi

Jika diasumsikan sebuah pabrik kerupuk ubi yang mengolah 10 ton singkong setiap harinya membutuhkan 3 tabung LPG ukuran 12 kg, maka jika dikonversikan ke bahan bakar pelet kayu membutuhkan 125 kg pelet kayu. Harga LPG sebesar Rp 150.000/tabung sedangkan harga pelet kayu Rp 2.500/kg. Biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan tabung LPG sebesar Rp 450.000, sedangkan untuk biaya pelet kayu sebesar Rp 312.500. Penggunaan pelet kayu ini sebenarnya dapat menghemat pengeluaran sebesar Rp 138.000/hari. Penghematan biaya ini diharapkan dapat menarik minat pihak industri untuk beralih menggunakan bahan bakar pelet kayu jika pasokannya memadai dan berkelanjutan.

Untuk jenis industri lain, dalam hal ini industri tahu tempe, secara umum proses pembuatan tahu dimulai dari persiapan bahan, pencucian, perendaman, perebusan, penggilingan pemasakan bubur, penyaringan dan penggumpalan serta penambahan biang supaya menggumpal dan terakhir pencetakan. Dari beberapa proses tersebut, untuk perebusan dan pemasakan kedelai serta pewarnaan menggunakan kayu bakar. Gambar 3.14 memaparkan tahapan pembuatan tahu sebagai berikut :



Gambar 3. 14. Proses Pembuatan Tahu

Jika diasumsikan setiap pabrik tahu/tempe yang mengolah 50 kg kedelai setiap harinya mengkonsumsi 7 tabung LPG ukuran 3 kg, maka jika dikonversikan ke bahan bakar

pelet kayu membutuhkan 6 kg pelet kayu. Harga LPG sebesar Rp 21.000/tabung sedangkan harga pelet kayu Rp 2.500/kg. Biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan tabung LPG sebesar Rp 151.200, sedangkan untuk biaya pelet kayu sebesar Rp 15.000. Penggunaan pelet kayu ini sebenarnya dapat menghemat pengeluaran sebesar Rp 136.200/hari. Seperti halnya industri keripik ubi, penghematan biaya ini diharapkan dapat menarik minat pihak industri untuk beralih menggunakan bahan bakar pelet kayu jika pasokannya memadai dan berkelanjutan.

Untuk mengetahui kebutuhan pelet kayu per bulan bagi kedua industri tersebut perlu dilakukan perhitungan yang disajikan dalam tabel 3.7 berikut :

Tabel 3. 7. Perkiraan Kebutuhan Pelet Kayu untuk Industri Keripik Ubi dan Tahu Tempe di Kota Sawahlunto

Industri	Kebutuhan Pelet kayu (kg/hari)	Jumlah Industri	Kebutuhan pelet kayu total (ton/hari)	Kebutuhan pelet kayu total (ton/bulan)	Kebutuhan pelet kayu total (ton/tahun)
Keripik Ubi	125	169	21,13	633,75	7605
Tahu Tempe	15	52	0,78	23,4	280,8
Total Kebutuhan			21,9	657,15	7885,8

Dari tabel tersebut dapat diketahui total kebutuhan pelet kayu adalah sebesar 7885,8 ton/tahun dengan asumsi penggunaannya adalah seluruh pabrik keripik ubi dan tahu tempe. Jika rendemen untuk pengolahan kayu energi menjadi pelet kayu adalah 90% maka bahan baku kayu energi yang dibutuhkan adalah :

$$100/90 \times 7885,8 \text{ ton/tahun} = 8762 \text{ ton/tahun}$$

Bahan baku pelet kayu tersebut dapat dipenuhi dari kebun energi dengan tanaman kaliandra, riap tanaman sebesar 30 ton/ha/tahun, maka luasan lahan kebun energi yang diperlukan adalah :

$$\text{Luas lahan kebun yang dibutuhkan} = \frac{\text{Kayu energi yang dibutuhkan}}{\text{Riap tanaman}}$$

$$= 8762 \text{ ton/tahun} : 30 \text{ ton/ha/tahun}$$

$$= 292 \text{ ha}$$

Dari perhitungan tersebut dapat diperkirakan luasan lahan yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pelet kayu dari beberapa industri yang ada di kota Sawahlunto.

