



REPUBLIK INDONESIA

**PEDOMAN
PENYELENGGARAAN INVENTARISASI
GAS RUMAH KACA NASIONAL**

**BUKU I
PEDOMAN UMUM**



KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP

2012

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
SAMBUTAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud, Tujuan dan Sasaran	3
1.3 Manfaat	3
1.4 Ruang Lingkup Pedoman Inventarisasi Gas Rumah Kaca	4
II. GAS RUMAH KACA DAN PERUBAHAN IKLIM	5
2.1 Gas Rumah Kaca dan Pemanasan Global	5
2.2 Aktivitas Manusia dan Emisi Gas Rumah Kaca	8
III. INVENTARISASI GAS RUMAH KACA	11
3.1 Prinsip Dasar	11
3.2 Tahapan Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca	13
3.2.1 Siklus Penyelenggaraan Inventarisasi GRK	13
3.2.2 Analisis Ketidakpastian (<i>Uncertainty Analysis</i>)	17
3.2.3 Analisis Konsistensi	23
3.2.4 Analisis Kategori Kunci GRK (<i>Key Category Analysis</i>)	25
3.2.5 Penjaminan dan Pengendalian Mutu Inventory (QA/QC) dan Verifikasi	28
IV. METODE UMUM PENDUGAAN EMISI DAN SERAPAN GAS RUMAH KACA	33
4.1 Pedoman dari IPCC untuk Inventarisasi Gas Rumah Kaca	33
4.2 Persamaan Umum Pendugaan Emisi Gas Rumah Kaca	34
4.2.1 Data Aktivitas	34
4.2.2 Faktor Emisi	35
4.3 Pemilihan Metodologi Inventarisasi Gas Rumah Kaca Menurut Tingkat Ketelitian (<i>TIER</i>)	36
4.4 Pengarsipan Data dan Informasi dalam Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca	37
V. PELAPORAN INVENTARISASI GAS RUMAH KACA	38
5.1 Mekanisme Kelembagaan dalam Pelaporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca	38

	Halaman
5.2 Aliran Data dan Informasi Penyusunan Inventarisasi Gas Rumah Kaca	40
5.3 Tahun Dasar Pelaporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca	48
5.4 Wilayah Batas Pelaporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca	48
5.5 Isi Laporan	50
VI. PENUTUP	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	55
1. Tabel Laporan Ringkasan Emisi dan Serapan Gas Rumah Kaca	56
2. Tabel Kecenderungan (Trends) Gas Rumah Kaca	61
3. Tabel Ketidakpastian (<i>Uncertainties</i>)	68
4. Tabel Ringkasan Analisis Kategori Kunci (<i>key category analysis</i>)	69

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Jenis-jenis Gas Rumah Kaca dan Nilai Potensi Pemanasan Bumi.....	7
Tabel 2.2 Keseimbangan Karbon Global.....	9
Tabel 2.3 Kategori Kegiatan dengan Sumber & Penyerap Gas Rumah Kaca.....	9
Tabel 3.1 Proses Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional.....	16
Tabel 3.2 Prosedur Umum Pengendalian Mutu (QC) untuk Inventarisasi GRK....	31

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Gas Rumah Kaca di Atmosfer.....	5
Gambar 3.1 Perencanaan untuk Membangun Hubungan dengan Lembaga yang terlibat dalam Penyelenggaraan Inventarisasi GRK.....	14
Gambar 3.2 Siklus Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional.....	15
Gambar 3.3 Struktur Generik Analisis Uncertainty.....	17
Gambar 3.4 Ilustrasi Akurasi dan Presisi.....	19
Gambar 3.5 Metode Overlap.....	23
Gambar 3.6 Metode Interpolasi.....	24
Gambar 3.7 Pohon Pengambilan Keputusan dalam Pemilihan Pendekatan yang digunakan untuk Penentuan Kategori Kunci.....	26
Gambar 5.1 Sistem Pelaporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional	38
Gambar 5.2 Sistem Pelaporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca dari Pemerintah Provinsi dan Kabupaten/Kota ke Pemerintah Pusat.....	40
Gambar 5.3 Aliran informasi dan aktivitas pada penyusunan inventarisasi GRK sektor industri (manufaktur, konstruksi termasuk kehutanan seperti industri pulp dan kertas, dan perkebunan besar seperti industri pengolahan minyak sawit atau komoditi perkebunan lainnya).....	42
Gambar 5.4 Aliran informasi dan aktivitas pada penyusunan inventarisasi GRK dari penggunaan energi dan penanganan limbah di industri/produsen energi.....	43
Gambar 5.5 Aliran informasi dan aktivitas pada penyusunan inventarisasi GRK dari penggunaan energi di sektor transportasi.....	44
Gambar 5.6 Aliran informasi dan aktivitas pada penyusunan inventarisasi GRK dari sektor pertanian, kehutanan dan penggunaan lahan lainnya (AFOLU). Jenis data yang dikumpulkan oleh dinas terkait ialah yang tidak masuk dalam kategori jenis data yang sudah dicakup oleh sektor proses industri.....	45
Gambar 5.7 Aliran informasi dan aktivitas pada penyusunan inventarisasi GRK sektor limbah	46
Gambar 5.8 Aliran informasi dan aktivitas pada penyusunan inventarisasi GRK dari Limbah Industri Manufaktur.....	47

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gas rumah kaca (GRK) merupakan gas di atmosfer yang berfungsi menyerap radiasi infra merah dan ikut menentukan suhu atmosfer. Adanya berbagai aktivitas manusia, khususnya sejak era pra-industri emisi gas rumah kaca ke atmosfer mengalami peningkatan yang sangat tinggi sehingga meningkatkan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer. Hal ini menyebabkan timbulnya masalah pemanasan global dan perubahan iklim.

Untuk mengatasi masalah ini, pada Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) Bumi di Rio tahun 2002, dilahirkan konvensi perubahan iklim dengan tujuan untuk menstabilisasi konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer pada tingkat yang tidak membahayakan sistem iklim. Tingkat konsentrasi yang dimaksud harus dapat dicapai dalam satu kerangka waktu tertentu sehingga memberikan waktu yang cukup kepada ekosistem untuk beradaptasi secara alami terhadap perubahan iklim dan dapat menjamin produksi pangan tidak terancam dan pembangunan ekonomi dapat berjalan secara berkelanjutan.

Pemerintah Indonesia melalui Undang-Undang Nomor 6 Tahun 1994 telah meratifikasi konvensi perubahan iklim. Dengan demikian Indonesia secara resmi terikat dengan kewajiban dan memiliki hak untuk memanfaatkan berbagai peluang dukungan yang ditawarkan *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) atau Kerangka Kerja PBB dalam upaya mencapai tujuan konvensi tersebut.

Salah satu kewajiban ialah membangun, memutakhirkan secara periodik, dan menyediakan inventarisasi emisi nasional menurut sumber (*source*) dan rosot (*sink*) untuk semua jenis gas yang tidak diatur dalam Protokol Montreal, dengan menggunakan metodologi yang dapat diperbandingkan yang disetujui oleh para pihak penandatanganan konvensi (UNFCCC, 1992).

Hasil inventarisasi GRK ini selanjutnya harus dilaporkan dalam dokumen Komunikasi Nasional (*National Communication*) bersama dengan informasi lain yaitu deskripsi tentang langkah-langkah yang diambil untuk mencapai tujuan konvensi meliputi upaya adaptasi dan mitigasi perubahan iklim, dan informasi lainnya yang relevan dengan pencapaian tujuan konvensi.

Pada pertemuan para pihak penandatanganan konvensi perubahan iklim ke-13 di Bali (*The 13th Conference of the Parties/COP-13 UNFCCC*) tahun 2007, dilahirkan kesepakatan baru terkait dengan aksi kerjasama jangka panjang (*Long Cooperative of*

Actions) antara negara maju dan berkembang untuk lebih meningkatkan upaya di tingkat nasional untuk melakukan upaya-upaya yang tepat dalam menurunkan tingkat emisi. Sejalan dengan itu, Presiden RI pada pertemuan G-20 di Pittsburgh – USA pada 25 September 2009 telah menyatakan komitmen pemerintah Indonesia yang sifatnya tidak mengikat untuk mengurangi tingkat emisi GRK sebesar 26% di tahun 2020 dengan sumber-sumber pendanaan dari dalam negeri dan lebih jauh sampai dengan 41% di tahun 2020 dengan bantuan pendanaan dari luar.

Selanjutnya pada COP 17 di Durban, dicapai pula kesepakatan bahwa Negara berkembang (non-Annex 1) seperti Indonesia wajib menyampaikan laporan setiap dua tahunan (*Biennial Update Report/BUR*) ke COP dalam bentuk laporan tersendiri atau bagian dari Komunikasi Nasional pada tahun saat laporan komunikasi dilaporkan. Laporan dua tahunan berisikan *update* inventarisasi GRK nasional termasuk laporan tentang aksi mitigasi yang dilakukan dan kebutuhan serta dukungan yang diperoleh dalam pelaksanaannya. Sejalan dengan ini, Pemerintah Indonesia telah mengeluarkan beberapa peraturan terkait dengan pelaksanaan tanggungjawab konvensi tersebut (Box 1).

Box 1.

Peraturan terkait dengan pelaksanaan tanggungjawab terhadap konvensi perubahan iklim

1. Undang-Undang Nomor 6 tahun 1994 tentang Ratifikasi Konvensi Perubahan Iklim, yang mewajibkan Indonesia untuk melakukan pelaporan tingkat emisi GRK nasional dan upaya-upaya mitigasi perubahan iklim pada dokumen komunikasi nasional (*national communication; pasal 12 Konvensi*);
2. UU Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, bahwa Pemerintah, Pemerintah Propinsi, Kabupaten/Kota melakukan inventarisasi emisi GRK (pasal 63);
3. UU Nomor 31 Tahun 2009 tentang Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, Pasal 65 ayat (3) huruf a, bahwa untuk perumusan kebijakan perubahan iklim dilakukan inventarisasi emisi GRK;
4. Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca;
5. Peraturan Presiden Nomor 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional.

Dua peraturan presiden yang telah dikeluarkan untuk mengatur pelaksanaan langkah aksi penurunan emisi dan inventarisasi gas rumah kaca ialah Perpres 61/2001 dan 71/2011. Dalam rangka memenuhi amanat Perpres 71/2011, maka disusun Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Pedoman ini disusun untuk memberikan informasi mengenai proses penyelenggaraan dan metodologi pelaksanaan inventarisasi emisi Gas Rumah Kaca, yang dilaksanakan di tingkat nasional, provinsi, dan kabupaten/kota.

1.2. Maksud, Tujuan, dan Sasaran

Maksud penyusunan pedoman penyelenggaraan inventarisasi emisi GRK adalah menyediakan informasi ringkas mengenai pelaksanaan inventarisasi emisi GRK di tingkat nasional maupun provinsi dan/atau kabupaten/kota.

Tujuan pembuatan pedoman inventarisasi ini adalah untuk:

- Pelaksanaan dan/atau pengkoordinasian inventarisasi GRK di tingkat pusat (nasional), wilayah (provinsi dan kabupaten/kota) yang dapat dipercaya, akurat, konsisten, dan berkelanjutan;
- Penghitungan/estimasi emisi dan serapan GRK;
- Pelaporan tingkat dan status emisi GRK;
- Pemantauan tingkat dan status emisi GRK;
- Penyusunan dokumen tingkat dan status emisi GRK;
- Pelaksanaan inventarisasi emisi GRK dengan metodologi yang disepakati internasional/ nasional.

Sasaran penyusunan pedoman adalah tersedianya informasi mengenai tingkat dan status emisi GRK di tingkat pusat (nasional) maupun di tingkat daerah (provinsi atau kabupaten/kota) setiap tahun.

Tingkat emisi ialah merujuk pada inventarisasi gas rumah kaca pada tahun tertentu yaitu tahun dasar. Status emisi merupakan inventarisasi gas rumah kaca dari satu seri tahun yang dapat menunjukkan tren perubahan tingkat emisi dari tahun ke tahun.

1.3. Manfaat

Manfaat penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional adalah:

- a. Terbentuknya mekanisme kelembagaan pengumpulan data yang lebih baik, sistem monitoring dan evaluasi perubahan tingkat emisi yang diperlukan untuk mengetahui tingkat pencapaian penurunan emisi yang ditetapkan di dalam aksi mitigasi di tingkat nasional maupun daerah,
- b. Tersedianya informasi yang diperlukan untuk penyusunan dokumen Laporan Dua Tahunan (*Biennial Update Report*) dan Komunikasi Nasional (*National Communication*) dalam kerangka konvensi perubahan iklim yang akan dilaporkan ke UNFCCC secara periodik,

- c. Meningkatnya kualitas data berbagai aktivitas pembangunan yang diperlukan untuk perencanaan pembangunan, termasuk penyusunan rencana aksi mitigasi perubahan iklim di tingkat nasional dan daerah.

Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional berisikan informasi mengenai proses penyelenggaraan dan metodologi pelaksanaan inventarisasi emisi GRK untuk menghasilkan informasi terkait tingkat emisi dan tingkat serapan GRK dan status emisi GRK pada satu kurun waktu tertentu. Tingkat emisi dan serapan GRK merupakan besaran emisi dan serapan GRK tahunan, sedangkan status emisi GRK adalah kondisi emisi GRK dalam satu kurun waktu tertentu yang dapat diperbandingkan berdasarkan hasil penghitungan GRK, menggunakan metode dan faktor emisi/serapan yang konsisten.

1.4. Ruang Lingkup Pedoman Inventarisasi GRK

Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional akan menjelaskan informasi mengenai hal-hal sebagai berikut:

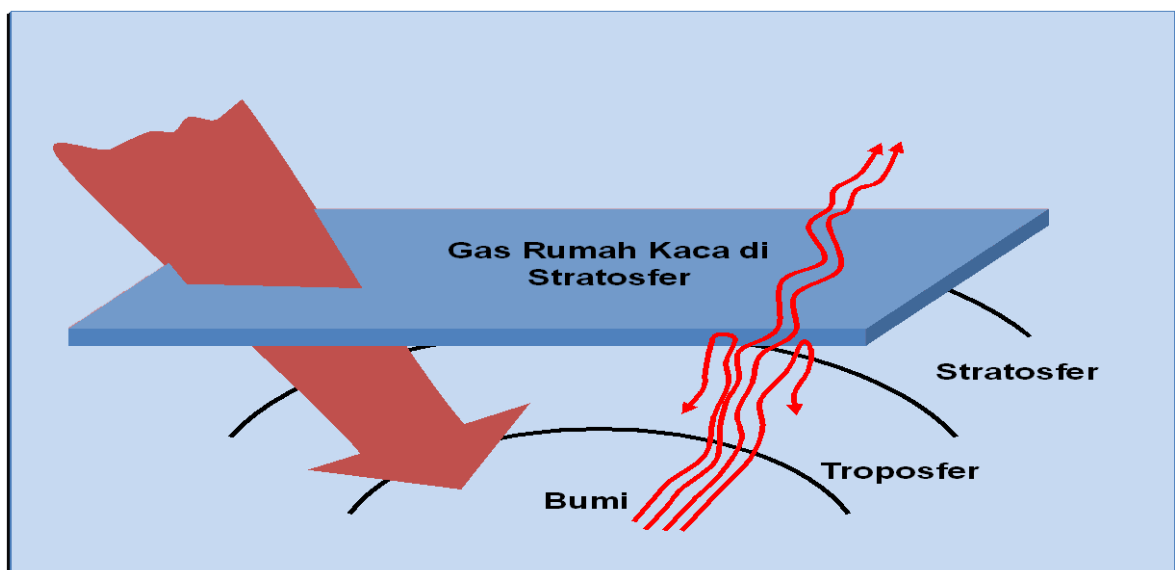
- a. Identifikasi jenis GRK, sumber utama dan pengkategorian sumber emisi dan serapan GRK, dan sistem *boundary* inventarisasi GRK.
- b. Pemilihan metodologi kuantifikasi, pemilihan dan pengumpulan data aktivitas yang merupakan sumber emisi dan serapan GRK, serta pemilihan atau pengembangan faktor emisi dan faktor serapan GRK,
- c. Kuantifikasi atau penghitungan tingkat emisi dan tingkat serapan GRK, baik secara agregat maupun dikelompokkan menurut aktivitas,
- d. Evaluasi tingkat ketidakpastian (*uncertainty*) data aktivitas sumber emisi, faktor emisi, serta hasil perhitungan tingkat emisi GRK;
- e. Penyusunan sistem penjaminan/pengendalian kualitas (QA/QC) data dan upaya-upaya mengurangi tingkat ketidakpastian hasil penghitungan tingkat emisi GRK.

II. GAS RUMAH KACA DAN PERUBAHAN IKLIM

2.1 Gas Rumah Kaca dan Pemanasan Global

Istilah Gas Rumah Kaca mengemuka seiring dengan isu pemanasan global dan perubahan iklim yang dampaknya telah dirasakan di berbagai wilayah di Indonesia. Namun, pemahaman terhadap apa itu gas rumah kaca, masih belum banyak dipahami secara tepat oleh masyarakat luas. Bahkan, ada yang memaknai gas rumah kaca sebagai gas yang dihasilkan oleh gedung-gedung tinggi berkaca di kota-kota besar.

Istilah gas rumah kaca disampaikan para ahli dalam menggambarkan fungsi atmosfer bumi. Atmosfer bumi digambarkan sebagaimana kaca pada bangunan rumah kaca yang sering kita jumpai dalam praktek budidaya tanaman. Atmosfer bumi melewatkan cahaya matahari hingga mencapai dan menghangatkan permukaan bumi sehingga memungkinkan bumi untuk ditinggali makhluk hidup. Tanpa atmosfer, bumi akan dingin. Hal ini terjadi karena adanya keberadaan gas-gas di atmosfer yang mampu menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah (Gambar 2.1).



Gambar 2.1. Gas Rumah Kaca di Atmosfer

Gas-gas di atmosfer yang bersifat seperti rumah kaca disebut **“Gas Rumah Kaca”**. Terminologi Gas Rumah Kaca diartikan sebagai gas yang terkandung dalam atmosfer, baik alami maupun dari kegiatan manusia (*antropogenik*), yang menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah. Sebagian radiasi matahari dalam bentuk gelombang pendek yang diterima permukaan bumi dipancarkan kembali ke atmosfer

dalam bentuk radiasi gelombang panjang (radiasi infra merah). Radiasi gelombang panjang yang dipancarkan ini oleh GRK yang ada pada lapisan atmosfer bawah, dekat dengan permukaan bumi akan diserap dan menimbulkan efek panas yang dikenal sebagai “**Efek Rumah Kaca**”.

Kegiatan manusia (*anthropogenic*) telah meningkatkan konsentrasi GRK yang sebelumnya secara alami telah ada. Bahkan kegiatan manusia telah menimbulkan jenis-jenis gas baru di dalam lapisan atas atmosfer. *Chloro fluoro carbon* (CFC) dan beberapa jenis gas refrigeran lainnya, merupakan unsur-unsur baru atmosferik yang dikeluarkan oleh aktivitas manusia. Golongan ini bahkan mempunyai potensi pemanasan bumi yang sangat besar, dibandingkan pemanasan karbon dioksida.

Jenis/tipe GRK yang keberadaannya di atmosfer berpotensi menyebabkan perubahan iklim global adalah CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆, dan tambahan gas-gas yaitu NF₃, SF₅, CF₃, C₄F₉OC₂H₅, CHF₂OCF₂OC₂F₄OCHF₂, CHF₂OCF₂OCHF₂, dan senyawa-senyawa *halocarbon* yang tidak termasuk Protokol Montreal, yaitu CF₃I, CH₂Br₂, CHCl₃, CH₃Cl, CH₂Cl₂. Dari semua jenis gas tersebut, GRK utama ialah CO₂, CH₄, dan N₂O. Dari ketiga jenis gas ini, yang paling banyak kandungannya di atmosfer ialah CO₂ sedangkan yang lainnya sangat sedikit sekali.

Pada saat ini, konsentrasi CO₂ di atmosfer ialah sekitar 383 ppm (*part per million*) atau sekitar 0.0383% volume atmosfer. Sedangkan CH₄ dan N₂O masing-masing 1745 ppb dan 314 ppb (*part per billion*) atau sekitar 0.000175% dan 0.0000314% volume atmosfer. Kemampuan potensi pemanasan global atau *Global Warming Potential* (GWP) gas rumah kaca dapat dilihat pada Tabel 2.1, dimana CO₂ paling kecil.

Adanya peningkatan suhu global ini akan mempengaruhi proses fisik dan kimia yang ada baik di bumi maupun atmosfer dan pada akhirnya berdampak pada **perubahan iklim**. Jadi perubahan iklim merupakan perubahan yang terjadi pada sistem iklim global akibat langsung atau tidak langsung dari aktivitas manusia yang mengubah komposisi atmosfer secara global dan variabilitas iklim yang teramati pada kurun waktu yang dapat dibandingkan.

Perubahan yang terjadi akibat fenomena ini diantaranya kenaikan tinggi muka air laut, perubahan pola angin, meningkatnya badai atmosferik, perubahan pola hujan dan siklus hidrologi dan lain-lain dan akhirnya berdampak pada ekosistem hutan, daratan, dan ekosistem alam lainnya. Menurut *Asian Development Bank* (ADB) (2009), dampak dari perubahan iklim di Asia Tenggara apabila tidak ada upaya yang sungguh-sungguh untuk menurunkan emisi GRK dapat menimbulkan kerugian setara dengan 6,7 persen dari PDB per tahun sejak tahun 2020.