3.6. Konsep Pengembangan Industri Pengolah Hasil Kebun Energi

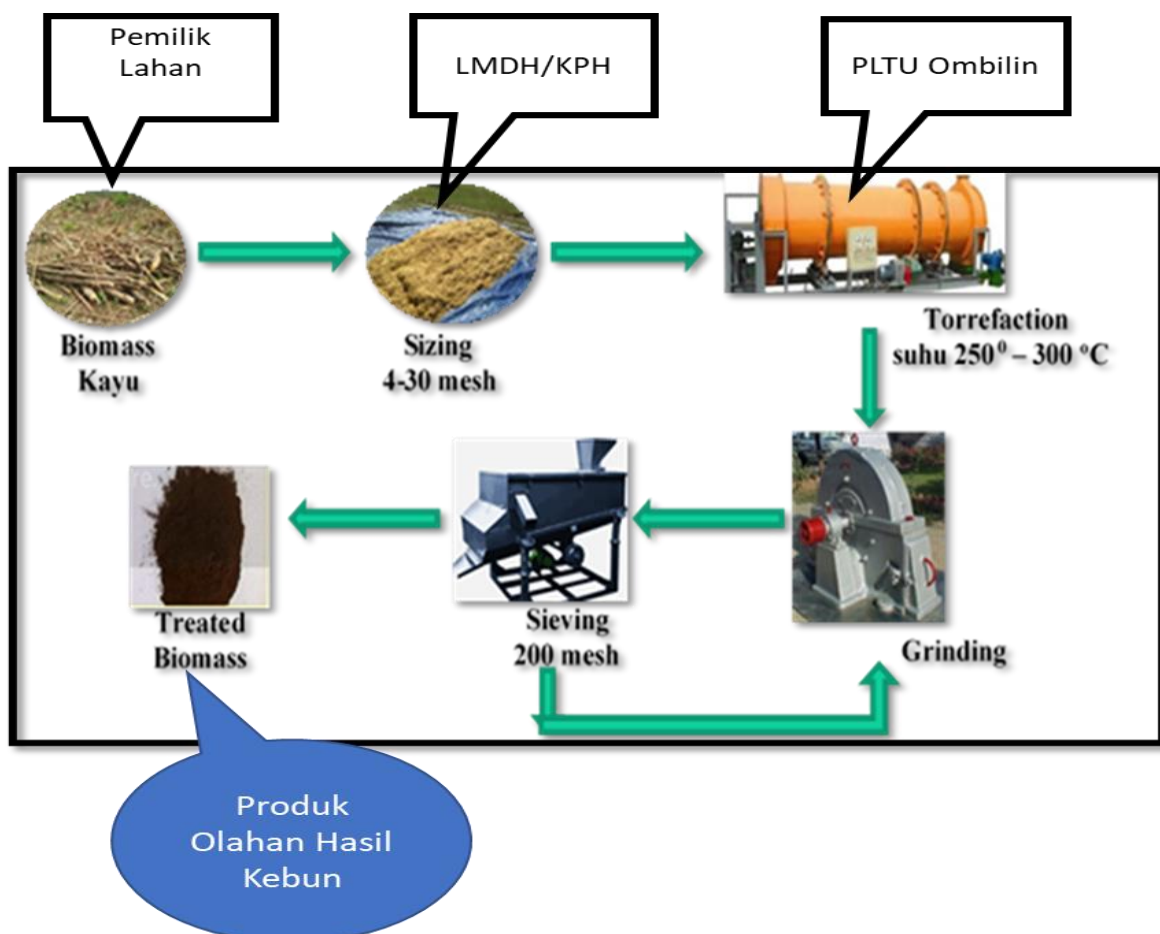
Konsep pengembangan industri untuk pengolahan hasil kebun energi dapat dikembangkan berdasarkan produk akhir hasil olahan kebun tersebut. Berdasarkan analisa dan perhitungan, kebutuhan *pulverized* biomassa untuk *co-firing* PLTU dan pelet kayu untuk industri kecil dan menengah, maka contoh model pengembangan, pengolahan dan pemanfaatan energi biomassa mulai dari hulu (penanaman) sampai dengan hilir (pemanfaatan) dapat dilihat pada gambar 3.15 dan gambar 3.16. Model pengembangan ini diharapkan dapat memberikan gambaran bagi para *stake holder* sehingga siklus keberlanjutannya dapat dipertahankan dalam jangka waktu yang lama.

Untuk model pengembangan dari hulu sampai hilir dengan produk akhir *pulverized* biomassa, beberapa *stake holder* yang terlibat adalah pemilik lahan (masyarakat desa), Lembaga Masyarakat Desa Hutan (LMDH), Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) dan PLTU Ombilin. Pasca kegiatan penambangan berakhir, pemilik lahan dapat terlibat langsung dalam kegiatan penanaman kayu energi di lahan bekas tambang batubara. Pemilik lahan juga dapat bekerja sama dengan masyarakat di sekitar hutan dalam kegiatan penanaman kayu energi.

Untuk mengatur dan memenuhi kebutuhannya melalui interaksi terhadap hutan dalam konteks sosial, ekonomi, politik dan budaya maka dibentuklah LMDH atau KPH dalam komunitas masyarakat tersebut. Dengan melibatkan masyarakat dalam rantai bisnis biomassa kayu olahan diharapkan dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekitar hutan. Ketika pemanenan kayu, peran LMDH/KPH sangat penting, terutama dalam mengkoordinasi hasil panen dari masing-masing anggota LMDH. Kayu hasil panen dari pemilik lahan ditampung oleh LMDH sebelum dikonversi ke pengolahan tahap awal.

Selain bekerja sama dalam kegiatan penanaman, kerja sama lanjutan dapat dilakukan oleh pemilik lahan dan LMDH/KPH untuk kegiatan pengolahan biomassa tahap awal yaitu tahap *sizing* biomassa berukuran 4 – 30 mesh menggunakan *wood shredder machine* (mesin serut kayu). Dengan adanya mekanisme ini, masyarakat tidak langsung menjual kayu dalam bentuk log ke PLTU Ombilin, tetapi menjual dalam bentuk olahan dengan harga yang lebih baik. Dengan demikian, masyarakat di sekitar hutan memperoleh keuntungan ganda, yaitu dari hasil panen kayu di hutan, dan dari hasil penjualan kayu olahan ke PLTU Ombilin.

Hasil kayu olahan tahap awal disuplai ke PLTU Ombilin yang radius jaraknya berkisar 15 – 25 km. Selanjutnya untuk tahapan torefaksi biomassa sebaiknya dilakukan oleh pihak PLTU ombilin agar persyaratan spesifikasi bahan bakar lebih akurat dan sesuai dengan kebutuhan mesin boiler serta agar biaya produksi *pulverized* biomassa dapat ditekan sehingga tidak melebihi harga batubara. Gambaran konsep pengembangan ini dapat dilihat pada gambar 3.15 sebagai berikut :



Gambar 3. 15. Model Pengembangan Produk Pulverized Biomassa untuk Co-firing PLTU

Untuk model pengembangan biomassa kebun energi yang kedua, yaitu produk akhir berupa pelet biomassa atau pelet kayu, beberapa *stake holder* yang dapat terlibat adalah pemilik lahan (masyarakat desa), LMDH/KPH dan pemegang Izin Usaha Pertambangan (IUP). Sama halnya seperti konsep pengembangan pertama, pasca kegiatan penambangan berakhir, pemilik lahan dapat terlibat langsung dalam kegiatan penanaman kayu energi di lahan bekas tambang batubara. Pemilik lahan juga dapat bekerja sama dengan masyarakat di sekitar hutan dalam hal ini LMDH atau KPH yang dibentuk di dalam komunitas masyarakat tersebut.

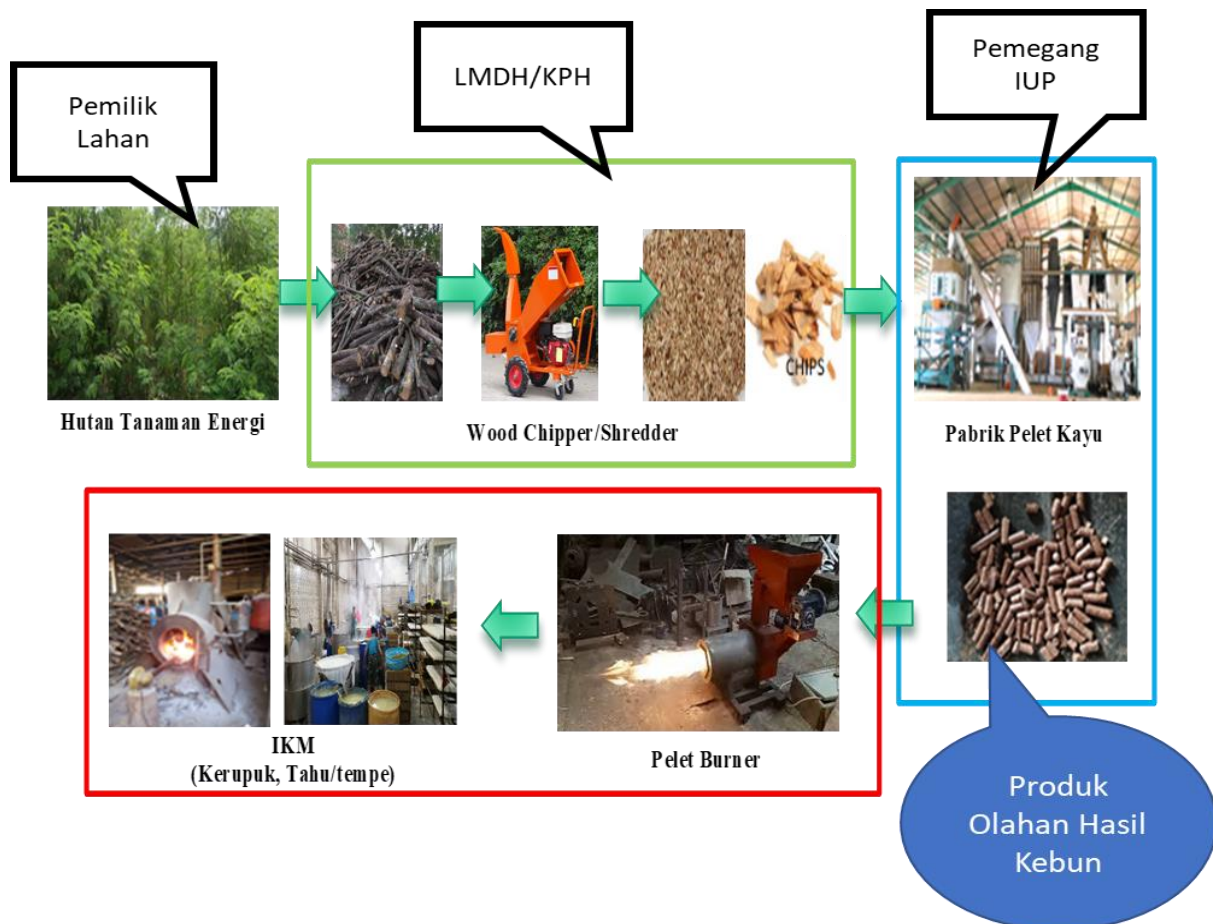
Dengan melibatkan masyarakat dalam rantai bisnis pelet biomassa diharapkan dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekitar hutan. Ketika pemanenan kayu, peran LMDH/KPH sangat penting, terutama dalam mengkoordinasi hasil panen dari masing-masing anggota LMDH. Kayu hasil panen dari pemilik lahan ditampung oleh LMDH sebelum dikonversi ke pengolahan tahap awal.

Selain bekerja sama dalam kegiatan penanaman, kerja sama lanjutan dapat dilakukan oleh pemilik lahan dan LMDH/KPH untuk kegiatan pengolahan biomassa tahap awal yaitu tahap *sizing* biomassa menjadi bentuk serpih (*chips*). Proses *chipping* dilakukan dengan menggunakan mesin pencacah kayu (*chipper/shredder*) yang dapat diproduksi dengan teknologi sederhana oleh bengkel lokal (IKM), dimana mesin tersebut bisa dipindah-pindah, sesuai dengan lokasi pemanenan kayu. Hasil kayu olahan tahap awal kemudian dapat disuplai ke pabrik pelet kayu. Selanjutnya untuk pemanfaatan pelet kayu terbuka pasar konsumen dari industri yang berkembang pesat di kota Sawahlunto.

Dengan adanya mekanisme ini, masyarakat tidak langsung menjual kayu dalam bentuk log ke pabrik pelet, tetapi menjual dalam bentuk olahan dengan harga yang lebih baik. Dengan demikian, masyarakat di sekitar hutan memperoleh keuntungan ganda, yaitu dari hasil panen kayu di hutan, dan dari hasil penjualan kayu olahan ke pabrik pelet.