Tabel 2.1. Jenis-jenis Gas Rumah Kaca dan Nilai Potensi Pemanasan Bumi

Gas Rumah Kaca	Rumus Kimia	Nilai Potensi Pemanasan Global
Carbon dioxide	CO ₂	1
Methane	CH ₄	25
Nitrous oxide	N ₂ O	298
Hydrofluorocarbons (HFCs)		
HFC-23	CHF ₃	14,800
HFC-32	CH ₂ F ₂	675
HFC-41	CH ₃ F	92
HFC-43-10mee	CF ₃ CHFCHFCF ₂ CF ₃	1,640
HFC-125	C ₂ H ₂ F ₅	3,500
HFC-134	C ₂ H ₂ F ₄ (CHF ₂ CHF ₂)	1,100
HFC-134a	C ₂ H ₂ F ₄ (CH ₂ FCF ₃)	1 430
HFC-143	C ₂ H ₃ F ₃ (CHF ₂ CH ₂ F)	353
HFC-143a	C ₂ H ₃ F ₃ (CF ₃ CH ₃)	4,470
HFC-152	CH ₂ FCH ₂ F	53
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂ (CH ₃ CHF ₂)	38
HFC-161	CH ₃ CH ₂ F	12
HFC-227ea	C ₃ H ₂ F ₇	3,220
HFC-236cb	CH ₂ FCF ₂ CF ₃	1,340
HFC-236ea	CHF ₂ CHFCF ₃	1,370
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	9,810
HFC-245ca	C ₃ H ₃ F ₅	693
HFC-245fa	CHF ₂ CH ₂ CF ₃	1,030
HFC-365mfc	CH ₃ CF ₂ CH ₂ CF ₃	794
Perfluorocarbons		
Perfluoromethane – PFC-14	CF ₄	7,390
Perfluoroethane – PFC-116	C ₂ F ₆	12,200
Perfluoropropane – PFC-218	C ₃ F ₈	8,830
Perfluorobutane – PFC-3-1-10	C ₄ F ₁₀	8,860
Perfluorocyclobutane – PFC-318	c-C ₄ F ₈	10,300
Perfluoropentane – PFC-4-1-12	C ₅ F ₁₂	9,160
Perfluorohexane – PFC-5-1-14	C ₆ F ₁₄	9,300
Perfluorodecalin – PFC-9-1-18	C ₁₀ F ₁₈	>7,500
Sulphur hexafluoride		
Sulphur hexafluoride	SF ₆	22,800
Nitrogen trifluoride (NF ₃)		
Nitrogen trifluoride	NF ₃	17,200

Sumber: Panel Antar Pemerintah tentang Perubahan Iklim (*Intergovernmental Panel on Climate Change/IPCC*)

2.2 Aktivitas Manusia dan Emisi Gas Rumah Kaca

Kegiatan manusia (*anthropogenic*) telah meningkat dengan sangat berarti sejak 2 (dua) abad terakhir, khususnya setelah era pra-industri. Peningkatan penggunaan energi dari bahan bakar minyak untuk berbagai kegiatan manusia terutama dalam proses-proses industri, transportasi, dan kegiatan pembukaan hutan untuk keperluan pembangunan, intensifikasi budi daya tanaman serta produksi limbah, telah menyebabkan emisi gas-gas rumah kaca meningkat dengan laju yang semakin cepat. Rata global konsentrasi CO₂ di atmosfer pada awal revolusi industri (sekitar tahun 1750-an) hanya 280 ppm dan pada tahun 2006 sudah meningkat menjadi 381 ppm.

Diperkirakan konsentrasi CO₂ saat ini merupakan konsentrasi yang paling tinggi dalam 650,000 tahun terakhir (Petii *et al.* 1999; Siegenthaler *et al.* 2005) dan kemungkinan selama 20 juta tahun terakhir (Person dan Palmer, 2000). Laju pertumbuhan konsentrasi CO₂ dalam tahun 2000-2006 mencapai 1.93 ppm per tahun (atau sama dengan 4.1 petagramsof carbon (PgC) per tahun; Tabel 2.1). Laju ini merupakan laju tertinggi sejak adanya pengukuran kontinyu GRK sejak tahun 1959 dan peningkatannya juga sangat signifikan dibanding dengan laju emisi di awal tahun 1980an (1.58 ppm per tahun) dan 1990an (1.49 ppm per tahun; Canadell *et al.*, 2007).

Dilihat dari sisi sumber, dalam periode 1959-1006 jumlah emisi terbesar berasal dari penggunaan bahan bakar minyak yaitu mencapai 80%, sedangkan dari perubahan penggunaan lahan sekitar 20%. Rata-rata emisi selama periode ini ialah sekitar 6.7 PgC per tahun (Tabel 2.1). Emisi yang dilepaskan ini sebagian diserap kembali oleh lautan dan daratan. Namun demikian kemampuan lautan dan daratan dalam menyerap kembali CO₂ tidak banyak mengalami perubahan (Tabel 2.1). Dengan demikian, terjadinya peningkatan laju emisi menyebabkan konsentrasi CO₂ di atmosfer menjadi meningkat dari waktu ke waktu.

Berdasarkan kesepakatan para pihak, sumber emisi dan rosot (*sink*) yang masuk dalam inventarisasi GRK ialah dari 4 (empat) sektor yaitu sektor (i) pengadaan dan penggunaan energi, (ii) proses industri dan penggunaan produk (*industrial process and product use/IPPU*), (iii) pertanian, kehutanan dan penggunaan lahan lainnya (*agriculture, forestry, and other land uses/AFOLU*), dan (iv) limbah. Berdasarkan pedoman yang dikeluarkan Panel antar Pemerintah untuk Perubahan Iklim (*Intergovernmental Panel on Climate Change* atau IPCC), kategori sumber emisi dan rosot (*sink*) yang harus dimasukkan dalam penyusunan hasil inventarisasi GRK dapat dilihat pada Tabel 2.2 dan jenis GRK utamanya CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, dan SF₆.

Tabel 2.2. Keseimbangan Karbon Global

Keseimbangan Karbon Global	1959-2006	1970-1999	1990-1999	2000-2006	Tren (% per tahun)
Sumber Emisi (<i>Sources</i> ; PgC per tahun)					
Bahan bakar fosil	5.3	5.6	6.5	7.6	2.12
Perubahan penggunaan lahan	1.5	1.5	1.6	1.5	0.21
Total	6.7	7.0	8.9	9.1	1.71
Wadah atau Penampung karbon (<i>sink</i> ; PgC per tahun)					
Atmosfer	2.9	3.1	3.2	4.1	1.89
Lautan	1.9	2.0	2.2	2.2	1.25
Daratan	1.9	2.0	2.7	2.8	1.87

Sumber: Canadell et al. 2007

Tabel 2.3. Kategori Kegiatan dengan Sumber dan Penyerap Gas Rumah Kaca

No.	Kategori	Sub-Kategori sumber/rosot
1	PENGADAAN DAN PENGGUNAAN ENERGI	<p>Kategori ini mencakup seluruh emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari penggunaan dan pengadaan energi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kegiatan Pembakaran Bahan Bakar (<i>Fuel Combustion Activities</i>) • Emisi Fugitive (<i>Fugitive Emissions from Fuels</i>) • Transportasi dan Penyimpanan Karbondioksida (<i>Carbon Dioxide Transport and Storage</i>)
2	PROSES INDUSTRI DAN PENGGUNAAN PRODUK (INDUSTRIAL PROCESSES AND PRODUCT USE)	<p>Emisi dari Proses Industri dan Penggunaan Produk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Industri Mineral (<i>Mineral Industry</i>) • Industri Kimia (<i>Chemical Industry</i>) • Industri Logam (<i>Metal Industry</i>) • Produk-produk Non Energi dan Penggunaan Solvent/ Pelarut (<i>Non-Energy Products from Fuels and Solvent Use</i>) • Industri Elektronik (<i>Electronics Industry</i>) • Penggunaan produk yang mengandung senyawa pengganti bahan perusak ozon (<i>Product Uses as Substitutes for Ozone Depleting Substances</i>) • Produk Manufacture lain dan Penggunaannya (<i>Other Product Manufacture and Use</i>)

Tabel 2.3. Lanjutan

No.	Kategori	Sub-Kategori sumber/rosot
3	PERTANIAN, KEHUTANAN, DAN PENGGUNAAN LAHAN LAINNYA <i>AGRICULTURE, FORESTRY, AND OTHER LAND USE</i>)	<p>Termasuk di dalamnya emisi dari:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peternakan (<i>Livestock</i>) • Lahan (<i>Land</i>): Lahan Hutan (<i>Forest Land</i>), Lahan Pertanian (<i>Cropland</i>), Padang Rumput (<i>Grassland</i>), Lahan basah (<i>Wetlands</i>), Pemukiman (<i>Settlements</i>) • Emisi dari pembakaran biomasa (<i>Biomass Burning</i>) • Pengapuran (<i>Liming</i>) • Penggunaan Urea (<i>Urea Application</i>) • Emisi N₂O langsung dari pengelolaan tanah (<i>Direct N₂O Emissions from Managed Soils</i>) • Emisi N₂O tidak langsung dari pengelolaan tanah (<i>Managed Soils</i>) dan pengelolaan pupuk (<i>Manure Management</i>) • Pengelolaan sawah (<i>Rice Cultivations</i>)
4	WASTE	<p>Emisi berasal dari kegiatan pengelolaan limbah:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pembuangan Akhir Sampah Padat (<i>Solid Waste Disposal</i>) • Pengolahan Limbah Padat secara Biologi (<i>Biological Treatment of Solid Waste</i>) • Pembakaran Sampah melalui Insinerator dan Pembakaran Sampah secara Terbuka (<i>Incineration and Open Burning of Waste</i>) • Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah (<i>Wastewater Treatment and Discharge</i>)
5	Lainnya (e.g., emisi tidak langsung dari deposisi nitrogen dari sumber non-pertanian)	<ul style="list-style-type: none"> • Semua dugaan emisi termasuk emisi N₂O dari deposisi nitrogen (N) dari NO_x/NH₃ dimana saja ada deposit dan dari sumber apa saja tetapi tidak dihitung di sektor tersebut di atas, termasuk N yang dideposit di lautan. • Dugaan emisi ini diperlukan karena faktor emisi untuk deposit Nitrogen hampir sama besarnya dengan emisi nitrogen dari sumber-sumber emisi pertanian lainnya.

III. INVENTARISASI GAS RUMAH KACA

3.1 Prinsip Dasar

Untuk menghasilkan inventarisasi Gas Rumah Kaca yang berkualitas dan siap untuk diverifikasi, terdapat lima prinsip dasar yang harus dipenuhi ialah prinsip transparansi (*Transparency*), akurasi (*Accuracy*), konsistensi (*Consistency*), komparabel atau dapat diperbandingkan (*Comparability*), dan kelengkapan (*Completeness*) atau sering disingkat dengan **TACCC**. Untuk dapat memenuhi prinsip-prinsip ini, maka dalam penyelenggaraan inventarisasi GRK hal yang harus dilaksanakan ialah:

a. Transparansi (*Transparency*)

Semua dokumen dan sumber data yang digunakan dalam penyelenggaraan inventarisasi GRK harus disimpan dan didokumentasikan dengan baik sehingga orang lain yang tidak terlibat dalam penyelenggaraan inventarisasi GRK dapat memahami bagaimana hasil inventarisasi tersebut disusun. Dalam hal ini metodologi, sumber data, faktor emisi, asumsi yang digunakan untuk menduga data aktivitas tertentu dari data lain yang tersedia dan referensi yang digunakan dalam penyusunan inventarisasi GRK harus dicatat sehingga bisa disampaikan secara transparan.

b. Akurasi (*Accuracy*)

Dalam menduga emisi atau serapan GRK harus diupayakan sedapat mungkin tidak menghasilkan dugaan emisi yang terlalu tinggi (*over estimate*) atau terlalu rendah (*under estimate*). Jadi segala upaya untuk mengurangi bias perlu dilakukan sehingga hasil inventarisasi GRK yang dihasilkan benar merefleksikan emisi yang sebenarnya dan tingkat kesalahannya kecil. Segala upaya yang dilakukan untuk meningkatkan ketepatan dugaan emisi dan serapan GRK juga harus dicatat dan didokumentasikan dengan baik untuk memenuhi prinsip transparansi.

c. Kelengkapan (*Completeness*)

Semua dugaan emisi dan serapan untuk semua jenis GRK dilaporkan dengan lengkap dan apabila ada yang tidak diduga harus dijelaskan alasannya. Demikian juga kalau ada sumber emisi atau rosot yang tidak dihitung atau dikeluarkan dari inventarisasi GRK maka harus diberikan justifikasinya kenapa sumber atau rosot tersebut tidak dimasukkan. Selain itu, inventarisasi GRK harus melaporkan dengan jelas batas (*boundary*) yang digunakan untuk menghindari adanya perhitungan ganda (*double counting*) atau adanya emisi yang tidak dilaporkan.

Ada beberapa simbol yang digunakan dalam melaporkan inventarisasi GRK untuk memenuhi prinsip kelengkapan yaitu NA (*not applicable*), NO (*not occurring*), NE (*not estimated*), IE (*including elsewhere*) dan C (*confidential*). Apabila ada diantara sumber emisi/rosot yang sudah ditetapkan IPCC seperti yang disebutkan pada Table 2.2 tidak dilaporkan karena kategori sumber/rosot tersebut tidak menghasilkan emisi atau serapan untuk jenis gas tertentu maka digunakan notasi NA. Kalau emisi atau serapan memang tidak terjadi maka digunakan notasi NO. Apabila belum dihitung karena ketidaktersediaan data maka digunakan notasi NE. Apabila dihitung tetapi perhitungannya masuk ke dalam kategori sumber/rosot yang tidak sesuai dengan yang sudah ditetapkan karena alasan tertentu maka digunakan notasi IE. Selain itu, kalau tidak dilaporkan secara tersendiri dalam sub-kategori tertentu karena alasan kerahasiaan tetapi sudah dimasukkan di tempat lain atau digabungkan ke dalam kategori lain digunakan notasi C. Untuk memenuhi prinsip transparansi maka setiap notasi yang digunakan harus disertai dengan penjelasannya dan didokumentasikan dengan baik.

d. Konsistensi (*Consistency*)

Semua estimasi emisi dan serapan dari sumber/rosot untuk semua tahun inventarisasi harus menggunakan metode yang sama dengan kategori sumber dan rosot yang sama juga sehingga perbedaan emisi antar tahun benar merefleksikan perubahan emisi dari tahun ke tahun, bukan sebagai akibat perubahan metode yang digunakan atau bertambah/berkurangnya kategori sumber atau serapan yang digunakan. Apabila pada tahun inventarisasi tertentu ada perubahan yang dilakukan, misalnya perubahan metodologi atau merubah faktor emisi default IPCC dengan faktor emisi lokal, maka perlu dilakukan perhitungan ulang (*recalculation*) untuk tahun inventarisasi lainnya sehingga kembali menjadi konsisten.

Apabila tidak memungkinkan, misalnya adanya penambahan sumber emisi/rosot baru pada tahun inventarisasi tertentu, sementara pada tahun inventarisasi sebelumnya tidak ada data tersedia, maka pada tahun inventarisasi yang tidak ada data aktivitasnya harus diduga datanya dengan teknik interpolasi atau ekstrapolasi (lihat sub-bab 3.2.3). Untuk memenuhi prinsip transparansi maka setiap upaya yang dilakukan untuk mendapatkan inventarisasi yang konsisten harus dicatat dan didokumentasikan dengan baik.

e. Komparabel (*Comparability*)

Inventarisasi GRK harus dilaporkan sedemikian rupa sehingga dapat diperbandingkan dengan inventarisasi GRK dari daerah lain atau dengan negara lain. Untuk tujuan ini, inventarisasi GRK harus dilaporkan dengan mengikuti format yang telah disepakati oleh COP dan semua kategori sumber/rosot dilaporkan mengikuti Format Pelaporan Umum (*Common Reporting Format/CRF*) yang telah disepakati.

3.2 Tahapan Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca

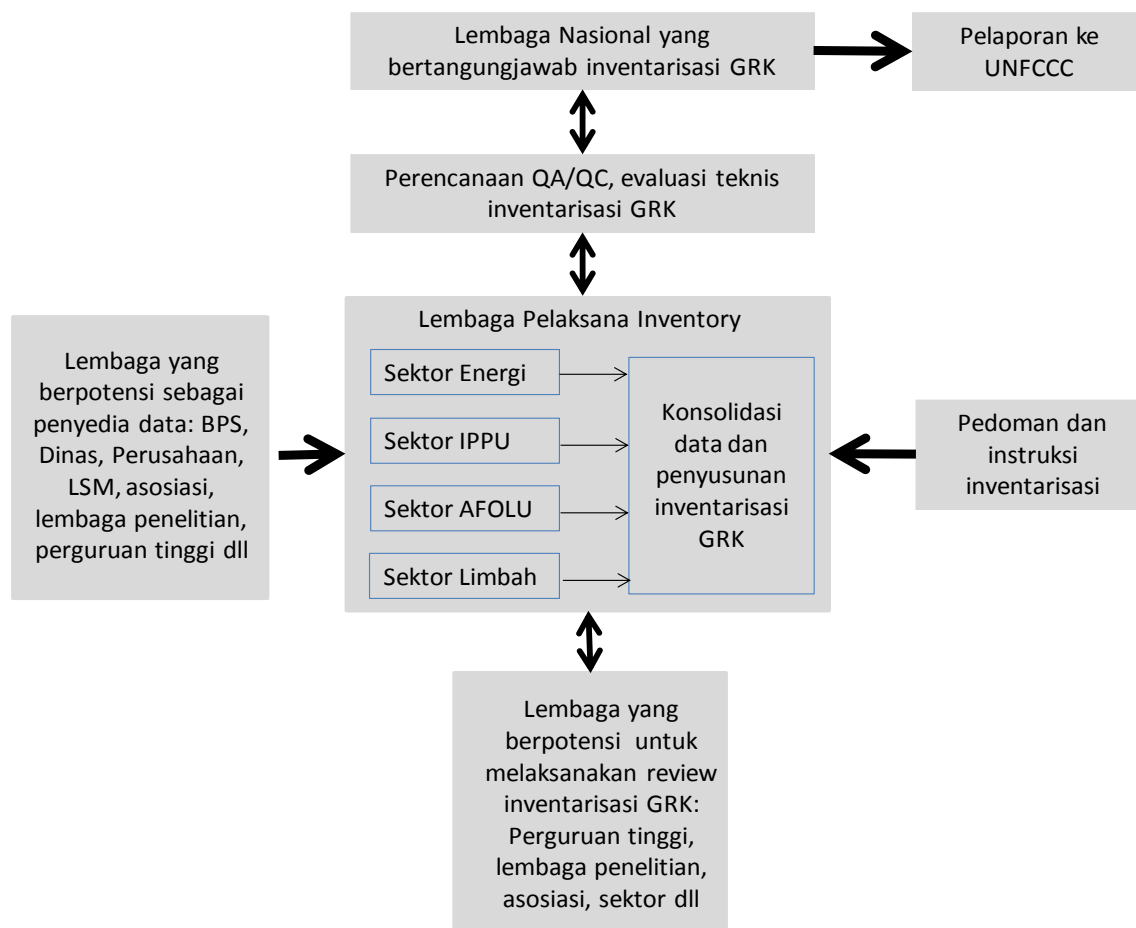
Dalam penyelenggaraan inventarisasi GRK, beberapa hal yang perlu dipahami oleh Kementerian/Lembaga (K/L) dan Pemerintah Daerah (PEMDA) ialah terkait: (i) siklus penyelenggaraan inventarisasi, (ii) analisis kategori sumber/rosot utama, (iii) analisis konsistensi, (iv) analisis ketidakpastian (*uncertainty*), dan (v) penjaminan dan pengendalian mutu atau *quality assurance* (QA)/*quality control* (QC). Sub-bab berikut membahas secara singkat ke lima hal tersebut.

3.2.1 Siklus Penyelenggaraan Inventarisasi GRK

Penyelenggaraan inventarisasi gas rumah kaca merupakan suatu proses yang berkesinambungan karena melibatkan upaya perbaikan yang dilakukan terus menerus sejalan dengan semakin berkembangnya ketersediaan data dan pengetahuan terkait dengan pendugaan emisi dan serapan GRK dari sumber dan rosot dan pengalaman yang diperoleh dalam pelaksanaan inventarisasi sebelumnya. Memperhatikan siklus pelaksanaan Inventarisasi GRK sesuai dengan *IPCC Guidelines*, maka secara umum penyelenggaraan inventarisasi GRK mengikuti tahapan sebagai berikut:

1. Melakukan evaluasi terhadap hasil inventarisasi GRK tahun sebelumnya sebagai bagian dari proses pengendalian mutu baik dari sisi kualitas data, metodologi, sistem dokumentasi, analisis ketidakpastian hasil, konsistensi hasil dan pelaporannya. Apabila belum ada inventarisasi GRK sebelumnya, maka perlu dilakukan analisis awal terkait dengan sumber emisi/rosot utama (*key category*) dan ketersediaan dan kualitas data yang diperlukan untuk pendugaan emisi/serapan.
2. Melakukan analisis kategori kunci, yaitu mengidentifikasi sumber/rosot utama yang diperkirakan memberikan sumbangan yang besar terhadap total emisi atau serapan GRK. Analisis ini diperlukan untuk menentukan skala prioritas data apa yang perlu mendapatkan perhatian dalam proses pengumpulannya sehingga dapat menghasilkan inventarisasi GRK yang baik.
3. Mengidentifikasi metodologi dan ketersediaan data serta gap termasuk lembaga-lembaga yang dapat menyediakan data yang diperlukan untuk penyelenggaraan inventarisasi GRK, menyusun perencanaan terkait dengan mekanisme yang akan dikembangkan untuk penjaminan dan pengendalian mutu data (*quality assurance* dan *quality control* atau QA/QC), mengidentifikasi lembaga yang dapat mereview hasil inventarisasi GRK dan waktu pelaporan hasil inventarisasi ke lembaga di tingkat nasional yang berwenang (Gambar 3.1). Penyusunan perencanaan ini sangat penting agar inventarisasi dapat disusun dengan baik dan tepat waktu.

4. Mengumpulkan data aktivitas dan faktor emisi yang dituangkan dalam formulir yang disediakan dan kemudian melakukan perhitungan emisi/serapan GRK untuk setiap sektor oleh lembaga yang bertanggungjawab untuk melakukan perhitungan emisi/serapan GRK.
5. Melakukan analisis ketidakpastian (*uncertainty*) untuk menilai tingkat akurasi dari emisi dugaan berdasarkan tingkat keakurasian data aktivitas dan faktor emisi yang digunakan serta analisis konsistensi (lihat sub-bab 3.2.2 dan 3.2.3).
6. Melakukan analisis kategori kunci untuk mengetahui sumber/rosot utama yang memberikan kontribusi sampai 95% dari total emisi terbesar terhadap total emisi daerah, sektor atau nasional (lihat sub-bab 3.2.4).
7. Melakukan pengecekan ulang terhadap hasil inventarisasi GRK secara menyeluruh sebagai bagian dari proses penjaminan mutu (QA) dan melakukan revisi apabila diperlukan.



Gambar 3.1. Perencanaan untuk Membangun Hubungan dengan Lembaga yang Terlibat dalam Penyelenggaraan Inventarisasi GRK

8. Menyajikan hasil perhitungan emisi dan serapan GRK ke dalam Format Pelaporan Umum (*Common Reporting Format/CRF*) oleh K/L dan daerah yang nantinya akan digunakan dalam proses review atau verifikasi dan kemudian disampaikan ke Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) sebagai lembaga penanggungjawab inventarisasi GRK nasional.
9. Menyiapkan laporan Inventarisasi GRK Nasional oleh KLH dan melaksanakan proses review internal bersama K/L dan daerah dan review eksternal sebagai bagian dari proses pengendalian mutu (QC) dan selanjutnya disampaikan ke Kementerian Koordinator Bidang Kesejahteraan Rakyat (Kemkeno Kesra) sebelum dilaporkan ke Sekretariat UNFCCC.