Dalam hal ini, pemegang IUP dapat berperan sebagai industri penghasil pelet kayu. Kegiatan untuk menghasilkan energi melalui penambangan batubara yang telah lama dilakukan dikonversi menjadi kegiatan yang menghasilkan energi melalui kegiatan industri untuk menghasilkan pelet kayu dari kebun energi. Konsep ini dikenal dengan *energy, back to energy*. Interaksi sosial dan kerja sama yang baik antara pemegang IUP dan pemilik lahan selama kegiatan penambangan berlangsung (selama bertahun-tahun) telah membuahkan

ikatan kuat dan relasi yang baik. Sehingga diharapkan, dari ikatan sosial yang sudah terjalin lama, bentuk kerja sama dalam pengembangan biomassa kebun energi juga tidak sulit dilakukan oleh kedua belah pihak. Gambaran konsep pengembangan ini dapat dilihat pada gambar 3.16 sebagai berikut :



Gambar 3. 16. Model Pengembangan Produk Pelet Biomassa untuk Industri Kecil Menengah

Industri kecil dan menengah yang nantinya menggunakan gas sebagai bahan bakar, diharapkan sangat terbantu dengan adanya pelet kayu, karena akan menekan biaya produksi yang signifikan. Satu kilogram gas setara dengan 3 kg pelet kayu, apabila harga pelet kayu Rp.1.500/kg, dibutuhkan biaya sekitar Rp.4.500/3 kg, hal ini masih jauh lebih murah dibandingkan dengan harga gas yang mencapai Rp.12.500/kg.

3.7. Rekomendasi Pengembangan *Demo Plant* Kebun Energi di Kota Sawahlunto

Pada sub bab 3.3 (3.3.2) telah dipaparkan perhitungan potensi lahan untuk kebun energi dengan asumsi memanfaatkan semua lahan yang termasuk dalam IUP Sawahlunto. Dalam hal ini semua pemilik lahan dianggap bersedia mendedikasikan lahannya untuk kebun energi paska kegiatan penambangan batubara berakhir. Untuk mencapai tujuan tersebut perlu dikembangkan percontohan kebun energi dan industri hilir yang menarik agar perusahaan tambang dan para pemilik lahan bersedia melakukan reklamasi lahan bekas tambang menjadi kebun energi.

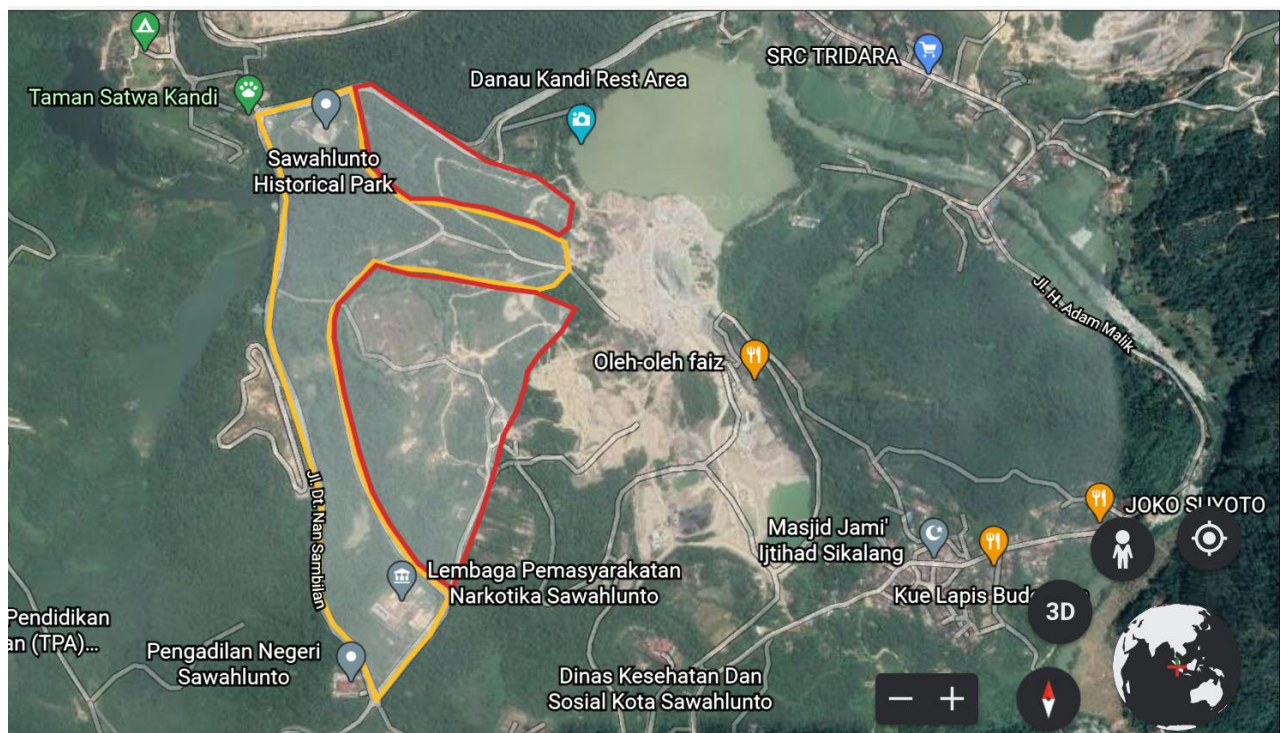
Berdasarkan data IUP Sawahlunto dan informasi yang diperoleh pada saat survey lokasi, maka untuk pengembangan *demo plant* kebun energi dapat memanfaatkan lahan bekas tambang PT Bukit Asam yang sudah dihibahkan ke pemkot Sawahlunto yaitu sebesar kurang lebih 30 ha. Adapun alasan pemilihan lokasi PT Bukit Asam adalah sebagai berikut :

- Status lahan tersebut sudah dihibahkan ke pemkot Sawahlunto. Untuk sertifikasi lahan sedang dalam proses pengajuan. Kendala yang dihadapi terkait peraturan menteri yang mengharuskan adanya biaya yang dikeluarkan pada saat proses hibah walaupun Rp 1.
- PT Bukit Asam memberi kebebasan pada pemkot dalam hal pemanfaatan lahan tersebut, namun tidak boleh dikomersialkan dan pengelolaannya tidak boleh diserahkan ke pihak swasta.
- Lahan bekas tambang PT Bukit Asam yang dimaksud merupakan Kawasan Kandih yang merupakan kawasan hutan kota dan wisata, hal ini seperti yang tertuang dalam Peta Rencana Pola Ruang Wilayah Kota Sawahlunto Tahun 2012-2032. Dengan kata lain jika kebun energi dikembangkan di kawasan tersebut maka hal tersebut tidak menyalahi master plan pola ruang (gambar-3.17) yang sudah ada.



1. Luasan lahan bekas tambang batubara PT. Bukit Asam (PT. BA) yang telah diserahkan ke Pemkot Sawahlunto sebesar 393,4 ha dengan jarak ± 12 Km dari Pusat Kota Sawahlunto. Dari luasan tersebut yang berpotensi untuk dikembangkan menjadi kebun energi (*demo plant*) adalah seluas \pm **30 ha**, ditunjukkan pada gambar 3.13, poligon merah. Sedangkan poligon warna kuning merupakan calon lokasi Blok Taman KEHATI. Lokasi lahan relatif tidak berjauhan antara lahan satu dengan yang lainnya (terkumpul).
2. Kegiatan reklamasi lahan bekas tambang batubara PT. BA sudah mulai dilakukan pada tahun 1990. Kegiatan penambangan berakhir pada tahun 1998. Kemudian pada tahun 2004 sebagian lokasi lahan tersebut diserahkan ke Pemkot Sawahlunto.

3. Status lahan di Resor wisata Kandi – Tanah Hitam merupakan bekas Kuasa Pertambangan (KP) PT. Bukit Asam – Unit Pertambangan Ombilin (PT. BA – UPO). Kawasan ini dikenal dengan sebutan “**Kawasan Kandi**”.
4. Kondisi lahan bekas tambang dapat dilihat dari beberapa sisi, yaitu : topografi, tingkat kestabilan tanah dan kesuburan tanah. Untuk kondisi topografi, kondisi lahan sudah cukup rata dan bisa langsung dilakukan revegetasi tanaman jenis penutup (legume) atau tanaman pokok lainnya. Untuk kondisi kestabilan tanah, kondisi tanah masih cukup labil. Hal ini dibuktikan bahwa pada tahun 2015 pernah direncanakan untuk pembangunan wahana wisata *Dream Land*. Akan tetapi karena kondisi tanah yang labil, proyek pembangunan tersebut dihentikan. Sedangkan dari tingkat kesuburan tanah, lahan tersebut sudah sangat subur. Beberapa jenis tanaman tumbuh dengan baik. Tanaman akasia hasil revegetasi sebelumnya tumbuh dengan baik di lahan tersebut.
5. Keberadaan akses jalan/infrastruktur berdekatan dengan lokasi lahan bekas tambang tersebut.
6. Jarak lokasi lahan bekas tambang tersebut ke PLTU Ombilin adalah sejauh 5,2 km dapat ditempuh dengan kendaraan roda empat selama 10 (sepuluh) menit.



Gambar 3. 18. Lokasi Potensial *Demo Plant* Kebun Energi seluas 30 Ha (Poligon Merah)

BAB 4 *DEMO PLANT* KEBUN ENERGI 1,5 HA TERINTEGRASI DENGAN PENGEMBANGAN LAINNYA

4.1. Latar Belakang *Demo Plant* Kebun Energi 1,5 Ha

Pada tahun 2011 P3TEK-KEBTKE telah melakukan realisasi pembelian lahan untuk keperluan perkantoran dan laboratorium seluas 38.487 m². Pada tahun 2012 dibuat *Master Plan* dan *DED* kawasan gedung perkantoran dan laboratorium P3TKEBTKE oleh Konsultan Perencana PT ARKONIN. Kawasan ini menggunakan konsep “*green area & building*”. Kemudian dalam perjalanannya, master plan tersebut tidak dapat direalisasikan semuanya dikarenakan adanya moratorium pembangunan gedung baru bagi kegiatan pemerintahan oleh presiden pada tahun 2014. Sehingga pembangunan gedung baru hanya boleh dilakukan untuk 2 (dua) gedung laboratorium, satu (1) gedung keamanan, satu (1) gedung power house dan satu (1) gedung *hydrant*. *Master plan* awal pembangunan gedung perkantoran dan laboratorium P3TKEBTKE tersebut dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut ini



Gambar 4. 1. *Master Plan* Awal Pembangunan Gedung Perkantoran dan Laboratorium P3TKEBTKE Tahun 2012

Lahan perkantoran tersebut sebelum dibeli oleh P3TEK-KEBTKE pada awalnya merupakan lahan yang sangat subur dan dimanfaatkan untuk sawah dan kebun jati oleh masyarakat setempat. Setelah pembangunan gedung laboratorium dan gedung pendukung lainnya yang dilakukan pada tahun 2014, terdapat sisa lahan seluas $\pm 1,5$ ha yang belum dimanfaatkan untuk pengembangan apapun hingga tahun 2019. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.2, di mana poligon merah merupakan *layout* lokasi perkantoran P3TEK-KEBTKE tampak atas.