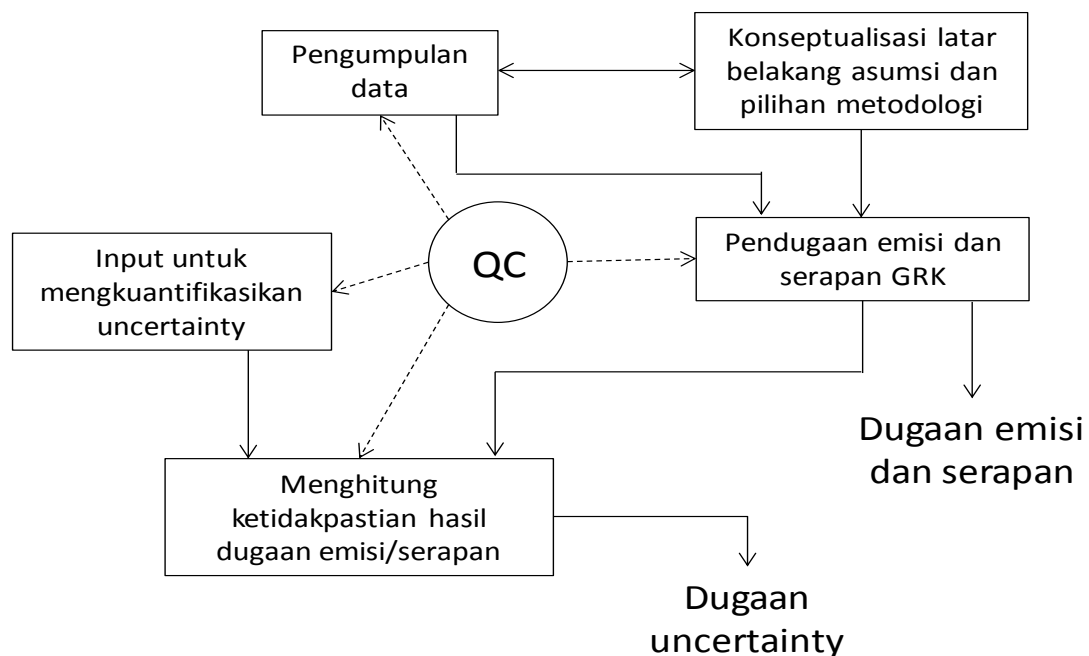
Tabel 3.1. Proses Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional

No	Proses	Jadwal Waktu (Bulan)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Evaluasi Inventarisasi GRK tahun sebelumnya (termasuk identifikasi sumber-sumber utama emisi dan serapan GRK) oleh K/L dan daerah	△											
2	Identifikasi metode, ketersediaan Data & Gap Analysis serta lembaga penyedia data dan pelaksana proses review inventarisasi GRK oleh K/L dan daerah	△	△										
3	Pengumpulan Data (dilengkapi dengan Form Data Aktivitas dan Faktor Emisi) dan perhitungan tingkat emisi dan serapan oleh K/L dan daerah	△	△	△	△	△	△	△					
4	Melakukan Analysis ketidakpastian (<i>uncertainty</i>) dan konsistensi oleh K/L dan daerah						△	△					
5	Melakukan Analisis Key Categories oleh K/L dan daerah						△	△					
6	Melakukan pengecekan ulang terhadap hasil inventarisasi GRK sebagai bagian dari proses QA oleh K/L dan daerah dan melaksanakan proses review internal dan external							△	△				
7	Penyusunan Draft <i>Common Reporting Format</i> (CRF) oleh K/L dan Daerah								△	△			
8	Penyampaian Draft CRF oleh K/L dan Daerah (Provinsi) ke KLH									△	△		
9	Koreksi Draft CRF oleh KLH										△	△	
10	Persiapan Draft Laporan Inventarisasi GRK Nasional oleh KLH											△	
11	Koreksi Draft & Finalisasi Laporan inventarisasi GRK oleh KLH dan proses review internal oleh K/L dan Daerah dan external sebagai bagian dari QC											△	
12	Penyampaian Laporan Inventarisasi GRK oleh KLH ke Menko Kesra												△

3.2.2 Analisis Ketidakpastian (*Uncertainty Analysis*)

Analisis ketidakpastian merupakan analisis untuk menilai sebesar apa kesalahan hasil dugaan emisi/serapan (tingkat *uncertainty*). Di dalam penyelenggaraan inventarisasi seringkali kita tidak bisa menghindari penggunaan asumsi karena diperlukan dalam membangkit data atau membuat data yang tidak tersedia dari jenis data lain yang tersedia, menentukan batas wilayah yang dapat diwakili oleh data yang digunakan dalam inventarisasi GRK (misalnya satu nilai faktor emisi dianggap dapat mewakili seluruh wilayah dan seluruh kurun waktu inventarisasi), pemilihan metode dan lain-lain.

Jadi munculnya *uncertainty* dimulai dari: (i) konseptualisasi asumsi, (ii) pemilihan model dan (iii) input data serta asumsi-asumsinya. Asumsi-asumsi dan metode yang dipilih akan menentukan banyak dan jenis kebutuhan data dan informasi yang diperlukan. Bisa juga ada interaksi antara asumsi, data dan metode yang dipilih seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.3. Misalnya suatu kategori emisi bisa dipecah menjadi beberapa sub-kategori, sehingga diperlukan metodologi yang lebih rinci. Namun karena keterbatasan data, hal tersebut tidak bisa dilakukan sehingga diasumsikan bahwa pendugaan emisinya diwakili oleh satu kategori saja dan bisa diduga dengan menggunakan metode yang lebih sederhana.



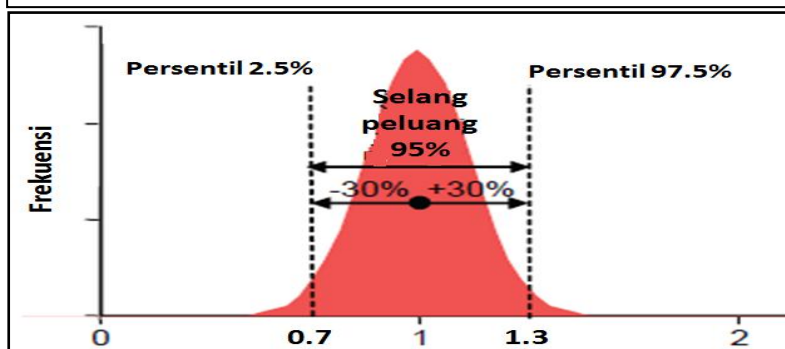
Gambar 3.3. Struktur Generik Analisis *Uncertainty* (IPCC, 2008)

Ada beberapa istilah lain yang digunakan untuk menyatakan tingkat ketidakpastian (*uncertainty*) dari suatu hasil pengukuran atau perhitungan. Istilah lain tersebut ialah akurasi (*accuracy*), presisi (*precision*) dan keragaman (*variability*). Istilah-istilah tersebut sering saling tertukar walaupun secara statistik terdapat perbedaan yang sangat jelas antara istilah-istilah tersebut. Definisi dari keempat istilah tersebut sebagai berikut:

- **Ketidakpastian (*Uncertainty*):** Kurangnya pengetahuan tentang nilai sebenarnya (*true value*) dari suatu peubah yang bisa dideskripsikan dalam bentuk sebaran kepekatan peluang atau *probability density function (PDF)*, yaitu mencirikan besar selang kemungkinan nilai dari peubah tersebut. Jadi *uncertainty* tergantung pada tingkat pengetahuan dari **analisis** dan tentu akhirnya akan berujung pada kualitas dan besaran dari nilai serta pengetahuan terkait dari proses dan metode dalam pengukuran dan pengumpulan data (Box 2).
- **Akurasi (*Accuracy*):** Kesesuaian antara nilai sebenarnya dengan rata-rata hasil observasi yang diperoleh dari pengukuran berulang (*repeated measurement*) dari suatu peubah.
- **Presisi (*Precision*):** Kesesuaian antara rata-rata nilai dari beberapa hasil pengukuran berulang. Presisi yang baik akan memiliki kesalahan acak yang kecil dan tidak terkait dengan *accuracy*.

Box 2. Penentuan tingkat ketidakpastian (*Uncertainty*) dari satu faktor emisi

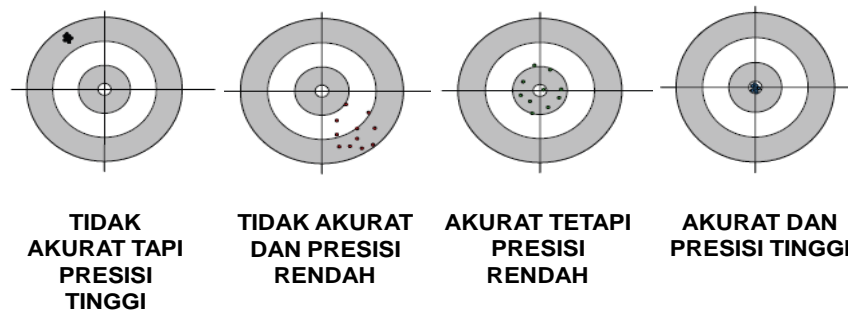
Misalkan dari suatu pengukuran berulang sebanyak 1000 kali untuk menetapkan besar faktor emisi dari suatu sumber emisi diperoleh nilai faktor emisi yang nilainya berkisar dari 0.5 sampai 1.5 dan nilai rata 1.0 dalam bentuk sebaran kepekatan peluang seperti pada Gambar B2.1. Untuk menetapkan tingkat *uncertainty*, biasanya digunakan selang kepercayaan 95%, yaitu nilai-nilai faktor emisi yang nilainya tersebar antara nilai yang berada pada urutan ke 25 terkecil (persentil 2.5%) dan urutan 975 terbesar (persentil 97.5%). Misalkan nilai faktor emisi pada nomor urut 25 terkecil ialah 0.7 sedangkan yang pada nomor urut 975 terbesar ialah 1.3, maka tingkat ketidaktepatannya ialah ± 0.3 atau bisa ditulis dalam bentuk (1.0 ± 0.3) . Dari hasil ini, besar tingkat ketidaktepatan ialah sebesar $0.3/1.0 * 100\% = 30\%$.



Gambar B2.1.
Contoh perhitungan besar tingkat *uncertainty* faktor emisi

- **Keragaman (*Variability*)**: Keberagaman dari suatu peubah menurut waktu dan ruang atau anggota dari suatu populasi. Keragaman akan meningkat misalnya karena berubahnya rancangan dari suatu sumber emisi ke sumber emisi lainnya, atau kondisi operasi alat dari waktu ke waktu dari satu alat emisi yang sama. Keragaman terkait dari sifat dari **sistem** atau **alam** bukan akibat **analisis**.

Istilah akurat dan presisi bisa diilustrasikan oleh Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Ilustrasi Akurasi dan Presisi (IPCC, 2008)

Secara umum, sumber penyebab atau penyumbang terhadap besarnya tingkat *uncertainty* yang perlu dicermati oleh penyusun inventarisasi GRK ialah:

- *Ketidaklengkapan data*. Pada banyak kasus, banyak data aktivitas yang diperlukan untuk inventarisasi GRK tidak tersedia karena memang tidak tersedia atau teknik pengukurannya belum tersedia.
- *Model*. Model pendugaan emisi bisa sangat sederhana yaitu perkalian antara dua konstanta (data aktivitas dan faktor emisi) dan bisa juga sangat kompleks tergantung tingkat kompleksitas proses terjadinya emisi/serapan. Penggunaan model untuk menduga emisi/serapan dapat menghasilkan bias atau kesalahan karena (i) model merupakan penyederhanaan dari suatu sistem yang kompleks sehingga ada kesalahan; (ii) interpolasi yaitu model digunakan dengan menggunakan input data yang melebihi selang toleransi dari model; (iii) ekstrapolasi yaitu penggunaan model pada lingkungan atau kondisi di luar batas dimana model tersebut dapat memberikan hasil dugaan yang baik; (iv) formulasi model tidak tepat; dan (v) input model termasuk data aktivitas dan faktor emisi merupakan data prakiraan.
- *Ketidakersediaan data*. Pada banyak kondisi seringkali data yang tidak tersedia diduga dengan pendekatan analog atau interpolasi atau ekstrapolasi yang semuanya ini mengandung kesalahan.

- *Ketidakketerwakilan data.* Sumber ketidakpastian ini berhubungan dengan ketidaksinkronan antara data yang digunakan dengan kondisi yang diperlukan untuk menghitung emisi/serapan. Misalnya faktor emisi yang digunakan untuk menghitung emisi dari suatu sumber sesuai untuk wilayah yang kondisi iklimnya basah, akan tetapi faktor emisi tersebut digunakan pada wilayah dengan kondisi iklim kering.
- *Kesalahan Acak Contoh.* Sumber ketidakpastian ini terjadi karena data atau faktor emisi yang digunakan berasal dari pengambilan contoh yang sangat sedikit. Misalnya untuk laju emisi dari satu jenis kendaraan bermotor sangat berbeda tergantung umur kendaraan tersebut. Karena keterbatasan dana, maka faktor emisi dari kendaraan bermotor tersebut diduga berdasarkan pengukuran dari sejumlah contoh yang sangat terbatas sehingga faktor emisi yang diperoleh memiliki keragaman yang besar. Untuk mengatasi masalah ini biasanya dilakukan dengan meningkatkan jumlah contoh.
- *Kesalahan Pengukuran.* Sumber ketidakpastian ini terjadi karena adanya kesalahan dalam pengukuran yang dilakukan atau karena resolusi alat terlalu kasar untuk bisa mengukur secara tepat.
- *Kesalahan pelaporan atau klasifikasi.* Ketidakpastian ini bisa disebabkan karena ketidaklengkapan, ketidakjelasan atau kekeliruan dalam mendefinisikan kategori emisi tertentu.
- *Kehilangan data.* Ketidakpastian yang dihasilkan karena terjadinya kehilangan data.

Untuk mengurangi tingkat *uncertainty*, beberapa hal yang bisa dilakukan ialah:

- Memperbaiki konsep atau asumsi yang digunakan dengan mempertimbangkan faktor penyumbang keragaman data. Misalnya faktor serapan hutan sekunder dipengaruhi oleh jenis tanah, dan tinggi hujan tahunan. Maka nilai faktor serapan dari hutan sekunder dibedakan menurut jenis tanah dan tinggi hujan, tidak lagi diasumsikan sama untuk semua jenis tanah dan musim.
- Memperbaiki struktur dan paramater model perhitungan emisi/serapan GRK.
- Meningkatkan keterwakilan (*Improving representativeness*) data misalnya dengan melakukan stratifikasi wilayah dan menggunakan faktor emisi yang sesuai dengan stratifikasi yang ditetapkan.
- Menggunakan metode pengukuran yang lebih teliti yaitu dengan menggunakan metode yang lebih teliti dan menghindari penggunaan asumsi yang terlalu disederhanakan, dan memastikan teknologi pengukuran yang digunakan tepat dan alat pengukur sudah dikalibrasi.

- Mengumpulkan lebih banyak data hasil pengukuran. Ketidakpastian berkaitan dengan kesalahan dalam pengambilan contoh, sehingga masalah ini dapat diatasi dengan meningkatkan ukuran contoh.
- Menghindari risiko bias yang sudah diketahui dengan cara memastikan bahwa alat yang digunakan pada posisi yang benar dan sudah dikalibrasi.
- Meningkatkan pengetahuan dan pemahaman terhadap kategori dan proses yang menghasilkan emisi dan serapan sehingga memudahkan dalam menemukan kesalahan dan mengoreksinya.

Untuk mengkuantifikasikan besarnya tingkat *uncertainty* dari nilai dugaan emisi dan serapan, dapat dilakukan melalui dua pendekatan (IPCC, 2008). Pertama ialah dengan perbanyakan kesalahan (*propagation of error*) dan kedua dengan Simulasi Monte Carlo (*Monte Carlo Simulation*). Dalam pendekatan pertama, besar ketidakpastian (*uncertainty*) emisi/serapan dari berbagai sumber tahun tertentu dikombinasikan melalui pendekatan perkalian atau melalui perkalian dan penjumlahan. Rumus pada pendekatan penjumlahan adalah:

$$U_{total} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}$$

Sedangkan untuk pendekatan penjumlahan dan perkalian adalah:

$$U_{total} = \frac{\sqrt{(U_1 \cdot x_1)^2 + (U_2 \cdot x_2)^2 + \dots + (U_n \cdot x_n)^2}}{|x_1 + x_2 + \dots + x_n|}$$

Dimana U ialah persen *uncertainty* dari emisi dan x ialah nilai emisi, sebagaimana disajikan pada Box 3.

Pendekatan kedua sesuai untuk digunakan untuk menilai *ketidakpastian* dari dugaan emisi/serapan yang data aktivitas atau faktor emisinya tidak mengikuti sebaran normal (seperti yang ditunjukkan oleh Gambar B2.1 (Box 2), dan algoritma perhitungan memiliki fungsi yang relatif kompleks dan ada korelasi antar data aktivitas dan antar faktor emisi atau antara keduanya. Untuk melakukan analisis *uncertainty* dengan pendekatan simulasi Monte Carlo dapat digunakan *Stochastic Spreadsheet* seperti *Crystal Ball* (Box 4).

Box 3.

Contoh penentuan tingkat uncertainty emisi/serapan dengan pendekatan penjumlahan dan perkalian

Misalkan dari hasil perhitungan besar emisi dari sumber A dan B diperoleh masing-masing 1000 dan 550 t CO₂ dan serapan dari rosot C sebesar 300 t CO₂. Dengan demikian total emisi bersih yang diperoleh ialah 1000+550-300 = 1.250 t CO₂. Berapa besar nilai *uncertainty* dari emisi bersih tersebut apabila dari hasil pengukuran data aktivitas dan faktor emisi ketiga sumber/rosot adalah sebagai berikut:

Sumber A: Uncertainty (U_A) data Aktivitas ialah 30% dan untuk Faktor Emisi 15%

Sumber B: Uncertainty (U_B) data aktivitas ialah 20% dan untuk factor emisi 10%

Rosot C: Uncertainty (U_C) data aktivitas ialah 20% dan untuk factor emisi 50%

Perhitungan:

Tahap 1: Hitung uncertainty total (data aktivitas dan faktor emisi) dengan rumus penjumlahan

$$U_{\text{Total-A}} = \sqrt{(30^2 + 15^2)} = 33.5\%$$

$$U_{\text{Total-A}} = \sqrt{(20^2 + 10^2)} = 22.4\%$$

$$U_{\text{Total-A}} = \sqrt{(20^2 + 50^2)} = 53.9\%$$

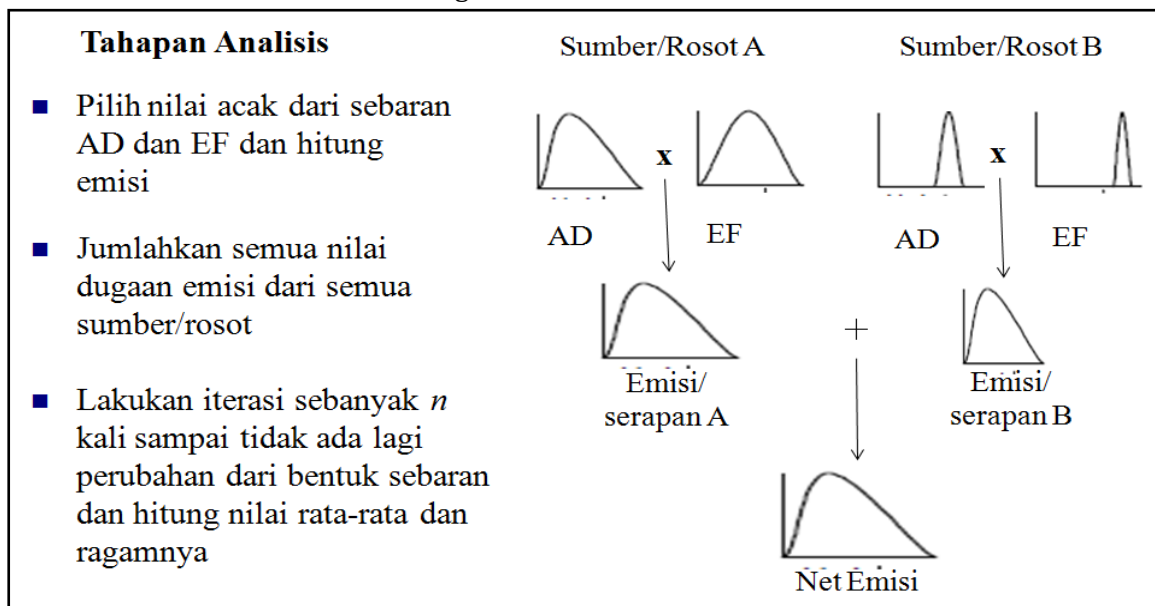
Tahap 2: Hitung $U_{\text{Total-Emisi Bersih}}$ dengan rumus perkalian dan penjumlahan

$$U_{\text{Total-Emisi Bersih}} = \sqrt{((1000 \cdot 33.5)^2 + (550 \cdot 22.4)^2 + (-300 \cdot 53.9)^2) / (|1000| + |550| + |-300|)}$$

$$U_{\text{Total-Emisi Bersih}} = 39208/1850$$

$$U_{\text{Total-Emisi Bersih}} = 21.2\%$$

Box 4.

Tahapan Analisis Penentuan Tingkat *Uncertainty* Emisi/Serapan dengan Simulasi Monte Carlo

3.2.3 Analisis Konsistensi (*Consistency Analysis*)

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, analisis konsistensi sangat diperlukan untuk keperluan analisis tren perubahan emisi dari waktu ke waktu. Naik turunnya emisi dari waktu ke waktu memang benar disebabkan oleh perubahan aktivitas yang dilakukan, bukan karena adanya perubahan metodologi ataupun kesalahan dari data yang digunakan dalam perhitungan emisi. Penghitungan ulang untuk semua tahun inventarisasi perlu dilakukan apabila diketahui ada ketidakkonsistenan dalam metodologi ataupun seri data yang digunakan. Hal ini untuk menjamin bahwa inventarisasi GRK yang dihasilkan konsisten, dapat diperbandingkan antar tahun, transparan, akurat dan dapat meyakinkan pihak lain bahwa inventarisasi yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik.

Penghitungan ulang inventarisasi GRK perlu dilakukan apabila: (i) data yang tersedia sudah berubah, (ii) metode yang digunakan sebelumnya tidak konsisten dengan metode IPCC untuk kategori tertentu, (iii) suatu kategori yang sebelumnya bukan kategori kunci berubah menjadi kategori kunci, (iv) metode sebelumnya tidak cukup untuk merefleksikan kegiatan mitigasi secara transparan, (v) metode inventarisasi GRK yang baru sudah tersedia, dan (vi) ada perbaikan kesalahan.

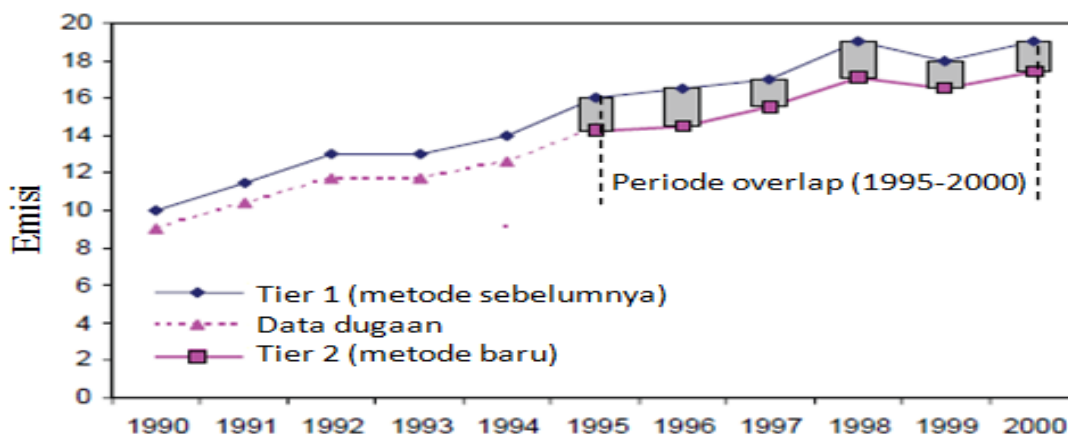
Disamping itu untuk menjamin konsistensi data, apabila ada masalah ketidaktersediaan data pada tahun tertentu, penyusun inventarisasi GRK perlu mengisi data yang tidak tersedia tersebut. Beberapa teknik yang umum digunakan untuk melengkapi seri data ialah dengan metode (i) *overlap*, (ii) data *surrogate*, (iii) interpolasi, dan (iv) ekstrapolasi tren.

Teknik *overlap* ialah teknik yang sering digunakan apabila suatu metode baru diperkenalkan tetapi data yang tersedia untuk menggunakan teknik baru tersebut hanya untuk sebagian tahun inventarisasi saja, tidak untuk semua tahun. Metode *surrogate* ialah metode untuk membangkit data dengan cara menduga data tersebut dari data lain yang memiliki hubungan dengan data tersebut, misalnya jumlah limbah padat yang diproduksi berhubungan dengan populasi, semakin besar populasi semakin banyak limbah yang diproduksi. Metode interpolasi ialah metode mengisi data diantara dua seri data dan metode *ekstrapolasi tren* ialah metode untuk menduga data diluar seri data yang ada (bisa mundur untuk mendapatkan emisi tahun dasar atau maju untuk mendapatkan emisi terkini). Apabila tidak ada satupun dari metode baku ini dapat digunakan dalam mengisi data hilang, maka dapat dikembangkan teknik-teknik lain yang sesuai.

1. Metode Overlap. Rumus yang digunakan untuk mengisi data hilang dengan metode overlap ialah sebagai berikut:

$$y_0 = x_0 \cdot \left(\frac{1}{(n-m+1)} \cdot \sum_{i=m}^n \frac{y_i}{x_i} \right)$$

Dimana y_0 = nilai emisi/serapan dugaan yang dihitung dengan metode overlap, x_0 = nilai emisi/serapan dugaan yang diduga dengan metode sebelumnya, dan y_i dan x_i adalah nilai dugaan yang diperoleh dari metode baru dan metode sebelumnya selama periode waktu yang overlap yaitu dari tahun ke- m sampai ke- n (Gambar 3.5).



Gambar 3.5. Metode Overlap (IPCC, 2008)

2. Metode *Surrogate*. Rumus yang digunakan untuk mengisi data yang tidak tersedia dengan metode overlap ialah sebagai berikut:

$$y_0 = y_t \cdot (s_0/s_t)$$

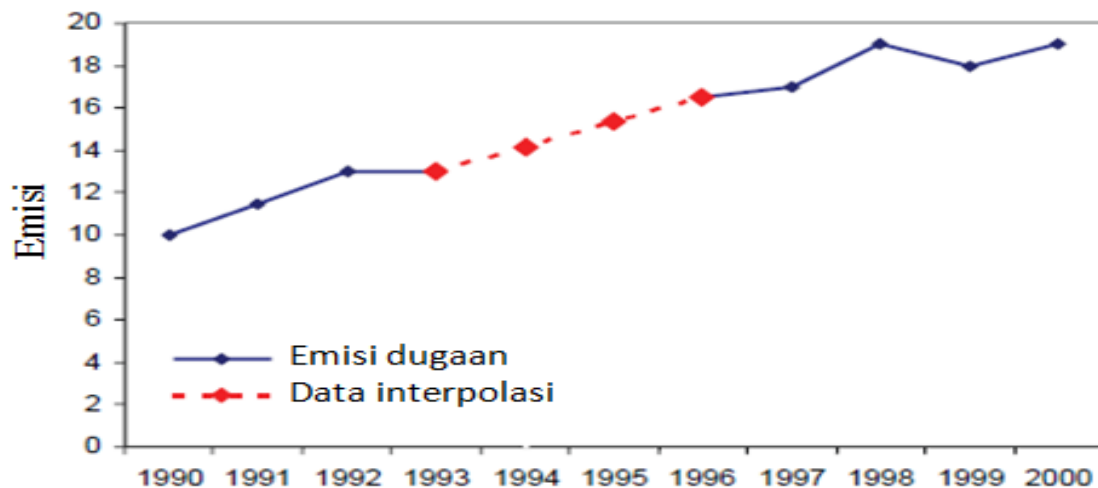
dimana:

y_0 dan y_t = emisi/serapan dugaan tahun ke-0 dan ke- t

s_0 dan s_t = parameter statistic surrogate tahun ke-0 dan ke- t

Meskipun hubungan antara emisi/serapan dan parameter *surrogate* bisa digunakan dengan menggunakan data satu tahun, tetapi sebaiknya dengan menggunakan data banyak tahun untuk menghasilkan dugaan yang lebih akurat.

3. Metode interpolasi. Dalam metode ini digunakan asumsi bahwa emisi antara dua seri data tidak ada mengalami perubahan drastis atau laju pertumbuhan emisi tetap tidak mengalami perubahan (Gambar 3.6)



Gambar 3.6. Metode interpolasi (IPCC, 2008)

4. Metode ekstrapolasi tren. Dalam metode ini diasumsikan emisi ke depan mengikuti tren data historis atau diasumsikan tidak ada perubahan tren.

3.2.4 Analisis Kategori Kunci (*Key Category Analysis*)

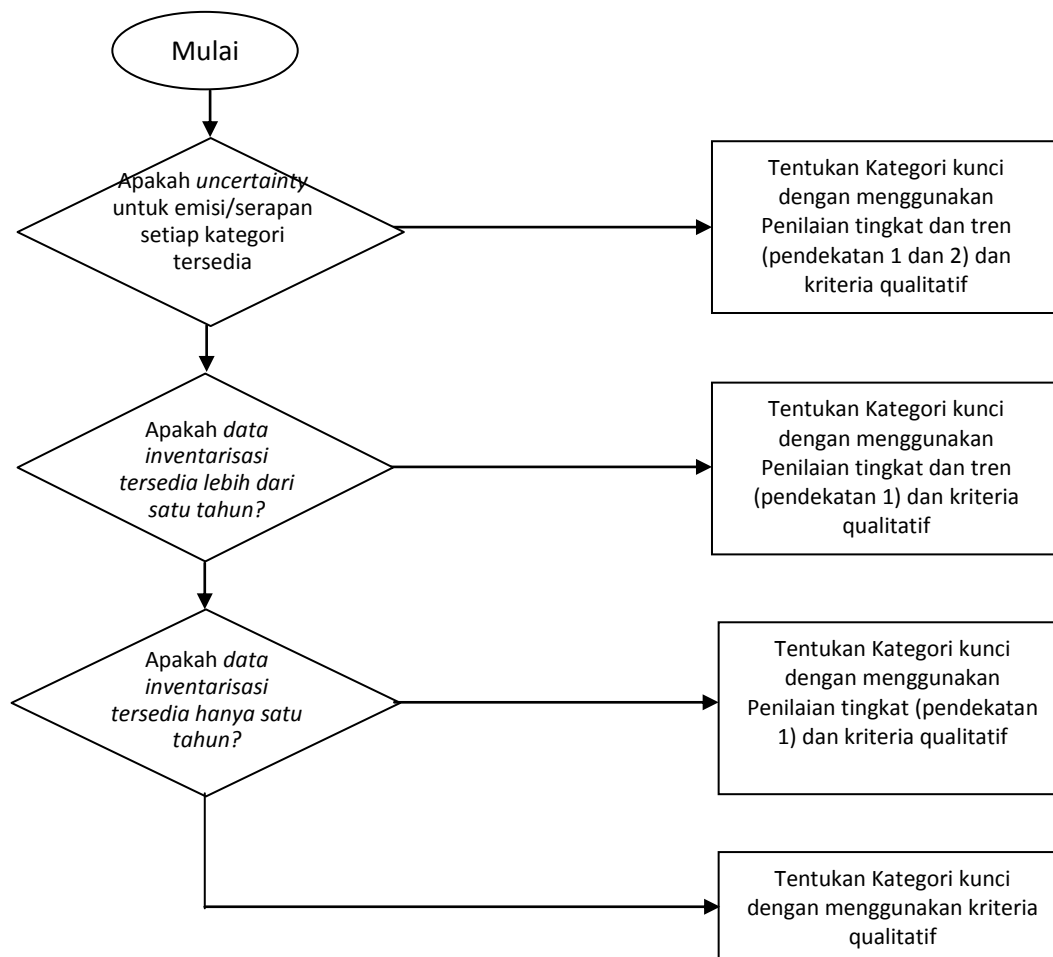
Kategori kunci (*Key Category/KC*) merupakan sumber/rosot yang menjadi prioritas dalam sistem inventarisasi GRK karena besar emisi/serapan memiliki pengaruh besar terhadap total inventarisasi baik dari nilai mutlak, tren dan tingkat ketidakpastiannya. Analisis kategori kunci ini diperlukan untuk:

- Membantu mengidentifikasi sumber/rosot yang perlu mendapat prioritas dalam pelaksanaan program perbaikan kualitas data aktifitas maupun faktor emisi. Upaya perbaikan difokuskan pada sumber/rosot yang sudah diidentifikasi sebagai kategori kunci
- Membantu untuk mengidentifikasi sumber/rosot yang dalam perhitungan emisi/serapan perlu menggunakan metode dengan tingkat ketelitian (*tier*) yang lebih tinggi
- Membantu mengidentifikasi sumber/rosot mana yang perlu mendapatkan perhatian utama terkait dengan upaya pembuatan sistem penjamin dan pengendalian mutu data (QA/QC).

Ada dua pendekatan untuk melakukan analisis kategori kunci. Kedua pendekatan mengidentifikasi kategori kunci berdasarkan kontribusinya terhadap tingkat emisi/serapan nasional absolut dan tren dari emisi/serapan. Pada pendekatan pertama, kategori kunci diidentifikasi dengan menggunakan nilai batas emisi kumulatif. Kategori kunci ialah semua sumber/rosot yang apabila dijumlahkan nilai

absolut emisi/serapan yang nilainya sudah diurut dari terbesar ke terkecil, mencapai 95% dari nilai total. Karena emisi dan serapan dalam bentuk nilai absolut maka nilai total bisa lebih besar dari emisi bersih.

Pendekatan kedua digunakan apabila *uncertainty* dari emisi atau *uncertainty* parameter tersedia. Pada pendekatan kedua ini, kategori kunci diurut berdasarkan kontribusinya terhadap nilai *uncertainty*. Apabila kedua pendekatan digunakan dalam analisis, maka perlu dilaporkan hasil dari kedua pendekatan tersebut. Hasil analisis kategori kunci dari kedua pendekatan ini sebaiknya digunakan dalam menetapkan kegiatan prioritas yang akan dilakukan untuk perbaikan inventarisasi GRK. Gambar 3.7 menyajikan pohon pengambilan keputusan untuk metode mana yang akan digunakan dalam mengidentifikasi kategori kunci.



Gambar 3.7. Pohon Pengambilan Keputusan dalam Pemilihan Pendekatan yang digunakan untuk Penentuan Kategori Kunci (IPCC, 2008)

Pendekatan pertama digunakan untuk menentukan kategori kunci dari hasil inventarisasi GRK satu tahun atau lebih dari satu tahun. Apabila inventarisasi GRK hanya 1 tahun maka analisis kategori kunci dilakukan berdasarkan penilaian terhadap tingkat emisi (*Level Assessment*) dan apabila lebih dari satu tahun dilakukan berdasarkan penilaian terhadap tren emisi (*Trend Assessment*).

Rumus yang digunakan untuk *Level Assessment* adalah dalam bentuk persamaan berikut:

$$L_{x,t} = |E_{x,t}| / \sum_y |E_{y,t}|$$

dimana:

$L_{x,t}$ = tingkat emisi atau serapan dari sumber atau rosot ke-x pada tahun inventarisasi ke-t,

$|E_{x,t}|$ = nilai abosut emisi atau serapan dari sumber atau rosot ke-x pada untuk tahun ke-t dan

$\sum_y |E_{y,t}|$ = Jumlah total nilai aboslut emisi dan serapan pada tahun ke-t.

Sedangkan untuk *Trend Assessment* rumus yang digunakan adalah dalam bentuk persamaan berikut:

$$T_{x,t} = \frac{|E_{x,0}|}{\sum_y |E_{y,0}|} \cdot \left| \left[\frac{(E_{x,t} - E_{x,0})}{|E_{x,0}|} \right] - \frac{\left(\sum_y E_{y,t} - \sum_y E_{y,0} \right)}{\sum_y |E_{y,0}|} \right|$$

dimana:

$T_{x,t}$ = penilaian tren untuk sumber dan rosot kategori ke-x tahun ke-t dibanding tahun ke-0 (tahun dasar)

$|E_{x,0}|$ = Nilai absolut emisi atau serapan dari sumber atau rosot kategori ke-x tahun ke-0

$E_{x,t}$ dan $E_{x,0}$ = Nilai estimasi emisi/serapan ril dari sumber/rosot ketegori ke-x tahun ke-t dan tahun ke-0

$\sum_y E_{y,t}$ dan $\sum_y E_{y,0}$ = Total dugaan emisi tahun ke-t dan tahun ke-0

Apabila emisi pada tahun dasar bernilai 0, maka rumus *Trend Assessment* diganti menjadi:

$$T_{x,t} = \left| E_{x,t} / \sum_y |E_{y,0}| \right|$$

Pendekatan kedua digunakan untuk menentukan kategori kunci dari hasil inventarisasi GRK yang informasi uncertainty tersedia, maka rumus untuk *Level Assessment* dan *Trend Assessment* di atas dimodifikasi menjadi bentuk berikut:

Level Assessment:

$$LU_{x,t} = (L_{x,t} \cdot U_{x,t}) / \sum_v [(L_{y,t} \cdot U_{y,t})]$$

Trend Assessment:

$$TU_{x,t} = (T_{x,t} \cdot U_{x,t})$$

3.2.5. Penjaminan dan Pengendalian Mutu (QA/QC) dan Verifikasi

Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional harus didukung dengan sistem penjaminan dan pengendalian mutu atau *Quality Assurance/Quality Control (QA/QC)* sesuai amanat Peraturan Presiden Nomor 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional. Kementerian/Lembaga terkait yang bertanggung jawab untuk mengumpulkan data dari pemerintah daerah dan dunia usaha perlu segera mengembangkan sistem penjaminan dan pengendalian mutu yang ada sekarang sehingga dapat memenuhi standar yang diharapkan. Beberapa standar terkait inventarisasi GRK yang sudah ada dapat dilihat pada Box 5.

Pengembangan sistem penjaminan dan pengendalian mutu data tidak hanya bermanfaat untuk menghasilkan Inventarisasi GRK yang berkualitas, tetapi juga secara langsung akan menghasilkan data dan informasi pelaksanaan pembangunan yang lebih akurat dan dapat diandalkan. Keberadaan data dan informasi yang akurat sangat diperlukan bagi penyusunan perencanaan pembangunan selanjutnya.

Pengendalian Mutu (QC) merupakan suatu sistem pelaksanaan kegiatan rutin yang ditujukan untuk menilai dan memelihara kualitas dari data dan informasi yang dikumpulkan dalam penyelenggaraan inventarisasi GRK. QC dilakukan oleh orang yang bertanggungjawab dalam pengumpulan data dan informasi tersebut. Sistem pengendalian mutu biasanya dirancang untuk:

- (i) Menyediakan mekanisme pengecekan rutin dan konsisten agar data yang dikumpulan memiliki integritas, benar dan lengkap.
- (ii) Mengidentifikasi dan mengatasi kesalahan dan kehilangan data;

- (iii) Mendokumentasikan dan menyimpan semua data dan informasi untuk inventarisasi GRK dan mencatat semua aktivitas pengendalian mutu yang dilakukan.

Aktivitas pengendalian mutu meliputi pelaksanaan pengecekan keakurasian dari akuisisi data dan perhitungan, penggunaan prosedur standar yang sudah disetujui dalam menghitung emisi dan serapan GRK atau pengukurannya, pendugaan *uncertainty*, penyimpanan data dan informasi serta pelaporan. Aktivitas pengendalian mutu (QC) juga meliputi review yang sifatnya teknis terhadap kategori sumber/roket, data aktivitas, faktor emisi, parameter penduga dan metode-metode yang digunakan dalam penyelenggaraan inventarisasi GRK.

Penjaminan Mutu (QA) adalah suatu sistem yang dikembangkan untuk melakukan review yang dilaksanakan oleh seseorang yang secara langsung **tidak** terlibat dalam penyelenggaraan inventarisasi GRK. Oleh karena itu orang yang melakukan review seyogyanya pihak ketiga yang independen. Proses review dilakukan setelah inventarisasi GRK selesai dilaksanakan dan sudah melewati proses pengendalian mutu (QC). Kegiatan review ini akan memverifikasi bahwa penyelenggaraan inventarisasi GRK sudah mengikuti prosedur dan standar yang berlaku dan menggunakan metode terbaik sesuai dengan perkembangan pengetahuan terkini dan ketersediaan data dan didukung oleh program pengendalian mutu (QC) yang efektif.

Verifikasi merujuk kepada berbagai aktivitas dan prosedur yang dilakukan selama tahap perencanaan dan pelaksanaan atau setelah penyelesaian penyelenggaraan inventarisasi GRK yang dapat membantu meningkatkan keandalan dari inventarisasi GRK tersebut. Secara khusus, verifikasi merujuk pada proses pengecekan inventarisasi GRK dengan melibatkan pihak ketiga yang independen yaitu menghitung kembali pendugaan emisi dan serapan dengan menggunakan data independen termasuk membandingkannya dengan dugaan emisi dan serapan GRK dari kajian pihak lain atau melalui penggunaan metode alternatif lainnya. Kegiatan verifikasi bisa merupakan bagian dari QA dan QC tergantung pada metode dan tahapan mana informasi independen digunakan.

BOX 5. Standar ISO Terkait Dengan Sistem Pengelolaan Mutu

The International Organization for Standardization (ISO) sudah menyediakan beberapa standar untuk dokumentasi data dan audit sebagai bagian dari sistem pengelolaan mutu. Standar ISO yang berkaitan dengan inventarisasi GRK, validasi dan verifikasi independen serta akreditasi dan prasyarat bagi lembaga yang berkompeten untuk melakukan validasi dan verifikasi adalah sebagai berikut:

- ISO 14064-1:2006 Gas Rumah Kaca– Bagian 1: Spesifikasi pedoman untuk tingkat lembaga (organisasi) untuk mengkuantifikasi dan melaporkan emisi dan serapan GRK
- ISO 14064-2:2006 Gas Rumah Kaca– Bagian 2: Spesifikasi pedoman untuk tingkat proyek untuk kuantifikasi, memantau dan melaporkan penurunan emisi dan peningkatan serapan GRK
- ISO 14064-3:2006 Gas Rumah Kaca– Bagian 3: Spesifikasi pedoman untuk validasi dan verifikasi klaim GRK Beberapa dokumen ISO yang bermanfaat untuk dijadikan rujukan dalam membangun sistem QA/QC untuk penyusunan inventarisasi GRK yaitu:
- ISO 9000:2000 Sistem Pengelolaan Mutu – *Fundamentals and vocabulary*
- ISO 9001:2000 Sistem Pengelolaan Mutu – Prasyarat
- ISO 9004:2000 Sistem Pengelolaan Mutu – Pedoman untuk peningkatan kinerja
- ISO 10005:1995 Pengelolaan Mutu – Pedoman untuk perencanaan mutu
- ISO 10012:2003 Pengelolaan Sistem Pengukuran – Prasyarat untuk proses pengukuran dan alat untuk mengukur
- ISO/TR 10013:2001 Pedoman untuk dokumentasi sistem pengelolaan mutu
- ISO 19011:2002 Pedoman untuk audit sistem pengelolaan lingkungan dan/atau mutu
- ISO 17020:1998 Kriteria umum untuk lembaga-lembaga yang melaksanakan inspeksi atau pengecekan

Sumber: <http://www.iso.org/>

Prosedur Pelaksanaan Pengendalian Mutu (QC)

Walaupun QC dirancang untuk melaksanakan pengendalian mutu untuk semua kategori sumber/rosot GRK, akan tetapi mempertimbangkan keterbatasan sumberdaya, pelaksanaan QC yang rutin tahunan dapat diarahkan pada beberapa data dan proses terpilih saja, sedangkan yang lainnya dilakukan dalam periode tertentu saja sesuai dengan yang ditetapkan dalam perencanaan QA/QC. Secara umum prosedur pengendalian mutu untuk inventarisasi GRK yang perlu dilakukan oleh penyusun Inventarasi GRK dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Prosedur Penjaminan Mutu (QA)

Untuk penjaminan mutu, kegiatan review dan verifikasi perlu dilakukan terhadap seluruh kategori. Namun demikian, mempertimbangkan ketersediaan sumberdaya, maka kegiatan QA perlu difokuskan untuk kategori kunci atau untuk kategori dimana dilakukan perubahan metode atau ada perubahan data yang cukup besar. Pelaksana inventarisasi GRK dapat melakukan review yang lebih intensif apabila dana tersedia melalui lembaga audit yang ada atau bisa juga mengundang penyusun inventarisasi dari daerah atau negara lain atau pakar yang ahli di bidang terkait yang memiliki kompetensi dalam bidang inventarisasi GRK.