Gambar 4. 2. *Layout* Gedung Perkantoran P3TEK-KEBTKE (Poligon Merah) Tampak Atas

Dari gambar 4.2 dapat dilihat bahwa pada bagian poligon merah masih terdapat banyak lahan kosong yang belum dimanfaatkan. Karena tidak ada pemanfaatan lahan secara optimal selama ± 5 (lima) tahun, kondisi lahan pada banyak ditumbuhi alang-alang dan rerumputan yang tingginya mencapai 1,5 hingga 2 meter. Di beberapa lokasi lahan lahan tersebut juga banyak ditemukan gundukan tanah dan bekas puing-puing bangunan untuk urugan lahan tersebut.

4.2. Pembangunan Demo Plant Kebun Energi 1,5 Ha

Salah satu output dari kegiatan Kajian Reklamasi Lahan Bekas Tambang Batubara untuk Kebun Energi adalah pembangunan *demo plant* kebun energi seluas 1,5 ha yang terintegrasi dengan pengembangan lainnya. Lokasi *demo plant* kebun energi ini adalah di lahan kantor P3TEK-KEBTKE yang belum dimanfaatkan.

Pembangunan *demo plant* kebun energi ini diharapkan bisa menjadi laboratorium alam untuk kegiatan penelitian dan pengembangan energi biomassa maupun biogas dengan cara memanfaatkan lahan kosong perkantoran yang memiliki konsep pengembangan berupa :

1. Kegiatan Vegetasi Tanaman Energi.

Pola tanam yang digunakan untuk kegiatan vegetasi ini adalah pola *cluster* dengan perbandingan tanaman biomassa dan tanaman *agroforestry* sebesar 70% banding 30%. Pemilihan jenis tanaman energi berdasarkan referensi yang ada (Buku RPI-8, Tahun 2014). Jenis pohon yang ditanam adalah jenis pohon penghasil kayu energi yaitu terdiri dari sengon, ketapang, ambon, kaliandra, gamal, akasia, lamtoro, turi dan lain-lain. Adapun blok-blok pembagian jenis tanaman dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut ini



Gambar 4. 3. *Layout untuk Cluster Kebun Energi Terintegrasi*

2. Kegiatan Vegetasi Tanaman *Agroforestry*

Vegetasi tanaman lain dipilih jenis tanaman mempunyai nilai tambah (nilai ekonomi tinggi) tetapi tidak bersaing dengan tanaman energi, yaitu tanaman porang, tanaman anggur, rosella, infogofera dan azolla.

3. Peternakan Sapi dan Unit Digester Biogas

Pemasangan unit digester biogas dilakukan untuk mendukung pemanfaatan kotoran ternak untuk produksi biogas dan pupuk kandang.

4. Wisata Edukasi Keluarga

Konsep kebun terintegrasi dengan perawatan yang intensif akan menghasilkan kebun yang menarik sehingga dapat menjadi pilihan untuk rekreasi.

Agar konsep pembangunan kebun energi dapat terlaksana dengan baik maka perlu dilakukan perencanaan tahapan pekerjaannya. Tahapan yang dilakukan dalam rangka pembangunan kebun energi ini adalah sebagai berikut :

- a. Pembukaan dan Persiapan Lahan
- b. Pembuatan Jalan Setapak
- c. Pemasangan Instalasi Pengairan
- d. Pemasangan Instalasi Penerangan
- e. Pemasangan Unit Digester Biogas dan Peralatan pendukung lainnya
- f. Penanaman Pohon Energi dan Tanaman *Agroforestry*.
- g. Perawatan Kebun dan Tanaman

Pada tahap awal pengembangan, pekerjaan yang dilakukan adalah pembukaan lahan yang banyak ditumbuhi alang-alang yang tebal dan tinggi. Lahan alang-alang merupakan lahan marjinal, karena mempunyai produktivitas lahan yang rendah. Permasalahan dalam pemanfaatan lahan yang ditumbuhi alang-alang untuk pertanian/perkebunan adalah buruknya sifat fisika dan kimia tanah.

Sifat fisika tanah yang jelek akan mempengaruhi ketersediaan air tanah, karena kandungan air tanah sangat tergantung kepada kemampuan tanah menahan air. Disamping itu, dengan adanya akumulasi liat pada lapisan bawah menyebabkan bobot isi tanah tinggi. Sedangkan untuk masalah kimia tanah lahan alang-alang diantaranya adalah kapasitas tukar kation (KTK) rendah, reaksi tanah masam, kejenuhan aluminium tinggi, miskin unsur hara terutama fosfat dan kation-kation dapat ditukar seperti Ca, Mg dan K. (Seriosta, Ayu, 2018).

Untuk meningkatkan produktivitas lahan alang-alang menjadi lahan kebun yang produktif dan bersifat lestari, maka dilakukan perbaikan sifat-sifat tanah terutama pengelolaan bahan organik tanah dengan beberapa cara pembukaan lahan serta mengatur pola tanam sesuai dengan kondisi kebun energi tersebut.

Beberapa cara pembukaan lahan alang-alang yang telah dilakukan adalah pengolahan secara mekanis (menggunakan traktor dan cultivator), tebas dan bakar alang-alang dan secara kimiawi melalui penggunaan herbisida. Penebasan dan pembakaran alang-alang dapat berpengaruh baik, karena abu hasil pembakaran menjadi sumber hara bagi tanaman tetapi tidak dapat bertahan lama, sehingga harus diimbangi dengan pemupukan. Kegiatan pembukaan lahan dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut ini



Gambar 4. 4. Pembukaan Lahan Menggunakan Cultivator dan Traktor

Tahapan yang kedua adalah pembuatan jalan setapak sepanjang ± 200 m. Penyediaan jalan setapak ini bertujuan untuk memberikan kemudahan akses jalan menuju areal kebun energi, sehingga memudahkan dalam kegiatan perawatan, kontrol keamanan dan keindahan serta kerapian kebun energi. Pekerjaan pembuatan jalan setapak disajikan pada gambar 4.5 berikut ini