Tabel 3.2. Prosedur Umum Pengendalian Mutu (QC) untuk Inventarisasi GRK

Aktivitas QC	Prosedur
Mencek apakah asumsi dan kriteria untuk memilih data aktivitas, faktor emisi dan parameter dugaan lainnya terdokumentasi dengan baik	<ul style="list-style-type: none"> · Cek ulang deskripsi data aktivitas, faktor emisi dan parameter lainnya serta informasi pendukung lainnya dan memastikan bahwa semuanya tercatat dan tersimpan dngan baik
Mencek apakah ada kesalahan pada input data, transkrip atau referensi	<ul style="list-style-type: none"> · Konfirmasi ulang bahwa bibliografi dan referensi yang digunakan sudah disitir semuanya di dalam dokumen internal · Cek ulang kesalahan transkrip untuk sejumlah input data setiap kategori sumber/rosot yang digunakan dalam perhitungan
Mencek apakah emisi dan seraoan GRK dihitung dengan benar	<ul style="list-style-type: none"> · Hitung ulang emisi dan serapan untuk beberapa kategori sumber/rosot khususnya yang masuk kategori kunci · Gunakan metode sederhana untuk menghitung ulang emisi dan serapan dan cek apakah hasilnya tidak berbeda banyak dengan metode yang lebih kompleks yang digunakan dalam inventarisasi GRK sehingga bisa dipastikan bahwa tidak ada kesalahan dalam memasukkan inout data dan perhitungan.
Mencek apakah parameter dan satuan yang digunakan dicatata dengan baik dan factor konversi satuan digunakan dengan benar	<ul style="list-style-type: none"> · Cek apakah satuan yang digunakan sudah dimasukkan dengan baik dalam lembar kerja perhitungan · Cek bahwa satuan yang benar digunakan mulai dari awal sampai akhir perhitungan · Cek bahwa faktor konversi sudah benar · Cek faktor penyesuaian baik temporal maupun spatial sudah digunakan dengan benar
Mencek apakah file basis data tertata dengan baik	<ul style="list-style-type: none"> · Cek sistem dokumentasi yang ada untuk <ul style="list-style-type: none"> - mengkonfirmasi bahwa tahapan dalam pengolahan data sudah terdokumentasi dengan benar dalam sistem basis data - mengkonfrmasi bahwa semua data sudah tersimpan dengan baik di dalam sistem basis data - memastikan bahwa semua field data sudah dilabel dengan benar dan memiliki spesifikasi yang benar - memastikan bahwa dokumentasi basis data, struktur model dan operasi sudah disimpan
Mencek apakah data antar kategori sudah konsisten	<ul style="list-style-type: none"> · Identifikasi parameter (e.g. data aktivitas, konstanta) yang digunakan di beberapa kategori dan cek konsistensinya
Mencek apakah perpindahan data inventarisasi antar tahapan analisis sudah benar	<ul style="list-style-type: none"> · Cek bahwa data emisi dan serapan GRK sudah diagregasi dengan benar dalam laporan-laporan inventarisasi GRK · Cek apakah data emisi dan serapan GRK sudah tercatat dengan benar di berbagai produk laporan inventarisasi GRK
Mencek apakah pendugaan dan perhitungan uncertainty emisi dan serapan GRK sudah dilakukan dengan benar	<ul style="list-style-type: none"> · Cek bahwa kualifikasi pakar yang memberikan penilaian (<i>expert judgement</i>) terhadap <i>uncertainty</i> memenuhi kriteria kepakaran. · Cek bahwa kualifikasi, asumsi dan penilaian pakar sudah dicatat. · Cek perhitungan <i>uncertainty</i> lengkap dan dihitung dengan benar · Jika perlu, ulang perhitungan <i>uncertainty</i> dengan jumlah contoh yang kecil dengan menggunakan Simulasi Monte Carlo

Tabel 3.2. Lanjutan

Aktivitas QC	Prosedur
Mencek apakah seri data konsisten	<ul style="list-style-type: none"> · Cek konsistensi data seri input untuk setiap kategori untuk semua tahun · Cek konsistensi algoritma/metode yang digunakan dalam perhitungan di semua tahun · Cek perubahan metodologi dan data dalam perhitungan ulang (<i>recalculations</i>). · Cek bahwa efek pelaksanaan mitigasi sudah direfleksikan dengan baik dalam perhitungan emisi GRK.
Mencek kelengkapan	<ul style="list-style-type: none"> · Konfirmasi bahwa dugaan emisi dan serapan GRK sudah dilaporkan untuk semua kategori untuk semua tahun mulai dari tahun dasar sampai tahun inventarisasi terakhir · Untuk sub-kategori, konfirmasi bahwa semua kategori sudah tercakup. · Berikan definisi yang jelas untuk kategori sumber/rosot GRK lain apabila ada. Cek bahwa gap data yang menghasilkan estimasi yang tidak lengkap didokumentasi termasuk evaluasi kualitatif tentang pentingnya sumbangan emisi dari kategori tersebut terhadap total emisi (e.g., sub-kategori diklasifikasi sebagai 'tidak' diestimasi atau NE (lihat sub-bab 3.1 di atas)
Mencek tren	<ul style="list-style-type: none"> · Untuk setiap kategori sumber/rosot, estimasi emisi dan serapan tahun inventarisasi terbaru dapat dibandingkan dengan tahun-tahun sebelumnya. Apabila ditemui adanya perubahan yang signifikan, cek ulang nilai dugaan dan berikan penjelasan terhadap setiap perubahan yang ada. Perubahan yang sangat besar dari hitungan emisi tahun sebelumnya menunjukkan adanya kemungkinan kesalahan input atau perhitungan, kecuali kalau ada penjelasan dan data pendukung bahwa perubahan yang besar tersebut benar. · Cek nilai <i>implied emission factor</i> atau IEF (emisi agregat dibagi dengan data aktivitas) untuk semua tahun dan cek apakah ada perubahan yang besar. <ul style="list-style-type: none"> - Cek apakah ada nilai IEF pencila yang tidak bisa dijelaskan? - Jika tetap atau tidak ada perubahan nilai IEF, apakah ada perubahan emisi dan serapan? · Cek jika ada tren yang tidak biasa atau ganjil dari data aktivitas atau parameter lainnya untuk semua tahun inventarisasi.
Mencek apakah sistem pendokumentasian dan penyimpanan data internal berjalan baik	<ul style="list-style-type: none"> · Cek keberadaan dokumen internal yang rinci yang mendukung inventarisasi GRK dan bisa digunakan untuk memproduksi ulang emisi, serapan dan uncertainty · Cek bahwa data inventarisasi GRK, data pendukung dan catatan-catatan inventarisasi lainnya disimpan dengan baik untuk bisa digunakan dalam proses review dan verifikasi · Cek bahwa sistem penyimpanan data tertutup dan tersimpan di tempat aman setelah inventarisasi selesai disusun · Cek sistem penyimpanan data inventarisasi GRK terintegrasi dengan baik dengan sistem penyimpanan data organisasi lain yang terlibat dalam penyelenggaraan inventarisasi GRK.

IV. METODE UMUM PENDUGAAN EMISI DAN SERAPAN GAS RUMAH KACA

4.1 Pedoman dari IPCC untuk Inventarisasi Gas Rumah Kaca

Berdasarkan keputusan Para Pihak di COP 8 (*Decision 17/CP.8*), telah disepakati bagi negara berkembang (non-Annex 1) seperti Indonesia, pedoman yang digunakan untuk menyusun inventarisasi GRK ialah *Revised 1996 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (paragraf 8). Selain itu juga dilengkapi dengan dua pedoman lainnya yaitu *IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* yang diterima IPCC tahun 2000 dan *the Good Practice Guidance on Land Use, Land-Use Change and Forestry* (GPG for LULUCF) yang diterima IPCC tahun 2003.

Para Pihak didorong untuk menggunakan juga kedua pedoman tersebut dalam menyusun inventarisasi GRK (paragraf 11). Sejalan dengan berkembangnya pengetahuan tentang inventarisasi GRK, IPCC kemudian menyusun pedoman inventarisasi GRK baru tahun 2006 yang sudah memperbaiki dan mengakomodasi metode yang disusun di ketiga pedoman sebelumnya yaitu *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* yang terdiri dari lima volume. Namun demikian sampai saat ini pedoman IPCC 2006 belum diterima secara resmi oleh para pihak (COP).

Mengingat IPCC 2006 merupakan pedoman yang sudah mengakomodasi berbagai perkembangan terkini terkait inventarisasi GRK termasuk ketiga pedoman IPCC liannya, maka pedoman penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional ini disusun dengan mengikuti pedoman IPCC 2006. Semua pedoman IPCC untuk inventarisasi GRK dapat diakses secara bebas melalui situs <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.htm>. Secara lengkap keempat buku pedoman penyelenggaraan inventarisasi GRK adalah sebagai berikut:

1. IPCC (1997). *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volumes 1, 2 and 3*. Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Lim, B., Tréanton, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D.J. and Callander, B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
2. IPCC (2000). *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*. Penman, J., Kruger, D., Galbally, I., Hiraishi, T., Nyenzi, B., Enmanuel, S., Buendia, L., Hoppaus, R., Martinsen, T., Meijer, J., Miwa, K. and

Tanabe, K. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.

3. IPCC (2003). *Good Practice Guidance for Land Use, land-Use Change and Forestry*. Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. and Wagner, F. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/IGES, Hayama, Japan.
4. IPCC (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 1, 2, 3, 4 and 5*, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.

4.2 Persamaan Umum Pendugaan Emisi GRK

Secara umum, persamaan untuk pendugaan emisi dan serapan GRK dapat ditulis dalam bentuk persamaan sederhana berikut:

$$\text{Emisi/Penyerapan GRK} = AD \times EF$$

dimana AD adalah *data aktivitas* yaitu data kegiatan pembangunan atau aktivitas manusia yang menghasilkan emisi atau serapan GRK dan EF ialah *faktor emisi* atau *serapan* GRK yang menunjukkan besarnya emisi/serapan per satuan unit kegiatan yang dilakukan. Misalnya salah satu kegiatan manusia yang menimbulkan emisi ialah kegiatan pertanian untuk memproduksi padi.

Dalam kasus ini data aktivitas yang digunakan ialah luas penanaman padi (dalam satuan hektar) yang dilakukan setiap tahun. Apabila dari hasil pengukuran emisi metan di lahan sawah pada beberapa titik contoh diperoleh faktor emisi sebesar 10 Gg CH₄ per hektar per tahun. Apabila pada tahun 2012 dilaporkan luas kegiatan penanaman padi ialah seluar 100 ha, maka besarnya emisi metan tahun 2012 ialah sebesar $100 \times 10 = 1000 \text{ Gg CH}_4$ (1 Gg = 10⁹ gram).

4.2.1 Data Aktivitas

Untuk menghasilkan inventarisasi GRK yang baik, maka K/L dan pemerintah daerah perlu harus segera mengembangkan mekanisme kelembagaan dalam pengumpulan data aktivitas yang diperlukan untuk menghitung emisi dan serapan GRK untuk semua kategori sumber dan rosot seperti yang disajikan pada Tabel 2.2. Lembaga dan divisi yang ditunjuk di K/L dan daerah untuk melakukan pengumpulan data aktivitas perlu segera mengidentifikasi jenis data dan tahun ketersediaannya dan lembaga yang memiliki dan menyimpan data tersebut (lihat Gambar 3.1 dan 3.2).

Mekanisme pengumpulan data yang dilakukan oleh lembaga pengumpul data serta sistem QA/QC yang dijalankan saat ini perlu segera didokumentasikan. Penyusunan rencana untuk perbaikan mekanisme pengumpulan data dan sistem QA/QC yang akan dikembangkan ke depan termasuk kebutuhan yang diperlukan untuk pelaksanaannya perlu segera dilakukan. Sistem penyimpanan data dan dokumen untuk penyelenggaraan inventarisasi GRK juga perlu segera dibangun.

Data aktivitas untuk semua kategori sumber/rosot berkemungkinan besar tidak tersedia. Metode atau teknis yang dapat digunakan untuk mendapatkan data aktivitas tertentu dengan menggunakan data lain (seperti metode '*surrogate data*' lihat sub-bab 3.2.3) juga perlu untuk diidentifikasi dan didiskusikan dengan lembaga pengumpul data terkait. Selain itu, beberapa data aktivitas yang diperlukan bisa tersedia hanya di tingkat nasional. Kategori sumber/rosot untuk jenis data aktivitas yang hanya tersedia di tingkat nasional juga perlu segera diidentifikasi dan dikoordinasikan dengan K/L terkait.

4.2.2 Faktor Emisi

Sesuai dengan pedoman yang dikeluarkan oleh IPCC, setiap Negara didorong untuk menyusun faktor emisi lokal agar hasil dugaan emisi dan serapan GRK tidak *over-estimate* atau *under estimate*. Namun demikian ketersediaan faktor emisi lokal masih sangat terbatas dan hanya tersedia pada beberapa kategori saja (lihat Buku 2). Faktor emisi lokal masih belum terdokumentasi dengan baik dan tersebar di berbagai laporan penelitian. Oleh karena itu pemerintah daerah perlu melakukan upaya pengumpulan faktor emisi lokal melalui kerjasama dengan lembaga perguruan tinggi atau lembaga penelitian daerah.

Rencana untuk pengembangan faktor emisi lokal lainnya yang belum tersedia perlu dirancang dari sekarang, khususnya untuk sumber/rosot yang masuk kategori kunci. Pemerintah Daerah dapat memanfaatkan potensi yang ada di perguruan tinggi daerah untuk membangun faktor emisi lokal melalui kerjasama dengan perguruan tinggi dalam memberikan arahan riset bagi mahasiswa untuk penelitian tugas akhir.

Untuk kategori dimana faktor emisi lokal belum tersedia, daerah disarankan untuk menggunakan faktor emisi lokal yang tersedia untuk daerah lain atau faktor emisi nasional dan regional yang sudah semakin banyak tersedia di berbagai literatur. IPCC pada saat ini juga sedang mengembangkan Basis Data untuk Faktor Emisi (*Emission Factor Database* atau *EFDB*). EFDB sudah mengkompilasi faktor emisi dari berbagai negara dan wilayah yang dapat dimanfaatkan juga oleh daerah dalam memilih faktor emisi yang diperlukan dalam penyelenggaraan inventarisasi gas rumah

kaca. Basis data faktor emisi ini dapat diakses melalui situs berikut: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php>

4.3 Pemilihan Metodologi Inventarisasi GRK Menurut Tingkat Ketelitian (TIER)

Kedalaman metode yang dipergunakan dalam inventarisasi GRK, dikenal dengan istilah '*Tier*'. Semakin tinggi kedalaman metode yang dipergunakan, maka inventarisasi GRK yang dihasilkan semakin rinci dan akurat. Dalam penyelenggaraan inventarisasi GRK, K/L dan daerah tidak harus menggunakan *Tier* yang tinggi karena masalah keterbatasan data dan sumberdaya, tetapi bisa menggunakan *Tier* yang paling rendah. Walaupun demikian, K/L dan daerah harus menyampaikan rencana perbaikan yang akan dilakukan untuk meningkatkan kualitas inventarisasi GRK ke *Tier* yang lebih tinggi serta kebutuhan yang diperlukan untuk melakukan perbaikan tersebut.

Secara umum, tingkat ketelitian (*TIER*) dalam penyelenggaraan inventarisasi GRK dibagi menjadi tiga yaitu:

- Tier 1: metode perhitungan emisi dan serapan menggunakan persamaan dasar (*basic equation*) dan faktor emisi default atau *IPCC default values* (yaitu faktor emisi yang disediakan dalam IPCC Guideline) dan data aktivitas yang digunakan sebagian bersumber dari sumber data global
- Tier 2: perhitungan emisi dan serapan menggunakan persamaan yang lebih rinci misalnya persamaan reaksi atau neraca material dan menggunakan faktor emisi lokal yang diperoleh dari hasil pengukuran langsung dan data aktivitas berasal dari sumber data nasional dan/atau daerah.
- Tier 3: metode perhitungan emisi dan serapan menggunakan metode yang paling rinci (dengan pendekatan modeling dan *sampling*). Dengan pendekatan modeling faktor emisi lokal dapat divariasikan sesuai dengan keberagaman kondisi yang ada sehingga emisi dan serapan akan memiliki tingkat kesalahan lebih rendah.

Pemilihan metodologi menurut tingkat ketelitian (TIER) pada setiap sektor bisa dilihat pada Buku 2.

4.4 Pengarsipan Data dan Informasi dalam Penyelenggaraan Inventarisasi GRK

Pengembangan sistem pengarsipan data dan informasi merupakan bagian penting dari proses penyelenggaraan inventarisasi GRK. Keberadaan sistem ini sangat penting dalam mendukung pelaksanaan verifikasi, perbaikan sistem inventarisasi GRK, menjamin transparansi, dan merupakan bagian dari sistem penjaminan dan pengendalian mutu (QA/QC). Pengarsipan data dan informasi harus dilakukan untuk semua kategori. Jenis data dan informasi utama yang harus didokumentasikan dengan baik diantaranya ialah:

1. Deskripsi singkat semua kategori dan sub-kategori sumber dan rosot, terkait peran penting dari kategori dan sub-kategori tersebut dalam pembangunan nasional dan daerah, dan perubahan tingkat emisi atau serapan.
2. Deskripsi singkat tentang metodologi yang digunakan dalam perhitungan emisi dan serapan dari setiap kategori dan penjelasan kenapa metode tersebut dipilih. Kalau ada perubahan metodologi, deskripsi tentang metode baru harus diberikan disertai referensi yang menjadi rujukan serta konsistensi metode baru tersebut dengan metode IPCC.
3. Semua data aktivitas yang digunakan disertai informasi tahun, satuan yang digunakan dan faktor konversi satuan, sumber dimana data aktivitas diperoleh beserta alamatnya, deskripsi singkat pelaksanaan penjaminan dan pengendalian mutu yang dilakukan oleh lembaga pengumpul data aktivitas, dan sumber data lain yang dijadikan rujukan dalam pengecekan data. Apabila ada data aktivitas yang diduga dari data aktivitas lain, penjelasan tentang metode untuk mendapatkan data aktivitas harus diberikan dan diarsip dengan baik disertai referensi pendukungnya.
4. Faktor emisi yang digunakan serta nilainya dan sumber dimana ia diperoleh serta alamat kontak kalau tersedia, deskripsi singkat pelaksanaan penjaminan dan pengendalian mutu, dan penjelasan singkat mengapa faktor emisi tersebut sesuai untuk kondisi nasional atau daerahnya. Kalau ada perubahan nilai faktor emisi dari inventarisasi sebelumnya, berikan penjelasan dan referensi pendukung mengapa faktor emisi baru lebih sesuai untuk digunakan.
5. Rencana perbaikan yang akan dilakukan baik dari sisi peningkatan kualitas atau mutu data aktivitas, faktor emisi, dan metodologi.

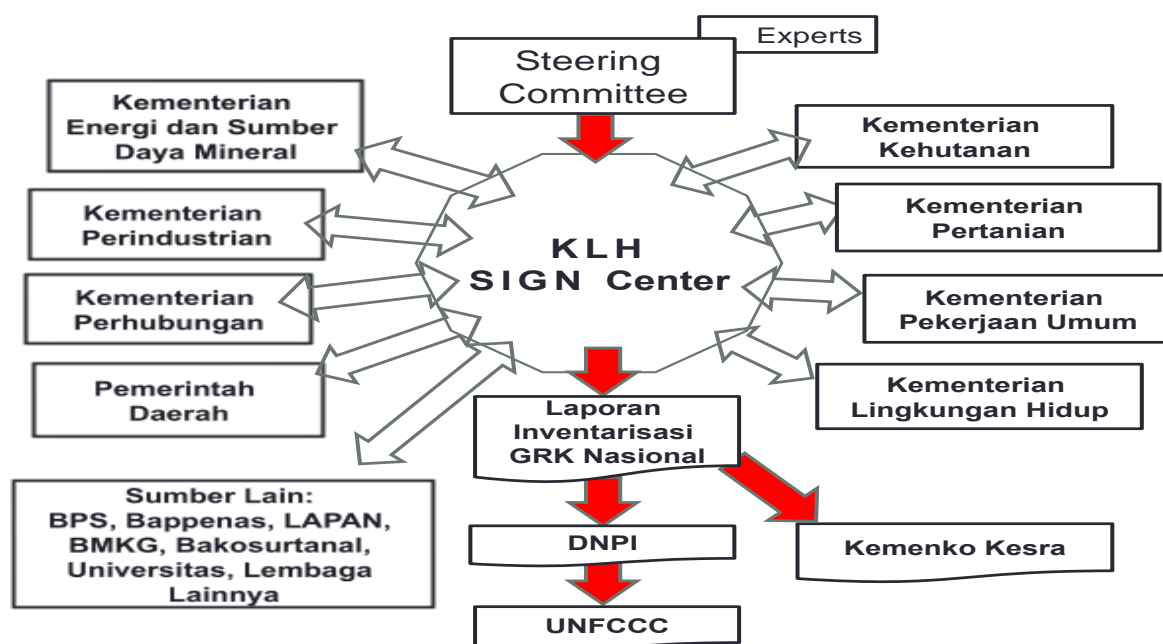
V. PELAPORAN INVENTARISASI GRK

5.1 Mekanisme Kelembagaan dalam Pelaporan Inventarisasi GRK

Sesuai dengan mandat yang diamanatkan oleh Peraturan Presiden 71/2011, Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) bertanggungjawab mengkoordinasikan penyelenggaraan inventarisasi GRK dan kecenderungan perubahan emisi dan serapan GRK termasuk simpanan karbon di tingkat nasional, dan melaksanakan monitoring dan evaluasi terhadap proses dan hasil inventarisasi GRK. Dalam kaitan ini, KLH sedang membangun Sistem Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional (SIGN) yang diharapkan akan mulai berjalan efektif pada akhir tahun 2012.

Sistem Inventarisasi GRK Nasional (SIGN) bertujuan memperkuat kapasitas sektor-sektor dan daerah dalam rangka meningkatkan kualitas inventarisasi GRK dan pengembangan sistem manajemen inventarisasi yang berkelanjutan. Prioritas kegiatan SIGN ialah:

1. Meningkatkan metodologi, data aktivitas dan faktor-faktor emisi;
2. Memperkuat kelembagaan pengaturan, fungsi, dan operasi pengarsipan, memperbarui dan mengelola inventarisasi GRK; dan
3. Meningkatkan pemahaman tentang pentingnya Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional untuk pengembangan strategi mitigasi.
4. Meningkatkan kapasitas sumber daya manusia untuk mengembangkan dan mengelola Inventarisasi GRK.



Gambar 5.1. Sistem Pelaporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional

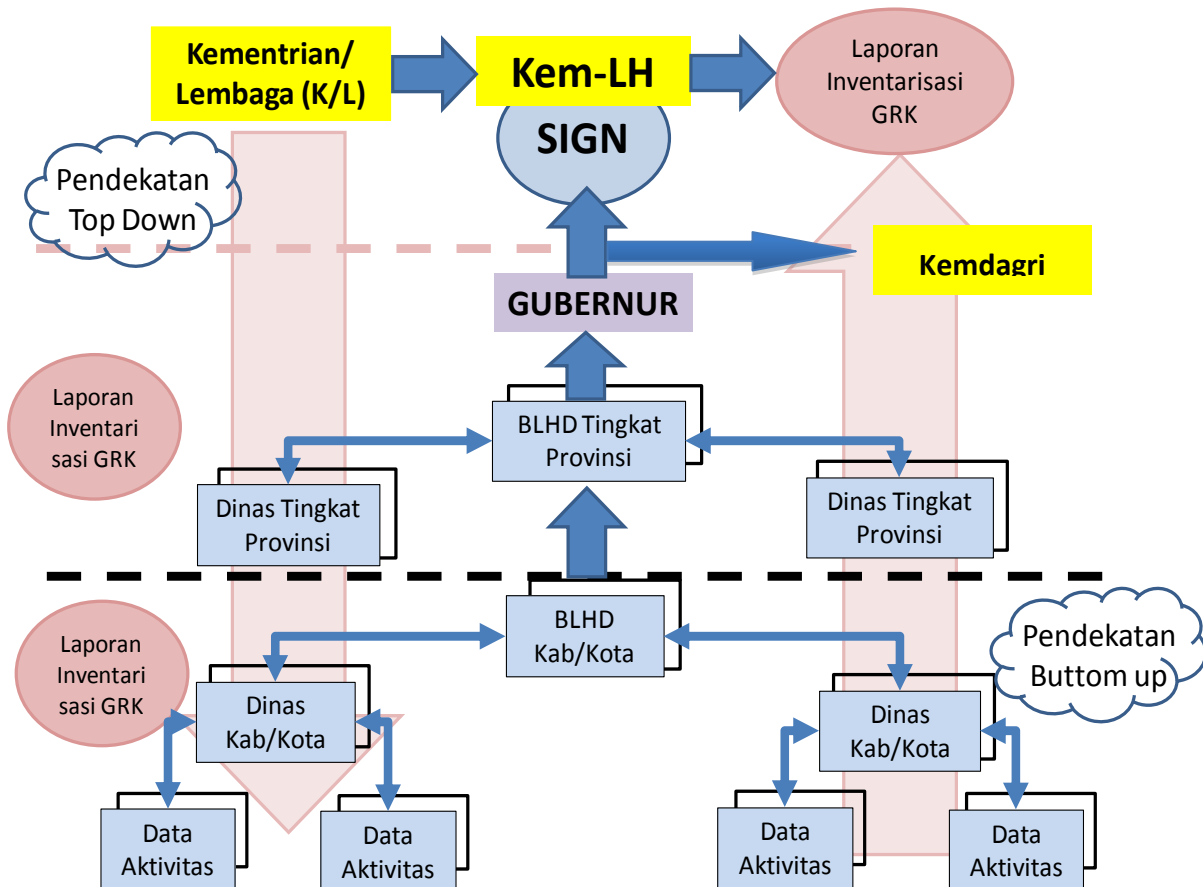
SIGN dirancang menjadi simpul dari berbagai laporan inventarisasi GRK yang disampaikan Kementerian/Lembaga terkait dan Pemerintah Daerah. Sistem pelaporan inventarisasi GRK Nasional secara umum dapat digambarkan seperti pada Gambar 5.1.