Gambar 4. 5. Pekerjaan Pembuatan Jalan Setapak Sepanjang 200 m

Tahapan yang ketiga adalah pekerjaan pemasangan instalasi pengairan kebun energi sepanjang ± 300 m. Instalasi pengairan ini untuk memenuhi kebutuhan kebun energi dan juga unit digester biogas. Jalur pipa air dipasang mulai dari gedung *hydrant* menyusuri sepanjang jalan setapak kebun energi dan menuju instalasi biogas. Sehingga nantinya untuk kebutuhan pengairan kebun dan biogas dapat diambil dari jalur pipa dan kran yang telah disediakan di jalur tersebut. Jalur instalasi pengairan dapat dilihat pada gambar 4.6 berikut ini



Gambar 4. 6. Instalasi Pengairan yang Terpasang di Sepanjang Jalan Setapak

Tahapan yang keempat adalah pekerjaan pemasangan instalasi penerangan kebun energi. Instalasi penerangan ini dipasang sepanjang jalan setapak sebanyak 20 titik tiang lampu. Dengan adanya penerangan ini diharapkan dapat memudahkan dalam proses kontrol keamanan selain itu juga menambah kerapian dan keindahan kebun energi. Instalasi penerangan yang sudah terpasang disajikan pada gambar 4.7 berikut ini



Gambar 4. 7. Instalasi Penerangan yang Terpasang di Sepanjang Jalan Setapak

Tahapan yang kelima adalah pemasangan unit instalasi biogas yang meliputi digester biogas, pembuatan bak inlet dan outlet, gas holder, pipa biogas, reaktor pemurnian biogas dan lain-lainnya. Pekerjaan pemasangan unit instalasi biogas tersebut dapat dilihat pada gambar 4.8 berikut ini



Gambar 4. 8. Pemasangan Unit Digester Biogas dan Peralatan Pendukung Lainnya

Tahapan keenam merupakan bagian inti dari keberadaan kebun energi yaitu tahapan penanaman pohon energi dan tanaman *agroforestry* yang bernilai ekonomi tinggi. Penjelasan tentang vegetasi kebun energi ini telah dijelaskan pada sub bab 4.2, di mana untuk jenis pohon energi yang ditanam adalah jenis pohon penghasil kayu energi yaitu terdiri dari sengon, ketapang, ambon, kaliandra, gamal, akasia, lamtoro, turi dan lain-lain. Sedangkan untuk vegetasi tanaman *agroforestry* dipilih jenis tanaman yang mempunyai nilai tambah (bernilai ekonomi tinggi) tetapi tidak bersaing dengan tanaman energi, yaitu tanaman porang, tanaman anggur, rosella, infogofera dan azolla. Hal ini seperti disajikan pada gambar 4.9 dan gambar 4.10 berikut ini



Gambar 4. 9. Contoh Jenis Tanaman Energi



Gambar 4. 10. Contoh Jenis Tanaman *Agroforestry*

Tahap akhir dari pengembangan kebun energi ini adalah tahap perawatan kebun dan tanaman kebun. Tahap ini merupakan bagian yang paling penting di antara tahapan yang lainnya karena berkaitan dengan keberlanjutan kebun energi. Pekerjaan perawatan kebun dan tanaman meliputi : penyiangan rumput, pembersihan hama tanaman, pemberian pupuk dan vitamin penyubur tanaman, penyiraman tanaman serta pemeliharaan unit instalasi biogas. Rangkain pekerjaan perawatan kebun energi ini harus dilakukan secara kontinue dan terjadwal agar pertumbuhan tanaman dapat terjaga dan hasil kebun yang optimal dapat diperoleh.

BAB 5 KESIMPULAN

Dari hasil kegiatan Kajian Reklamasi Lahan Bekas Tambang Batubara untuk Kebun Energi yang telah selesai dilakukan, termasuk di dalamnya Pembangunan *Demo Plant* Kebun Energi seluas 1,5 ha di lahan kantor P3TEK-KEBTKE, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Kajian Reklamasi Lahan Bekas Tambang Batubara untuk Kebun Energi ini merupakan kajian yang memanfaatkan dan mengintegrasikan hasil-hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan tahapan reklamasi, aplikasi silvikultur, sifat-sifat tanaman, produktivitas dan nilai kalor tanaman serta teknologi pengolahan biomassa hasil kebun energi. Hasil dari kajian ini diharapkan dapat diaplikasikan sebagai salah satu bentuk upaya penyelamatan lingkungan yang terintegrasi dengan penyediaan energi atau yang dikenal dengan konsep *energy, back to energy*.
2. Total luasan Izin Usaha Pertambangan (IUP) Batubara yang ada di kota Sawahlunto adalah seluas 3967,77 ha. Jika kegiatan tahapan reklamasi sudah dilakukan dengan tahapan-tahapan yang benar maka akan menciptakan kondisi permukaan tanah yang stabil, dapat menopang sendiri secara berkelanjutan (*self-sustaining*) dan dapat digunakan untuk berproduksi. Jika diasumsikan semua pemilik lahan tersebut mendedikasikan lahan bekas tambangnya untuk pengembangan kebun energi, dengan penggunaan bibit unggul dan aplikasi sistem budidaya yang tepat (silvikultur) maka produksi biomassa kayu energi yang diperoleh adalah sebesar 119.033 ton/tahun selama $\pm 15-20$ tahun.
3. Produk olahan kebun energi yang dihasilkan dapat berupa *pulverized* biomassa untuk suplai bahan bakar *co-firing* PLTU Ombilin. Produk olahan kebun energi lainnya dapat berupa pelet kayu untuk bahan bakar industri kecil dan menengah yang ada di kota Sawahlunto.
4. Rekomendasi dari hasil kajian ini adalah perlunya pengembangan percontohan (*demo plant*) kebun energi dan industri hilir yang menarik di kota Sawahlunto. Diharapkan dari pengembangan tersebut perusahaan tambang dan para pemilik lahan bersedia melakukan reklamasi lahan bekas tambang batubaranya menjadi kebun energi.
5. Berdasarkan data IUP Sawahlunto dan informasi yang diperoleh pada saat survey lokasi, maka untuk pengembangan *demo plant* kebun energi dapat memanfaatkan lahan bekas

tambang batubara milik PT Bukit Asam seluas ± 30 ha. Luasan lahan bekas tambang batubara ini telah diserahkan ke Pemkot Sawahlunto pada tahun 2004 namun belum dimanfaatkan untuk keperluan apapun sehingga berpotensi untuk dikembangkan menjadi *Demo Plant* Kebun Energi.