Di dalam penyelenggaraan inventarisasi GRK Nasional, lembaga di tingkat nasional yaitu Kementerian terkait dan/atau Lembaga Pemerintah Non Kementerian yang terkait melaksanakan penyelenggaraan inventarisasi berdasarkan data yang dikumpulkan oleh lembaga-lembaga yang ada di tingkat nasional. K/L yang terkait melakukan pemantauan dan evaluasi di unit kerja instansi sesuai dengan kewenangannya. Dalam melaksanakan tugas tersebut, Kementerian terkait dan/atau Lembaga Pemerintah Non Kementerian menetapkan penanggung jawab yang bertugas melaksanakan inventarisasi GRK di unit kerja instansi sesuai dengan kewenangannya. Penyelenggaraan inventarisasi GRK di tingkat nasional ini mengikuti pendekatan referensi atau *'top down'*.

Pada tingkat daerah, Kepala Daerah Pemerintah Kabupaten/Kota menunjuk Organisasi Pelaksana di Daerah (OPD) atau unit pelaksana teknis daerah yang lingkup tugasnya di bidang lingkungan hidup untuk bertanggungjawab dalam penyelenggaraan inventarisasi GRK daerah. OPD yang ditunjuk bertanggungjawab untuk mengumpulkan data aktivitas sektoral dan selanjutnya menyusun inventarisasi GRK pada tingkat Kabupaten/Kota dan dilaporkan ke tingkat provinsi melalui unit yang sudah ditunjuk oleh Gubernur, Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD). BPLHD tingkat provinsi dapat melakukan review terhadap hasil perhitungan emisi/serapan yang dilakukan di tingkat kabupaten dengan yang dilakukan di tingkat provinsi. Apabila setelah review terdapat perbedaan yang besar, maka BPLHD Provinsi dapat melakukan pengecekan ulang sebelum dikirim ke tingkat nasional ke KLH. Pendekatan ini merupakan pendekatan *'Bottom up'*.

Pada tingkat nasional, KLH melalui bidang atau unit yang ditunjuk oleh Menteri Negara Lingkungan Hidup, melakukan *review* terhadap hasil inventarisasi yang sudah dikompilasi dari seluruh Provinsi (*Bottom Up*) dengan yang dilakukan oleh K/L (*Top Down*). Apabila terdapat perbedaan yang besar, KLH melakukan pengecekan ulang dan melakukan revisi bilamana diperlukan. Pendekatan *Top Down* dan *Bottom up* sudah diterapkan dalam inventarisasi GRK untuk sektor energi yang dikenal dengan pendekatan referensi (*Top Down*) dan pendekatan sektoral (*Bottom Up*). Perbedaan yang dapat ditolerir dari hasil inventarisasi dari kedua pendekatan ini untuk sektor energi ialah 5%. Pelaksanaan inventarisasi melalui kedua pendekatan ini diharapkan secara bertahap akan dapat meningkatkan kualitas data aktivitas yang ada di tingkat daerah dan konsistensinya dengan data di tingkat nasional.

Secara ringkas proses pelaporan inventarisasi dari K/L dan daerah ke KLH, yang menggambarkan pendekatan *Top Down* dan *Bottom Up* sebagaimana disajikan pada Gambar 5.2



Gambar 5.2. Sistem Pelaporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca dari Pemerintah Provinsi dan Kabupaten/Kota ke Pemerintah Pusat

5.2 Aliran Data dan Informasi Penyusunan Inventarisasi Gas Rumah Kaca

Untuk menghindari perhitungan ganda dan ketidakjelasan lembaga mana yang bertanggungjawab dalam mengkompilasi data dan parameter yang diperlukan untuk perhitungan emisi, maka proses aliran data dan informasi penyusunan inventarisasi GRK harus diketahui dan ditetapkan oleh daerah. Kejelasan tentang mekanisme aliran data dan informasi ini akan menghindari terjadinya deviasi yang besar antara inventarisasi yang dihitung di tingkat nasional dan total emisi dari semua provinsi atau semua kabupaten/kota.

Sebagai contoh Kementerian ESDM dapat melakukan inventarisasi GRK berdasarkan data penjualan BBM nasional, data produksi migas nasional, data produksi batubara nasional dan lain sebagainya. Selanjutnya data nasional tersebut dapat dibandingkan dengan inventarisasi nasional yang dihitung berdasarkan penjumlahan inventarisasi GRK tingkat provinsi. Bila inventarisasi agregat nasional maupun per provinsi dilakukan dengan benar maka seharusnya perbedaan dari kedua hasil inventarisasi tersebut tidak akan terlalu besar. Gambar 5.3-5.7 menyajikan proses aliran data dan informasi untuk perhitungan emisi dari semua sektor. Daerah dapat menyesuaikan sesuai dengan kondisi dan pengaturan kelembagaan yang bertanggungjawab dalam pengumpulan data.

Untuk sektor industri, jenis data aktivitas yang dikumpulkan dari perusahaan yang bergerak di sektor manufaktur, konstruksi termasuk industri kehutanan seperti pulp & paper, industri perkebunan seperti pengolahan minyak sawit dan komoditi perkebunan besar lainnya terdiri dari tiga jenis yaitu data penggunaan energi, proses industri dan limbah. Data aktivitas tersebut harus dikirim kepada Dinas terkait (Gambar 5.3).

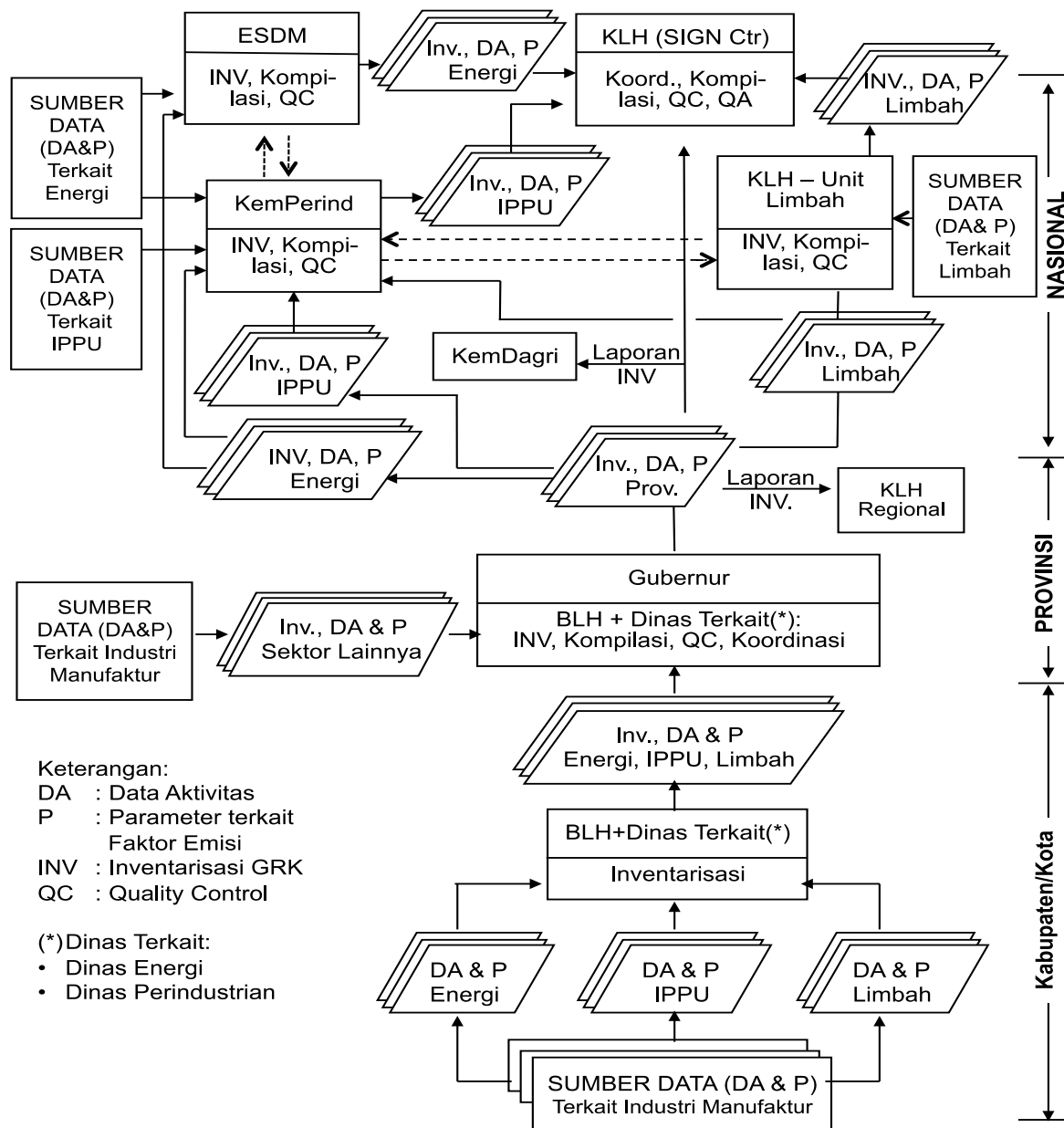
Bagi perusahaan industri yang telah mampu melakukan inventarisasi menyampaikan hasil inventarisasi, data aktivitas dan parameter-parameter emisi serta metoda yang digunakan kepada BLHD. Demikian juga halnya untuk perusahaan penghasil energi (produsen energi), jenis data aktivitas terdiri dari dua yaitu data penggunaan energi dan limbah (Gambar 5.4).

Untuk sektor AFOLU (Gambar 5.6), daerah yang tidak memiliki data tutupan lahan dapat mengaksesnya dari Kementerian Kehutanan (<http://webgis.dephut.go.id>) atau dapat melakukan interpretasi sendiri mengikuti metode standarisasi klasifikasi penutupan lahan yang ditetapkan dalam SNI 7645:2010. Parameter terkait faktor emisi atau serapan dan stok karbon untuk berbagai jenis tutupan lahan dapat bersumber dari lembaga penelitian baik di daerah maupun pusat, seperti dari:

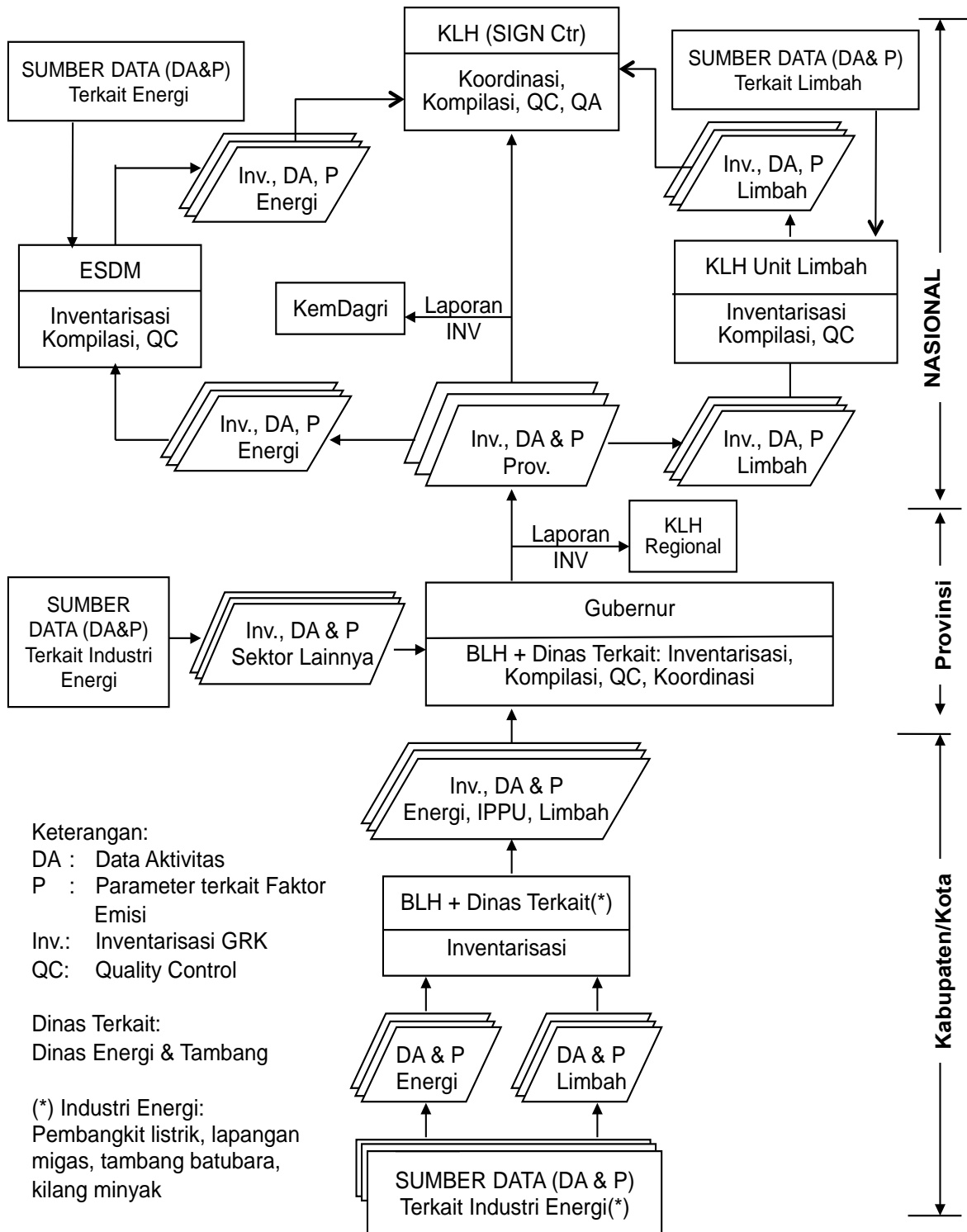
1. Badan Litbang Kehutanan: <http://forda-mof.org/cffmp/en/output.htm>
2. ICRAF: <http://www.worldagroforestrycentre.org/sea/products>
3. WWF: <http://www.wwf.or.id>
4. Wetland Internasional: <http://www.wetlands.or.id>
5. Perguruan Tinggi dan lain-lain.

Untuk meningkatkan keakurasian perhitungan emisi, daerah dapat menyusun faktor emisi lokal dengan menggunakan metode yang sudah distandarisasi yaitu SNI 7724:2011 tentang Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon dan SNI 7725:2011 tentang Persamaan Allometrik dan Pendugaan Cadangan Karbon Hutan

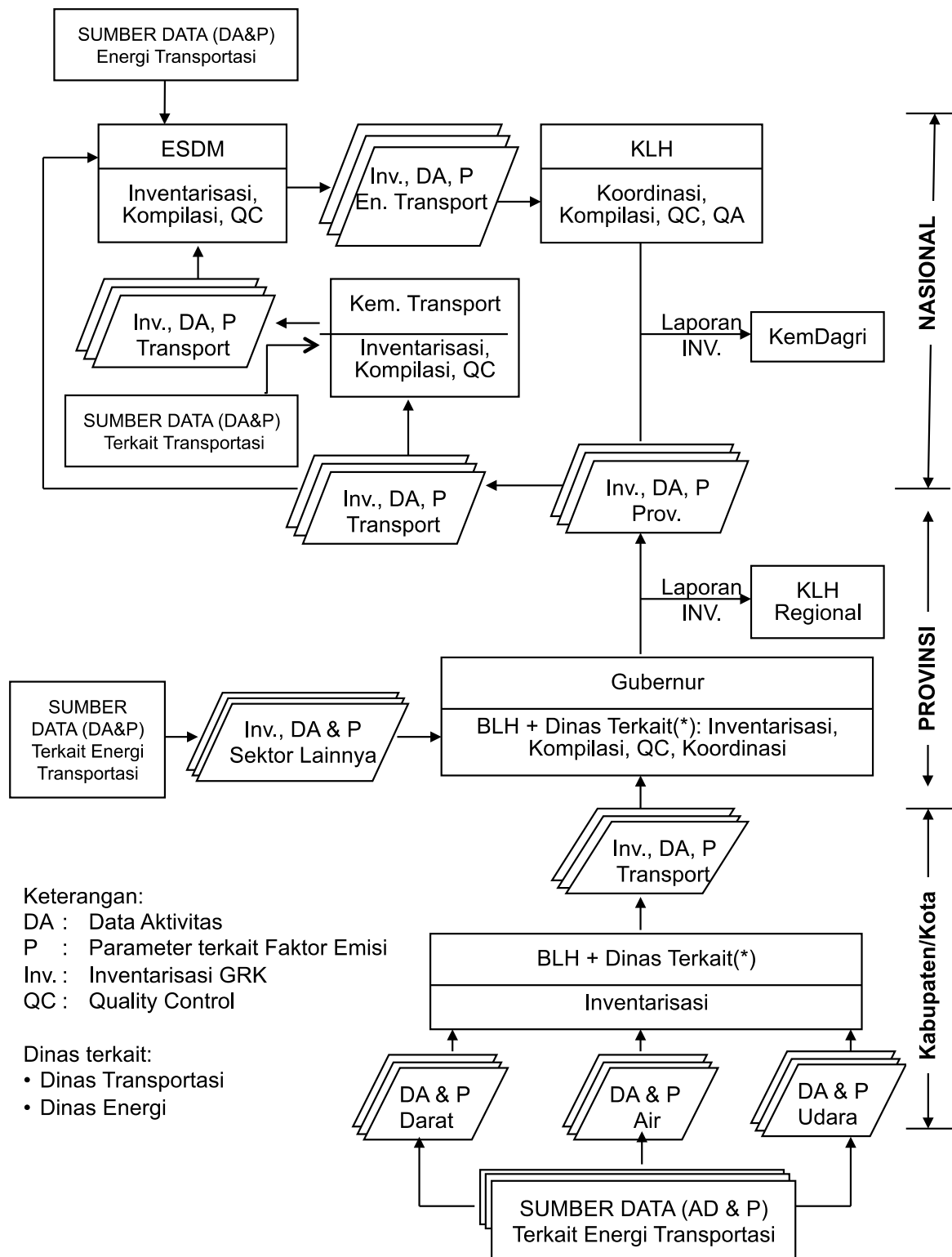
Pengukuran Lapangan. Untuk penyusunan faktor emisi lokal lainnya yang metode standardisasinya belum tersedia dapat menggunakan metode lain yang mengikuti kaidah-kaidah ilmiah melalui kerjasama dengan lembaga penelitian atau perguruan tinggi setempat.



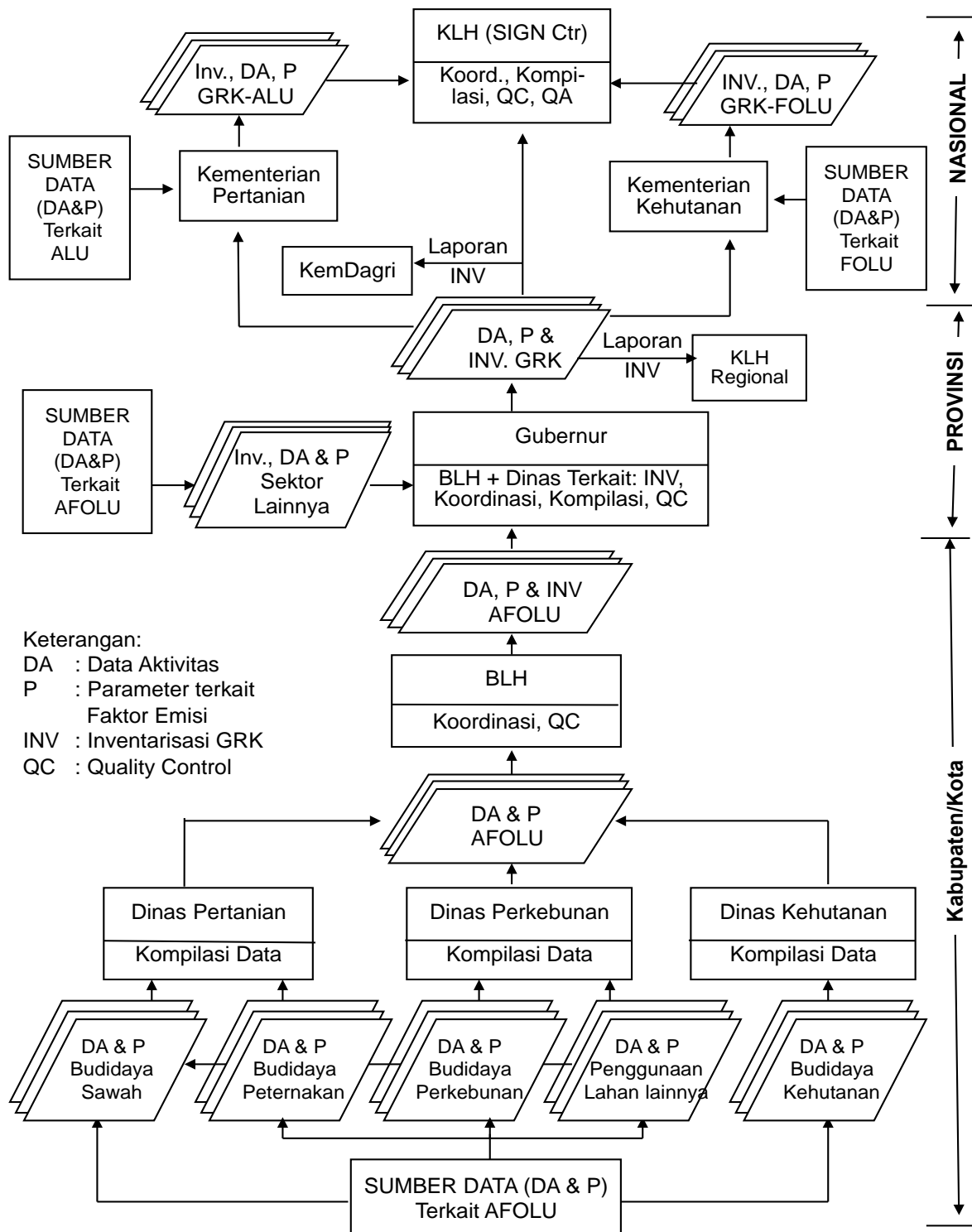
Gambar 5.3. Aliran informasi dan aktivitas pada penyusunan inventarisasi GRK sektor industri (manufaktur, konstruksi termasuk kehutanan seperti industri pulp dan kertas, dan perkebunan besar seperti industri pengolahan minyak sawit atau komoditi perkebunan lainnya)



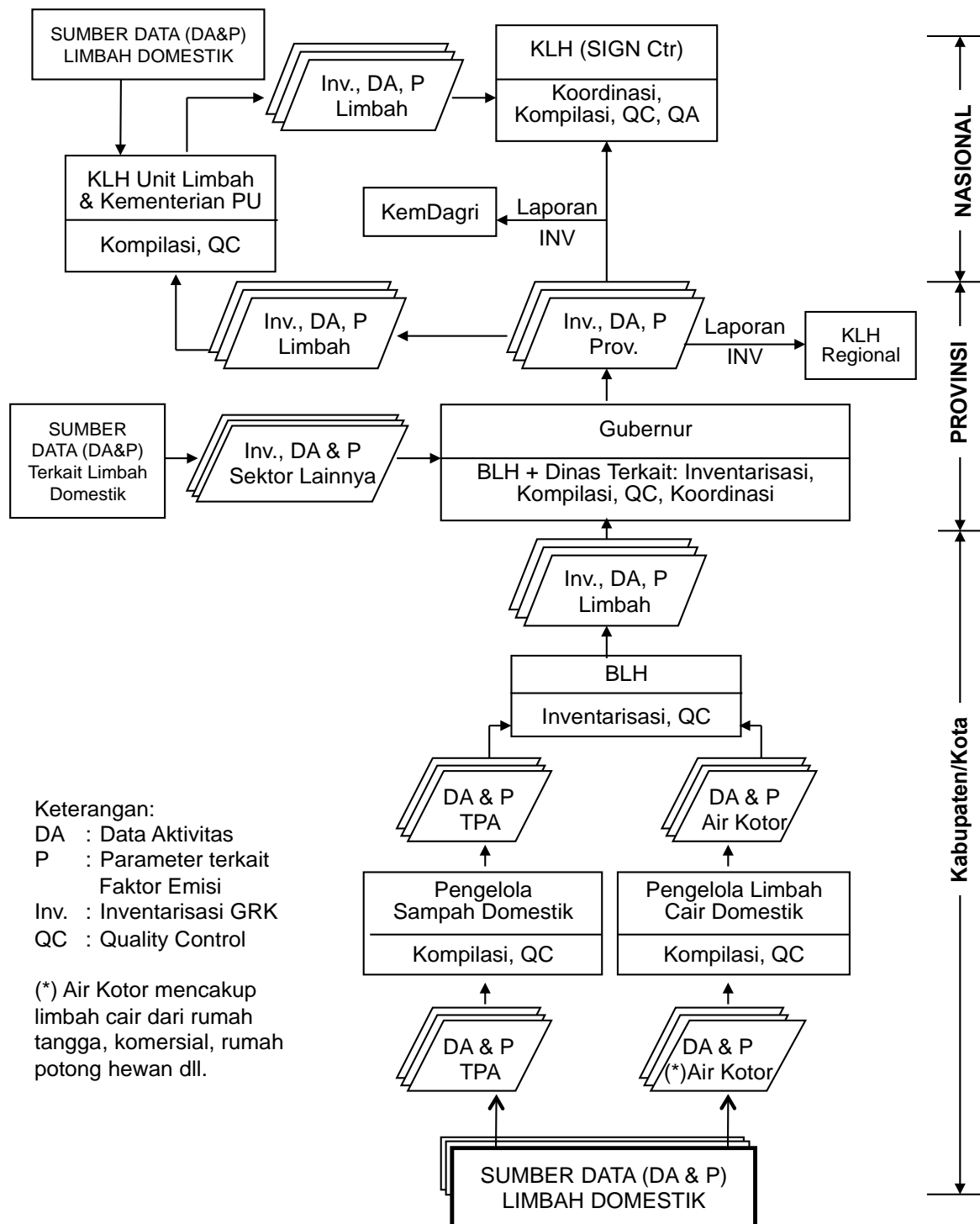
Gambar 5.4. Aliran informasi dan aktivitas pada penyusunan inventarisasi GRK dari penggunaan energi dan penanganan limbah di industri/produsen energi



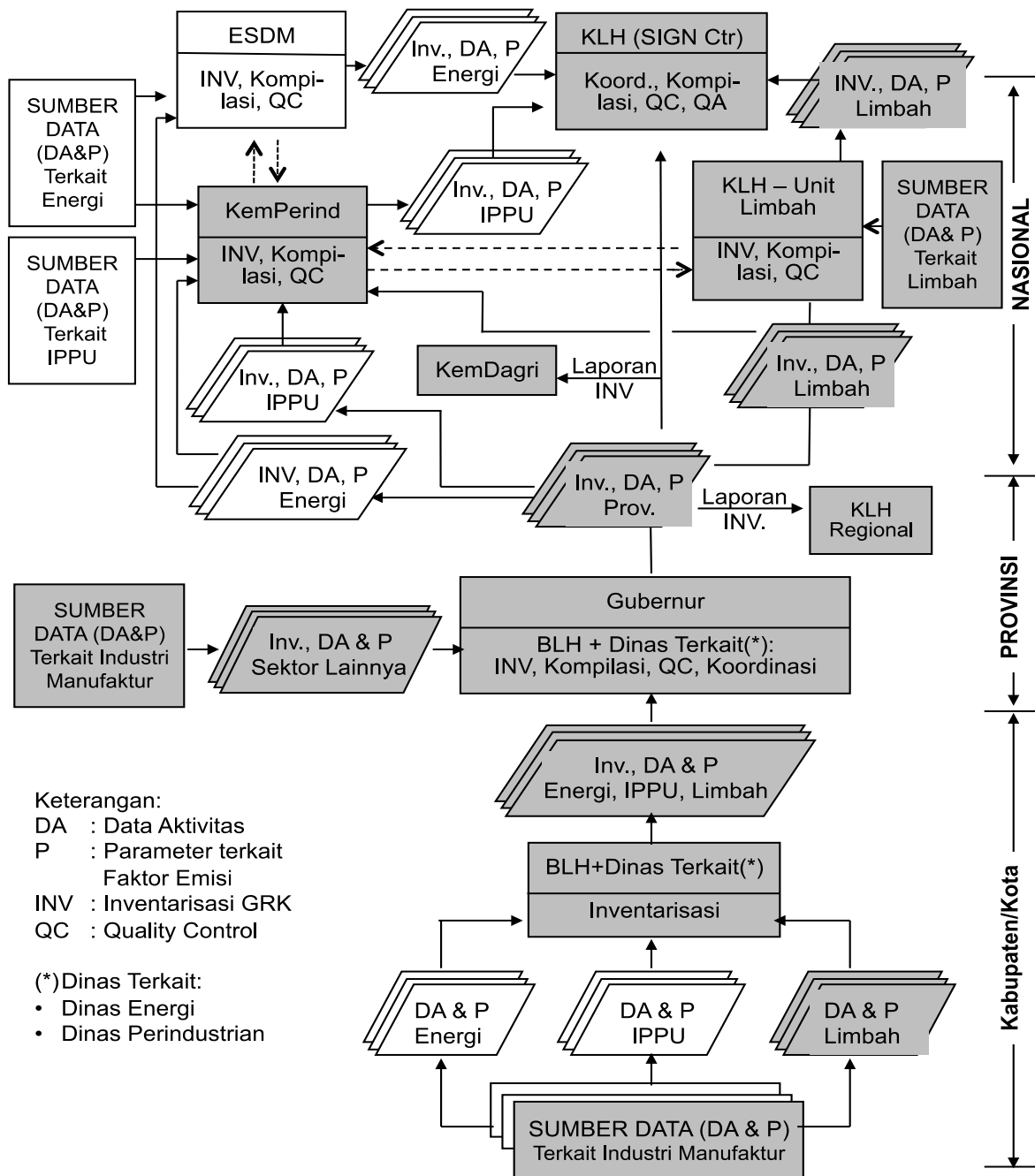
Gambar 5.5. Aliran informasi dan aktivitas pada penyusunan inventarisasi GRK dari penggunaan energi di sektor transportasi



Gambar 5.6. Aliran informasi dan aktivitas pada penyusunan inventarisasi GRK dari sektor pertanian, kehutanan dan penggunaan lahan lainnya (AFOLU). Jenis data yang dikumpulkan oleh dinas terkait ialah yang tidak masuk dalam kategori jenis data yang sudah dicakup oleh sektor proses industri (Gambar 5.1)



Gambar 5.7. Aliran informasi dan aktivitas pada penyusunan inventarisasi GRK dari limbah domestik.



Gambar 5.8. Aliran informasi dan aktivitas pada penyusunan inventarisasi GRK dari Limbah Industri Manufaktur.

Catatan: Bagi Kabupaten/Kota yang belum mampu menyelenggarakan inventarisasi, Provinsi membantu menyelenggarakan inventarisasi namun Kabupaten/Kota tersebut menyiapkan data aktivitas dan parameter emisi terkait.

5.3 Tahun Dasar Pelaporan Inventarisasi GRK

Di dalam paragraf 7 dari *Decision 17/CP.8* disebutkan bahwa tahun dasar (*base year*) yang digunakan untuk Negara Non-Annex 1, seperti Indonesia, untuk pelaporan inventarisasi GRK ialah tahun 1994 untuk Komunikasi Nasional Pertama dan tahun 2000 untuk Komunikasi Nasional Kedua¹. Untuk Komunikasi Nasional selanjutnya belum ada ketentuan tahun berapa yang akan dijadikan sebagai tahun dasar pelaporan inventarisasi GRK.

Namun demikian di dalam panduan penyusunan Komunikasi Nasional sesuai dengan keputusan COP di atas, laporan inventarisasi GRK diharapkan disampaikan untuk semua tahun mulai dari tahun 1994 sampai 2000 apabila data tersedia. Dengan keluarnya keputusan baru di COP17 tentang kewajiban menyampaikan laporan dua tahunan (*Biennial Update Report/BUR*), maka inventarisasi GRK harus dilaporkan setiap tahun sampai tahun terkini sejalan dengan ketersediaan data.

Berdasarkan beberapa keputusan COP di atas, maka akan sangat baik sekali apabila daerah bisa menyusun inventarisasi GRK mulai dari tahun 1994, dan apabila tidak memungkinkan mulai tahun 2000. Apabila ketersediaan data tahun 1994 masih terbatas dan sulit untuk dikumpulkan maka tahun 2000 dapat dijadikan sebagai tahun dasar. Dengan demikian inventarisasi GRK yang perlu disusun dimulai dari tahun 2000 sampai tahun terkini sesuai dengan ketersediaan data yang ada.

Di dalam Peraturan Presiden Nomor 71/2011, inventarisasi GRK yang dilaporkan ialah tingkat, status dan kecenderungan perubahan emisi. Dalam hal ini, tingkat emisi merujuk kepada emisi pada tahun tertentu, sedangkan status emisi menunjukkan kondisi emisi dalam satu kurun tertentu atau kumpulan tingkat emisi beberapa tahun yang dapat diperbandingkan dengan menggunakan metode dan faktor emisi yang konsisten, sehingga dapat diketahui kecenderungan atau perubahan tingkat emisi dari satu waktu tertentu ke tahun berikutnya.

5.4 Wilayah Batas Pelaporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca

Pelaporan inventarisasi GRK sesuai dengan Perpres 71/2011 dilakukan di tingkat nasional, provinsi dan kabupaten/kota. Gambar 5.1 dan 5.2 dapat dilihat bahwa yang bertanggungjawab dalam penyusunan inventarisasi GRK dari setiap sektor ialah

¹ Untuk Negara Annex 1 atau negara maju, tahun dasar yang ditetapkan oleh COP ialah tahun 1990. Tahun 1990 dijadikan sebagai patokan dalam menetapkan target penurunan emisi. Di dalam Protokol Kyoto, target penurunan emisi yang ditetapkan oleh Negara maju secara rata-rata ialah 5% di bawah tingkat emisi tahun 1990 yang harus dicapai dalam periode tahun 2008-2012. Apabila emisi tahun 1990 suatu negara maju adalah 1000 juta ton CO₂ dan target penurunan emisi 5%, maka pada tahun 2008-2012 tingkat emisi rata-rata tidak boleh melebihi 950 juta ton CO₂ per tahun.

kementerian atau lembaga terkait, pada tingkat provinsi ialah unit pelaksana teknis daerah yang lingkup tugasnya di bidang lingkungan hidup yang ditunjuk oleh Gubernur dan pada tingkat kabupaten/kota ialah unit pelaksana teknis daerah yang lingkup tugasnya di bidang lingkungan hidup yang ditunjuk oleh Bupati/walikota.

Dalam melaporkan tingkat emisi dari suatu daerah (tingkat Provinsi dan Kabupaten/Kota) untuk beberapa sumber tertentu bisa bersifat lintas batas. Artinya emisi GRK dari satu wilayah sumbernya bisa berasal wilayah lain. Sebagai contoh emisi dari limbah padat domestik yang dihitung dari sebuah TPA (tempat pembuangan sampah) yang ada di suatu wilayah administrasi akan tetapi sumber sampahnya berasal dari wilayah administrasi lain. Dalam hal ini, emisi akan dihitung pada wilayah dimana TPA berada walaupun sumber sampahnya sebagian besar bukan berasal dari masyarakat di wilayah administrasi tersebut.

Emisi yang bersifat lintas batas juga bisa terjadi pada sektor transportasi. Misalnya pembelian BBM oleh suatu kendaraan dilakukan di wilayah administrasi tertentu, akan tetapi emisi terjadi di wilayah lain karena perjalanan kendaraan tidak dilakukan di wilayah administrasi dimana BBM tersebut diperoleh. Dalam contoh ini emisi akan dihitung di wilayah tempat bahan bakar tersebut diperoleh karena data konsumsi bahan bakar akan dicatat oleh wilayah tersebut terlepas apakah yang membeli bahan bakar minyak itu adalah konsumen yang berasal dari daerah lain dan menggunakannya di wilayah administrasi lain. Hal sebaliknya juga bisa terjadi untuk wilayah lain.

Berdasarkan prinsip di atas, batas wilayah perhitungan emisi ialah *menggunakan batas administrasi*, sesuai dengan lokasi pencatatan data aktivitas. Implikasi menggunakan wilayah administrasi sebagai batas wilayah emisi maka tingkat emisi dari suatu wilayah administrasi dimana sumber emisi yang bersifat lintas batas cukup tinggi bisa memiliki tingkat emisi yang tinggi walaupun sebenarnya sumber emisinya bukan dari wilayah tersebut.

Bagi daerah yang memiliki informasi emisi lintas batas tetap harus menghitung dan melaporkan besar emisi tetapi boleh tidak memasukkannya dalam perhitungan tingkat emisi daerah tersebut. Apabila suatu daerah memutuskan tidak menghitung besar emisi yang bersifat lintas batas, maka hal ini harus disampaikan dalam laporan inventori sehingga perhitungan dilakukan oleh pemerintah dari wilayah yurisdiksi yang lebih luas (misalnya provinsi atau nasional).

Banyak daerah yang mengembangkan program Tempat Pembuangan Sampah Wilayah (*Regional Dumpsite*), maka masalah emisi lintas batas akan banyak dijumpai.

Khusus pengaturan untuk perhitungan emisi dari TPA yang bersifat lintas batas dari sumber yang tidak bergerak ditetapkan sebagai berikut:

1. TPA sampah yang lokasinya berada di satu wilayah administrasi kabupaten/kota, maka perhitungan emisi dilakukan oleh lembaga terkait yang menangani sampah di kabupaten/kota/provinsidimana lokasi TPA tersebut berada, walaupun sampah juga berasal dari kabupaten/kota/provinsi lain.
2. TPA sampah yang lokasinya berada di perbatasan dua wilayah administrasi kabupaten/kota, maka perhitungan emisi dilakukan oleh lembaga terkait yang telah ditunjuk di tingkat provinsi.
3. TPA sampah yang lokasinya berada di perbatasan dua wilayah administrasi provinsi, maka perhitungan emisi dilakukan oleh lembaga terkait yang telah ditunjuk di tingkat nasional.

5.5 Isi Laporan

Paragraf 7 dari *Decision 17/CP.8* tentang pelaporan inventarisasi GRK mengindikasikan bahwa ada dua hal pokok yang harus dilaporkan dalam inventarisasi GRK. **Pertama** ialah prosedur dan pengaturan yang dilakukan dalam pengumpulan data dan penyimpanannya serta upaya yang dilakukan agar proses pengumpulan dan penyimpanan data tersebut menjadi suatu proses yang berkelanjutan termasuk informasi peran lembaga-lembaga yang terlibat dalam penyelenggaraan inventarisasi GRK.

Kedua ialah hasil inventarisasi gas rumah kaca beserta kecenderungan perubahannya (*trend*), khususnya untuk tiga gas utama yaitu CO₂, CH₄ dan N₂O. Disamping tiga gas utama ini, emisi dari gas *hydrofluorocarbons* (HFCs), *perfluorocarbons* (PFCs) dan sulphur *hexafluoride* (SF₆) juga perlu dilaporkan apabila tersedia datanya termasuk *carbon monoxide* (CO), *nitrogen oxides* (NO_x), *non-methane volatile organic compounds* (NMVOCs) dan SO_x. Selain ke dua hal pokok ini, hal yang perlu dilaporkan ialah rencana perbaikan yang akan dilakukan untuk meningkatkan kualitas inventarisasi GRK.

Berdasarkan hal tersebut di atas, isi laporan inventarisasi GRK dapat disusun mengikuti format di bawah ini:

RINGKASAN EKSEKUTIF LAPORAN INVENTARISASI GAS RUMAH KACA

1. Latar Belakang Informasi tentang Inventarisasi Gas Rumah Kaca dan Perubahan Iklim
2. Ringkasan metode yang digunakan termasuk tingkat ketelitian metodologi (*Tier*)
3. Ringkasan Emisi dan Serapan Gas Rumah Kaca tahun terkini (lihat Appendix 1)
4. Ringkasan Kecenderungan Emisi dan Serapan Gas Rumah Kaca
5. Ringkasan Kategori Kunci dan Uncertainty
6. Ringkasan terkait QA/QC
7. Informasi Lain

BAB 1. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang Informasi Inventarisasi Gas Rumah Kaca
2. Deskripsi Pengaturan Kelembagaan dalam Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca
3. Deskripsi Ringkas Proses Persiapan Inventarisasi Gas Rumah Kaca
4. Deskripsi Metodologi dan Sumber Data yang Digunakan
5. Deskripsi Kategori Kunci (*Key Categories*)
6. Informasi tentang Rencana Penjaminan dan Pengendalian Mutu (QA/QC)
7. Penilaian Ketidakpastian (*Uncertainty*)
8. Penilaian tentang Kelengkapan (*Completeness*)
9. Rencana perbaikan Inventarisasi GRK.

BAB 2. KECENDERUNGAN EMISI DAN SERAPAN GAS RUMAH KACA

1. Deskripsi dan Interpretasi Kecenderungan Emisi dan Serapan Agregat Gas Rumah Kaca
2. Deskripsi dan Interpretasi Kecenderungan Emisi dan Serapan per Jenis Gas Rumah Kaca
3. Deskripsi dan Interpretasi Kecenderungan Emisi dan Serapan Gas Rumah Kaca Berdasarkan Kategori.

BAB 3. PENGADAAN DAN PENGGUNAAN ENERGI

1. Overview Pengadaan dan Penggunaan Energi
2. Kegiatan Pembakaran Bahan Bakar (*Fuel Combustion Activities*)
3. Emisi Fugitive (*Fugitive Emissions from Fuels*).

BAB 4. PROSES INDUSTRI DAN PENGGUNAAN PRODUK

1. Industri Mineral (*Mineral Industry*)
2. Industri Kimia (*Chemical Industry*)
3. Industri Logam (*Metal Industry*)
4. Produk-produk Non Energi dan Penggunaan Solvent/ Pelarut (*Non-Energy Products from Fuels and Solvent Use*)

5. Industri Elektronik (*Electronics Industry*)
6. Penggunaan Produk Mengandung Senyawa Pengganti Bahan Perusak Ozon (*Product Uses as Substitutes for Ozone Depleting Substances*).

BAB 5. PERTANIAN, KEHUTANAN, DAN PENGGUNAAN LAHAN LAINNYA

1. Peternakan (*Livestock*)
2. Lahan (*Land*)
 - 2.1 Lahan Hutan (*Forest Land*)
 - 2.2 Lahan Pertanian (*Cropland*)
 - 2.3 Padang Rumput (*Grassland*)
 - 2.4 Lahan Basah (*Wetlands*)
 - 2.5 Pemukiman (*Settlements*)
 - 2.6 Jumlah Sumber dan Sumber Emisi Non-CO₂ pada Lahan (*Aggregate Sources and Non-CO₂ Emissions Sources on Land*).

BAB 6. PENGELOLAAN LIMBAH (WASTE)

1. Pembuangan Akhir Sampah Padat (*Solid Waste Disposal*)
2. Pengolahan Limbah Padat secara Biologi (*Biological Treatment of Solid Waste*)
3. Insinerator dan Pembakaran Sampah Secara Terbuka (*Incineration and Open Burning of Waste*)
4. Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah (*Wastewater Treatment and Discharge*).

BAB 7. PENUTUP

LAMPIRAN-LAMPIRAN²

- Lampiran 1. Tabel Laporan Ringkasan Emisi dan Serapan Gas Rumah Kaca
- Lampiran 2. Tabel Basis Data Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi
- Lampiran 3. Tabel Basis Data Kegiatan Proses Industri dan Penggunaan Produk (IPPU)
- Lampiran 4. Tabel Basis Data Kegiatan Pertanian, Kehutanan dan Penggunaan Lahan Lainnya (AFOLU)
- Lampiran 5. Tabel Basis Data Kegiatan Pengelolaan Limbah
- Lampiran 6. Tabel Kecenderungan (*Trends*) Gas Rumah Kaca
- Lampiran 7. Tabel Ketidakpastian (*Uncertainties*)
- Lampiran 8. Tabel Ringkasan Analisis Kategori Kunci (*key category analysis*)
- Lampiran 9. Lampiran Lainnya

²Untuk menjaga konsistensi dalam pelaporan emisi dan serapan GRK dari semua kategori, format pelaporan data hasil perhitungan emisi dan serapan mengikuti Format Pelaporan Umum (*Common Reporting Format*) yang dapat dilihat pada buku Pedoman IPCC 2006 Volume 1 <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.htm>

VI. PENUTUP

Dalam mengembangkan Sistem Inventarisasi GRK Nasional, diperlukan adanya mekanisme kelembagaan yang menjamin keterwakilan dan konsistensi seri data yang dikumpulkan. Disamping itu, diperlukan adanya sistem untuk menduga ketidakpastian (*uncertainties*) data pada berbagai kategori dan juga hasil inventarisasi GRK secara keseluruhan, prosedur untuk menilai kepastian dan kualitas data (QA/QC) sehingga bisa dilakukan pengecekan ulang selama kompilasi data inventarisasi, serta dokumentasi dan sistem penyimpanan data dan laporan yang baik sehingga dapat digunakan selama proses review atau verifikasi.