6. Produk keluaran (*output*) dari kegiatan Kajian Reklamasi Lahan Bekas Tambang Batubara untuk Kebun Energi ini ada 2 (dua) macam, yaitu Laporan Hasil Kajian dan *Demo Plant* Kebun Energi seluas $\pm 1,5$ ha di lahan kantor P3TEK-KEBTKE di Gunung Sindur, Bogor, Provinsi Jawa Barat.
7. Pembangunan *demo plant* kebun energi ini diharapkan bisa menjadi laboratorium alam untuk kegiatan penelitian dan pengembangan energi biomassa maupun biogas dengan cara memanfaatkan lahan kosong perkantoran yang memiliki konsep pengembangan berupa vegetasi tanaman energi, vegetasi tanaman *agroforestry*, peternakan sapi dan digester biogas serta wisata edukasi keluarga.

DAFTAR PUSTAKA

1. C. Agus, E. Primananda, E. Faridah, D. Wulandari & T. Lestari, Role of arbuscular mycorrhizal fungi and *Pongamia pinnata* for revegetation of tropical open-pit coal mining soils International Journal of Environmental Science and Technology, 2019)
2. Influence Of Arbuscular Mycorrhizal Fungi And Soil Ameliorants On The Mycorrhizal Colonization, Chlorophyll Content, And Performance Growth Of Two Tropical Tree Seedlings Grown In Soil Media With High Aluminum Content Sri Wilarso Budi*, Budi Arty, Basuki Wasis, Cahyo Wibowo And Andi Sukendro Department of Silviculture, Faculty of Forestry, IPB University, Indonesia Jalan Lingkar Akademik Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, West Java, Indonesia *E-mail: wilarso62@yahoo.com Accepted 6 February 2020, Published online 30 June 2020
3. Ketergantungan Tiga Jenis Tanaman Kehutanan terhadap Mikoriza pada Media Tanah Bekas Tambang Pasir Silika (Mycorrhizal Dependency of Three Forest Trees Species Grown in Post Sand Silica Mining Media) Putri Aurum, Sri Wilarso Budi*, Prijanto Pamoengkas Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI), April 2020
4. Untung, S. R. dan N Rosnia, 2009, Kemungkinan Pemanfaatan Bakterisida Fenol Untuk Pencegahan Air Asam Tambang, Prosiding Kolokium Pertambangan 2009, Departemen ESDM, Bandung.
5. Fahrudin, 2009, Pengaruh Jenis Sedimen Wetland Dalam Reduksi Sulfat pada Limbah Air Asam Tambang (AAT), Jurnal Teknik Lingkungan, Vol. 10, No. 1, Hal. 26-30, Jakarta.
6. Silaban, D. W., 2011, Analisis Grund Vibration Pada Kegiatan Peledakan PT Thiess Contractor Indonesia Site Senakin, Kalimantan Selatan, Skripsi, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran", Yogyakarta.
7. Daru, T. P., 2009, Tehnik Pengembangan Tanaman Penutup Tanah Pada Lahan Reklamasi Tambang Batubara Sebagai Pastura, Sekolah Pasca Sarjana, IPB, Bogor.
8. Bustomi, S. 2009. Rencana Penelitian Integratif (RPI) Pengelolaan Hutan Tanaman Penghasil Kayu Energi Thn. 2010-2014. Proposal Rencana Penelitian Integratif. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan Tanaman. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.
9. Buku Budidaya Kaliandra untuk Energi, IPB Press. Tahun 2014.

10. Buku RPI-8 Pengelolaan Hutan Tanaman Kayu Energi Tahun 2009; *): Budidaya Kaliandra untuk Tanaman Energi Tahun 2014
11. Petunjuk Teknis Rehabilitasi Lahan Bekas Tambang untuk Pertanian, Balitbang Pertanian, Tahun 2019.
12. Adi Susilo, dkk “Status Riset Reklamasi Pasca Tambang Batubara”, Tahun 2010.
13. Dedi Hudaedi , Hariyadi dan Syaiful Anwar, Potensi Gamal (*Gliricidia Sepium*) Sebagai Bahan Baku Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Studi Kasus : Kabupaten Manggarai Timur (NTT), Journal of Env. Engineering & Waste Management, Vol. 3, No. 1, April 2018: 13-20
14. Chadhokar. A.P. 1982. *Gliricidia maculata* a Promising Legume Fodder Plant. World Animal Review 44: 36 -42.
15. Nusantara, S. 2009. Keunggulan Gamal Sebagai Pakan Ternak. BPTU Sembawa, Ditjen Peternakan dan Keswan Jl. Raya Palembang-Pangkalan Balai Km.29 Sembawa
16. Chen, Wei-Hsin, et al, 2011, An evaluation on improvement of pulverized biomass property for solid fuel through torrefaction
17. Seriosta, Ayu, 2018, Pengaruh Cara Pembukaan Lahan Alang-Alang Terhadap Besarnya Unsur Hara Yang Terbawa Oleh Erosi Tanah Dan Produksi Tanaman Di Lahan Kritis Daerah Tangkapan Air (DTA) Singkarak