Melalui penyusunan Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional diharapkan akan tersusun Laporan Hasil Inventarisasi GRK Nasional yang Transparan (*Transparency*), Akurat (*Accuracy*), Komplit (*Completeness*), Konsisten (*Consistency*), dan komparabel (*Comparability*). Dengan demikian, inventarisasi GRK yang dilaporkan dapat diperbandingkan dengan inventarisasi GRK lainnya dalam skala negara, regional, dan lokal.

Informasi mengenai tingkat emisi GRK merupakan hal penting dan telah menjadi salah satu ‘tolok ukur kinerja lingkungan’. Pernyataan tingkat emisi GRK yang akurat dan dipercaya memerlukan sistem inventarisasi yang secara periodik dapat dikomunikasikan kepada *stakeholders* (pihak-pihak berkepentingan). Untuk meningkatkan kepercayaan *stakeholders* terhadap “kebenaran pernyataan tingkat emisi GRK” diperlukan dukungan sistem ‘inventarisasi’ yang mengacu pada panduan yang baku yang selanjutnya, bila diinginkan, dapat dilakukan review dan verifikasi oleh pihak ketiga yang independen bahwa inventarisasi GRK yang telah disusun telah menggunakan metode yang baku dan data dengan kualitas yang baik serta didukung oleh dokumen pendukung yang terdokumentasi dengan baik.

Tersedianya sistem inventarisasi GRK nasional (SIGN) yang handal akan memberikan banyak manfaat tidak hanya untuk keperluan penyelenggaraan inventarisasi tetapi juga akan meningkatkan kualitas data berbagai aktivitas pembangunan yang diperlukan untuk perencanaan pembangunan, termasuk penyusunan rencana aksi mitigasi perubahan iklim di tingkat nasional dan daerah.

DAFTAR PUSTAKA

- IPCC (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 1*, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
- IPCC 2008. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – A primer, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Miwa K., Srivastava N. and Tanabe K.(eds). IGES, Japan.
- Petit JR, Jouzel J, Raynaud D, Barkov NI, Barnola JM, Basile I, Bender M, Chappellaz J, Davisk M, Delaygue G, *et al.* (1999). Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature* 399:429–436.
- Siegenthaler U, Stocker TF, Monnin E, Luthi D, Schwander J, Stauffer B, Raynaud D, Barnola J-M, Fische H, Masson-Delmotte V, *et al.* (2005), Stable Carbon Cycle–Climate Relationship During the Late Pleistocene. *Science* 310:1313–1317

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Laporan Ringkasan Emisi dan Serapan Gas Rumah Kaca

KATEGORI EMISI DAN SERAPAN GAS RUMAH KACA		Net CO ₂ (Emisi - Serapan)	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	Gas-gas Lainnya
		(Gg)			CO ₂ equivalent (Gg)			
TOTAL EMISI DAN SERAPAN GAS RUMAH KACA								
1	PENGADAAN DAN PENGGUNAAN ENERGI (ENERGY)							
1 A	Kegiatan Pembakaran Bahan Bakar (<i>Fuel Combustion Activities</i>)							
1 A 1	Industri Penghasil Energi (<i>Energy Industries</i>)							
1 A 2	Industri Manufaktur dan Konstruksi (<i>Manufacturing Industries and Construction</i>)							
1 A 3	Transportasi (<i>Transport</i>)							
1 A 4	Sektor lainnya (<i>Other Sectors</i>)							
1 A 5	Lain lain (<i>Non-Specified</i>)							
1 B	Emisi Fugitive (<i>Fugitive Emissions from Fuels</i>)							
1 B 1	Bahan bakar padat (<i>Solid Fuels</i>)							
1 B 2	Minyak bumi dan gas alam (<i>Oil and Natural Gas</i>)							
1 B 3	Other Emissions from Energy Production							
2	PROSES INDUSTRI DAN PENGGUNAAN PRODUK (INDUSTRIAL PROCESSES AND PRODUCT USE)							
2 A	Industri Mineral (<i>Mineral Industry</i>)							
2 A 1	Produksi semen (<i>Cement Production</i>)							
2 A 2	Produksi lime (<i>Lime Production</i>)							
2 A 3	Produksi kaca (<i>Glass Production</i>)							
2 A 4	Proses produksi industri lainnya yang menggunakan karbonat (<i>Other Process Uses of Carbonates</i>)							
2 A 5	Lainnya (<i>Other</i>)							
2 B	Industri Kimia (<i>Chemical Industry</i>)							

Lampiran 1. Lanjutan

KATEGORI EMISI DAN SERAPAN GAS RUMAH KACA		Net CO2 (Emisi - Serapan)	CH4	N2 O	HFCs	PFCs	SF6	Gas-gas Lainnya
		(Gg)			CO2 equivalent (Gg)			
2 B 1	Produksi amonia (<i>Ammonia Production</i>)							
2 B 2	Produksi asam nitrat (<i>Nitric Acid Production</i>)							
2 B 3	Produksi Asam Adipic (<i>Adipic Acid Production</i>)							
2 B 4	Produksi asam Caprolactam, Glyoxal and Glyoxylic (<i>Caprolactam, Glyoxal and Glyoxylic Acid Production</i>)							
2 B 5	Produksi Carbide (<i>Carbide Production</i>)							
2 B 6	Produksi Titanium Dioksida (<i>Titanium Dioxide Production</i>)							
2 B 7	Produksi Soda Ash (<i>Soda Ash Production</i>)							
2 B 8	Produksi Petrokimia dan Carbon Black (<i>Petrochemical and Carbon Black Production</i>)							
2 B 9	Produksi Fluorochemical (<i>Fluorochemical Production</i>)							
2 B 10	Lainnya (<i>Other</i>)							
2 C	Industri Logam (<i>Metal Industry</i>)							
2 C 1	Produksi besi dan baja (<i>Iron and Steel Production</i>)							
2 C 2	Produksi Ferroalloys (<i>Ferroalloys Production</i>)							
2 C 3	Produksi Aluminium (<i>Aluminium Production</i>)							
2 C 4	Produksi Magnesium (<i>Magnesium Production</i>)							
2 C 5	Produksi Lead (<i>Lead Production</i>)							
2 C 6	Produksi Seng (<i>Zinc Production</i>)							
2 C 7	Lainnya (<i>Other</i>)							
2 D	Produk-produk Non Energi dan Penggunaan Solvent/ Pelarut (<i>Non-Energy Products from Fuels and Solvent Use</i>)							
2 D 1	Penggunaan pelumas (<i>Lubricant Use</i>)							
2 D 2	Penggunaan lilin Paraffin							

Lampiran 1. Lanjutan

KATEGORI EMISI DAN SERAPAN GAS RUMAH KACA		Net CO2 (Emisi - Serapan)	CH4	N2 O	HFCs	PFCs	SF6	Gas-gas Lainnya
		(Gg)			CO2 equivalent (Gg)			
	<i>(Paraffin Wax Use)</i>							
2 D 3	Penggunaan Pelarut <i>(Solvent)</i>							
2 D 4	Lainnya <i>(Other)</i>							
2 E	Industri Elektronik (Electronics Industry)							
2 E 1	Sirkuit atau Semi Konduktor Terpadu <i>(Integrated Circuit or Semiconductor)</i>							
2 E 2	Panel Display TFT Flat <i>(TFT Flat Panel Display)</i>							
2 E 3	Photovoltaics							
2 E 4	Perpindahan Panas Fluida <i>(Heat Transfer Fluid)</i>							
2 E 5	Lainnya <i>(Other)</i>							
2 F	Penggunaan Produk Mengandung Senyawa Pengganti Bahan Perusak Ozon (Ozone Depleting Substances)							
2 F 1	Refrigerasi dan Pendingin Udara <i>(Refrigeration and Air Conditioning)</i>							
2 F 2	Bahan Blowing Busa <i>(Foam Blowing Agents)</i>							
2 F 3	Alat Pemadam Kebakaran <i>(Fire Protection)</i>							
2 F 4	Aererosol <i>(Aerosols)</i>							
2 F 5	Pelarut <i>(Solvent)</i>							
2 F 6	Aplikasi Lainnya <i>(Other Applications)</i>							
2 G	Produk Manufacture Lain dan Penggunaannya (Other Product Manufacture and Use)							
2 G 1	Peralatan listrik <i>(Electrical Equipment)</i>							
2 G 2	SF6 dan PFCs dari penggunaan produk lain <i>(SF6 and PFCs from Other Product Uses)</i>							
2 G 3	Penggunaan Produk yang mengandung N2O <i>(N2O from Product Uses)</i>							
2 G 4	Lainnya <i>(Other)</i>							
2 H	Lainnya (Other)							

Lampiran 1. Lanjutan

KATEGORI EMISI DAN SERAPAN GAS RUMAH KACA		Net CO₂ (Emisi - Serapan)	CH₄	N₂ O	HFCs	PFCs	SF₆	Gas-gas Lainnya
		(Gg)			CO₂ equivalent (Gg)			
2 H 1	Industri Pulp dan Kertas (<i>Pulp and Paper Industry</i>)							
2 H 2	Industri Makanan dan Minuman (<i>Food and Beverages Industry</i>)							
2 H 3	Lainnya (<i>Other</i>)							
3	PERTANIAN, KEHUTANAN, DAN PENGUNAAN LAHAN LAINNYA (AGRICULTURE, FORESTRY, AND OTHER LAND USE)							
3 A	Peternakan (Livestock)							
3 A 1	Fermentasi Enterik/lambung (<i>Enteric Fermentation</i>)							
3 A 2	Pengelolaan limbah ternak (<i>Manure Management</i>)							
3 B	Lahan (Land)							
3 B 1	Lahan Hutan (Forest Land)							
3 B 2	Lahan Pertanian (Cropland)							
3 B 3	Padang Rumput (Grassland)							
3 B 4	Lahan Basah (Wetlands)							
3 B 5	Pemukiman (Settlements)							
3 B 6	Lahan lain (Other Land)							
3 C	Jumlah Sumber dan Sumber Emisi Non-CO₂ pada Lahan (Aggregate Sources and Non- CO₂ Emissions Sources on Land)							
3 C 1	Emisi dari pembakaran biomasa (<i>Emissions from Biomass Burning</i>)							
3 C 2	Pengapuran (<i>Liming</i>)							
3 C 3	Penggunaan Urea (<i>Urea Application</i>)							
3 C 4	Emisi N ₂ O langsung dari pengelolaan tanah (<i>Direct N₂O Emissions from Managed Soils</i>)							
3 C 5	Emisi N ₂ O tidak langsung dari pengelolaan tanah (<i>Indirect N₂O Emissions from Managed Soils</i>)							
3 C 6	Emisi N ₂ O tidak langsung dari pengelolaan pupuk (<i>Indirect N₂O Emissions from Manure Management</i>)							
3 C 7	Pengelolaan sawah (<i>Rice</i>)							

Lampiran 1. Lanjutan

KATEGORI EMISI DAN SERAPAN GAS RUMAH KACA		Net CO2 (Emisi - Serapan)	CH4	N2 O	HFCs	PFCs	SF6	Gas-gas Lainnya
		(Gg)			CO2 equivalent (Gg)			
	<i>Cultivations</i>)							
3 C 8	Lainnya (<i>Other</i>)							
3 D	Lainnya (<i>Other</i>)							
3 D 1	Produk kayu yang dipanen (<i>Harvested Wood Products</i>)							
3 D 2	Lainnya (<i>Other</i>)							
4	Pengelolaan Limbah (WASTE)							
4 A	Pembuangan Akhir Sampah Padat (<i>Solid Waste Disposal</i>)							
4 B	Pengolahan Limbah Padat secara Biologi (<i>Biological Treatment of Solid Waste</i>)							
4 C	Insinerator dan Pembakaran Sampah Secara Terbuka (<i>Incineration and Open Burning of Waste</i>)							
4 D	Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah (<i>Wastewater Treatment and Discharge</i>)							
4 E	Lainnya (<i>Other</i>)							
5	Lainnya (<i>Other</i>)							
5 A	N2O dihasilkan dari Deposisi NOx dan NH3 - Denitrifikasi (<i>Indirect N2O</i>)							
5 B	Lainnya (<i>Other</i>)							
International Bunkers:								
	International Aviation							
	International Water-borne Transport							
	Multilateral Operations							

Lampiran 2A. Tabel Kecenderungan (*Trends*) CO2

Kode	Kategori	Tahun					
		2000	2001	2002	2003	2005	...
1	PENGADAAN DAN PENGGUNAAN ENERGI (ENERGY)						
1 A	Kegiatan Pembakaran Bahan Bakar (<i>Fuel Combustion Activities</i>)						
1 A 1	Industri Penghasil Energi (<i>Energy Industries</i>)						
1 A 2	Industri Manufaktur dan Konstruksi (<i>Manufacturing Industries and Construction</i>)						
1 A 3	Transportasi (<i>Transport</i>)						
1 A 4	Sektor lainnya (<i>Other Sectors</i>)						
1 A 5	Lain lain (<i>Non-Specified</i>)						
1 B	Emisi Fugitive (<i>Fugitive Emissions from Fuels</i>)						
1 B 1	Bahan bakar padat (<i>Solid Fuels</i>)						
1 B 2	Minyak bumi dan gas alam (<i>Oil and Natural Gas</i>)						
1 B 3	Other Emissions from Energy Production						
1 C	Transportasi dan Penyimpanan Karbondioksida (<i>Carbon Dioxide Transport and Storage</i>)						
	...dan seterusnya ...						
	Total Emisi dan Serapan Gas Rumah Kaca						

Lampiran 2B. Tabel Kecenderungan (Trends) CH₄

Kode	Kategori	Tahun					
		2000	2001	2002	2003	2005	...
1	PENGADAAN DAN PENGGUNAAN ENERGI (ENERGY)						
1 A	Kegiatan Pembakaran Bahan Bakar (<i>Fuel Combustion Activities</i>)						
1 A 1	Industri Penghasil Energi (<i>Energy Industries</i>)						
1 A 2	Industri Manufaktur dan Konstruksi (<i>Manufacturing Industries and Construction</i>)						
1 A 3	Transportasi (<i>Transport</i>)						
1 A 4	Sektor lainnya (<i>Other Sectors</i>)						
1 A 5	Lain lain (<i>Non-Specified</i>)						
1 B	Emisi Fugitive (<i>Fugitive Emissions from Fuels</i>)						
1 B 1	Bahan bakar padat (<i>Solid Fuels</i>)						
1 B 2	Minyak bumi dan gas alam (<i>Oil and Natural Gas</i>)						
1 B 3	Other Emissions from Energy Production						
	...dan seterusnya ...						
	Total Emisi dan Serapan Gas Rumah Kaca						

Lampiran 2C. Tabel Kecenderungan (*Trends*) N₂O

Kode	Kategori	Tahun					
		2000	2001	2002	2003	2005	...
1	PENGADAAN DAN PENGGUNAAN ENERGI (ENERGY)						
1 A	Kegiatan Pembakaran Bahan Bakar (<i>Fuel Combustion Activities</i>)						
1 A 1	Industri Penghasil Energi (<i>Energy Industries</i>)						
1 A 2	Industri Manufaktur dan Konstruksi (<i>Manufacturing Industries and Construction</i>)						
1 A 3	Transportasi (<i>Transport</i>)						
1 A 4	Sektor lainnya (<i>Other Sectors</i>)						
1 A 5	Lain lain (<i>Non-Specified</i>)						
1 B	Emisi Fugitive (<i>Fugitive Emissions from Fuels</i>)						
1 B 1	Bahan bakar padat (<i>Solid Fuels</i>)						
1 B 2	Minyak bumi dan gas alam (<i>Oil and Natural Gas</i>)						
1 B 3	Other Emissions from Energy Production						
	...dan seterusnya ...						
	Total Emisi dan Serapan Gas Rumah Kaca						

Lampiran 2D. Tabel Kecenderungan (*Trends*) HFCs (CO₂ equivalent (Gg))

Kode	Kategori	Tahun					
		2000	2001	2002	2003	2005	...
2	PROSES INDUSTRI DAN PENGGUNAAN PRODUK (INDUSTRIAL PROCESSES AND PRODUCT USE)						
2A	Industri Minaeral (<i>Mineral Industry</i>)						
2 A 1	Produksi semen (<i>Cement Production</i>)						
2 A 2	Produksi lime (<i>Lime Production</i>)						
2 A 3	Produksi kaca (<i>Glass Production</i>)						
2 A 4	Proses produksi industri lainnya yang menggunakan karbonat (<i>Other Process Uses of Carbonates</i>)						
2 A 5	Lainnya (<i>Other</i>)						
2 B	Industri Kimia (<i>Chemical Industry</i>)						
2 B 1	Produksi amonia (<i>Ammonia Production</i>)						
2 B 2	Produksi asam nitrat (<i>Nitric Acid Production</i>)						
2 B 3	Produksi Asam Adipic (<i>Adipic Acid Production</i>)						
	...dan seterusnya ...						
	Total Emisi dan Serapan Gas Rumah Kaca						

Lampiran 2E. Tabel Kecenderungan (*Trends*) PFCs (CO₂ equivalent (Gg))

Kode	Kategori	Tahun					
		2000	2001	2002	2003	2005	...
2	PROSES INDUSTRI DAN PENGGUNAAN PRODUK (INDUSTRIAL PROCESSES AND PRODUCT USE)						
2A	Industri Minaeral (<i>Mineral Industry</i>)						
2 A 1	Produksi semen (<i>Cement Production</i>)						
2 A 2	Produksi lime (<i>Lime Production</i>)						
2 A 3	Produksi kaca (<i>Glass Production</i>)						
2 A 4	Proses produksi industri lainnya yang menggunakan karbonat (<i>Other Process Uses of Carbonates</i>)						
2 A 5	Lainnya (<i>Other</i>)						
2 B	Industri Kimia (<i>Chemical Industry</i>)						
2 B 1	Produksi amonia (<i>Ammonia Production</i>)						
2 B 2	Produksi asam nitrat (<i>Nitric Acid Production</i>)						
2 B 3	Produksi Asam Adipic (<i>Adipic Acid Production</i>)						
	...dan seterusnya ...						
	Total Emisi dan Serapan Gas Rumah Kaca						

Lampiran 2F. Tabel Kecenderungan (*Trends*) SF₆ (CO₂ equivalent (Gg)

Kode	Kategori	Tahun					
		2000	2001	2002	2003	2005	...
2	PROSES INDUSTRI DAN PENGGUNAAN PRODUK (INDUSTRIAL PROCESSES AND PRODUCT USE)						
2A	Industri Minaeral (<i>Mineral Industry</i>)						
2 A 1	Produksi semen (<i>Cement Production</i>)						
2 A 2	Produksi lime (<i>Lime Production</i>)						
2 A 3	Produksi kaca (<i>Glass Production</i>)						
2 A 4	Proses produksi industri lainnya yang menggunakan karbonat (<i>Other Process Uses of Carbonates</i>)						
2 A 5	Lainnya (<i>Other</i>)						
2 B	Industri Kimia (<i>Chemical Industry</i>)						
2 B 1	Produksi amonia (<i>Ammonia Production</i>)						
2 B 2	Produksi asam nitrat (<i>Nitric Acid Production</i>)						
2 B 3	Produksi Asam Adipic (<i>Adipic Acid Production</i>)						
2 B 4	Produksi asam Caprolactam, Glyoxal and Glyoxylic (<i>Caprolactam, Glyoxal and Glyoxylic Acid Production</i>)						
	--dan seterusnya						
	Total Emisi dan Serapan Gas Rumah Kaca						

Lampiran 2G. Tabel Kecenderungan (*Trends*) Gas-gas Lainnya (Gg)

Kode	Kategori	Tahun					
		2000	2001	2002	2003	2005	...
2	PROSES INDUSTRI DAN PENGGUNAAN PRODUK (INDUSTRIAL PROCESSES AND PRODUCT USE)						
2A	Industri Minaeral (<i>Mineral Industry</i>)						
2 A 1	Produksi semen (<i>Cement Production</i>)						
2 A 2	Produksi lime (<i>Lime Production</i>)						
2 A 3	Produksi kaca (<i>Glass Production</i>)						
2 A 4	Proses produksi industri lainnya yang menggunakan karbonat (<i>Other Process Uses of Carbonates</i>)						
2 A 5	Lainnya (<i>Other</i>)						
2 B	Industri Kimia (<i>Chemical Industry</i>)						
2 B 1	Produksi amonia (<i>Ammonia Production</i>)						
2 B 2	Produksi asam nitrat (<i>Nitric Acid Production</i>)						
2 B 3	Produksi Asam Adipic (<i>Adipic Acid Production</i>)						
2 B 4	Produksi asam Caprolactam, Glyoxal and Glyoxylic (<i>Caprolactam, Glyoxal and Glyoxylic Acid Production</i>)						
 dan seterusnya						
	Total Emisi dan Serapan Gas Rumah Kaca						

Lampiran 3. Tabel Ketidakpastian (*Uncertainties*)

Kategori IPCC	Gas	Tahun dasar emisi/serapan (<i>Base year emission or removal</i>)	Emisi/Serapan Tahun ke-t (<i>Year t emission or removal</i>)	Ketidakpastian Data Aktivitas (<i>Activity Data uncertainty</i>)		Ketidakpastian Faktor Emisi/Parameter (<i>Emission factor/estimation parameter uncertainty</i>)		Gabungan Ketidakpastian (<i>Combined Uncertainty</i>)		Kontribusi terhadap varian pada tahun-t (<i>Contribution to variance in Year-t</i>)	Trend inventarisasi tahun-t terhadap tahun dasar (<i>Inventory trend in national emissions for year-t increase with respects to base year</i>)	Trend ketidakpastian tahun-t terhadap tahun dasar (<i>Uncertainty trend in national emissions for year-t increase with respects to base year</i>)		Pendekatan dan Keterangan
		Gg CO2 eq.	Gg CO2 eq.	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(fraksi)	(% dari tahun dasar (base year))	(-) %	(+) %	
1.A.1 Energy Industries Fuel 1	CO2													
1.A.1 Energy Industries Fuel 1	CO2													
dan seterusnya														
Total														

Lampiran 4. Tabel Ringkasan Analisis Kategori Kunci

Kode Kategori IPCC	Kategori IPCC	Jenis Gas Rumah Kaca	Kriteria Identifikasi	Keterangan