KATA PENGANTAR

Pertama-tama, marilah kita panjatkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa, dengan telah tersusunnya "Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional".

Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional disusun dalam kerangka pelaksanaan Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca dan Peraturan Presiden Nomor 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional.

Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional terdiri dari 2 (dua) Buku, yaitu Buku I Pedoman Umum dan Buku II Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi dan Serapan Gas Rumah Kaca. Buku I berisikan informasi tentang prinsip-prinsip dasar, proses dan tahapan-tahapan penyelenggaraan inventarisasi gas rumah kaca nasional, dimulai dari tahap perencanaan, pelaksanaan, pemantauan dan evaluasi serta pelaporan.

Buku II, berisikan metodologi pelaksanaan inventarisasi emisi dan serapan gas rumah kaca, yang mencakup deskripsi mengenai tipe/jenis dan kategori sumber-sumber emisi gas rumah kaca, data aktivitas dan faktor emisi yang diperlukan dan bagaimana menyediakannya, serta metodologi dan langkah-langkah penghitungan tingkat emisi gas rumah kaca dengan menggunakan format dan template pelaporan.

Buku II terdiri dari 4 (empat) Volume, yaitu sebagai berikut:

1. Volume 1 : Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi;

2. Volume 2 : Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Proses Industri dan Penggunaan Produk;

3. Volume 3 : Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Pertanian, Kehutanan, dan Penggunaan Lahan Lainnya;

4. Volume 4 : Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Pengelolaan Limbah.

Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional diharapkan akan menjadi kekuatan untuk keberhasilan pencapaian penurunan emisi GRK dalam kerangka pelaksanaan Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi GRK dan Peraturan Presiden Nomor 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional.

Jakarta, Juli 2012

Deputi Menteri Negara Lingkungan Hidup
Bidang Pengendalian Kerusakan Lingkungan
dan Perubahan Iklim,

Arief Yuwono

SAMBUTAN
MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP

Pemerintah Indonesia telah menyampaikan komitmen terkait perubahan iklim. Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) Tahun 2009-2014 telah menetapkan prioritas pembangunan pengelolaan lingkungan hidup yang diarahkan pada "Konservasi dan pemanfaatan lingkungan hidupmendukung pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan yang berkelanjutan, disertai penguasaan dan pengelolaan resiko bencana untuk mengantisipasi perubahan iklim".

Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup telah memandatkan bahwa dalam melakukan pemeliharaan lingkungan hidup, diperlukan upaya diantaranya dengan cara pelestarian fungsi atmosfer melalui upaya mitigasi dan adaptasi perubahan iklim.

Dalam rangka kebijakan penurunan emisi gas rumah kaca sebesar 26% dari *bussiness as usual* pada tahun 2020, telah diterbitkan Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca dan Peraturan Presiden Nomor 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional.

Kebijakan penurunan emisi gas rumah kaca tersebut memerlukan percepatan dalam pelaksanaannya. Koordinasi dan sinergi antar pemangku kepentingan di tingkat pusat dan daerah, serta pemantauan dan evaluasi secara berkala diperlukan untuk mengetahui perkembangan pelaksanaan kebijakan penurunan emisi gas rumah kaca.

Penyusunan Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional bertujuan untuk menyediakan informasi secara berkala mengenai tingkat, status dan kecenderungan perubahan emisi dan serapan gas rumah kaca termasuk simpanan karbon di tingkat nasional dan daerah (Provinsi dan Kabupaten/Kota), serta informasi pencapaian penurunan emisi gas rumah kaca dari kegiatan mitigasi perubahan iklim.

Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional ini selanjutnya akan menjadi pedoman di tingkat pusat dan daerah (Provinsi dan Kabupaten/Kota) dalam pelaksanaan dan pengkoordinasian inventarisasi gas rumah kaca, yang melibatkan para pemangku kepentingan dari unsur Pemerintah, Dunia Usaha dan Masyarakat.

Jakarta, Juli 2012

Menteri Negara Lingkungan Hidup,

Prof. Dr. Balthasar Kambuaya, MBA

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR i
SAMBUTAN iii
DAFTAR ISI v
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR LAMPIRAN xiii
I. PENDAHULUAN 1
1.1 Kategori Sumber dan Jenis Emisi Gas Rumah Kaca 1
1.2 Jenis Emisi Gas Rumah Kaca 5
1.3 Garis besar metodologi 9
1.3.1 Pendekatan Umum Penghitungan Tingkat Emisi GRK 9
1.3.2 Tier (Tingkat Ketelitian) 9
1.3.3 Penghitungan Tingkat Emisi GRK 10
1.4 Kelengkapan Inventarisasi dan Penyusunan Data Time Series Yang Konsisten 11
1.4.1 Kelengkapan Inventarisasi 11
1.4.2 Penyusunan Data Time Series Yang Konsisten, Tahun Dasar, dan *Baseline* 11
1.4.3 Tahun Dasar (Base Year) dan *Baseline* 11
1.4.4 Analisis Ketidakpastian Data Aktivitas dan Faktor Emisi 12
1.5 Penjaminan dan Pengendalian Mutu (QA/QC) dan Pelaporan dan Pengarsipan 12
1.5.1 Penjaminan dan Pengendalian Mutu (QA/QC) 12
1.5.2 Pelaporan dan Pengarsipan 14
1.5.3 Referensi Sumber Data dan Pengelolaan Data 14
II. EMISI GAS RUMAH KACA INDUSTRI MINERAL 17
2.1 Produksi Semen 17
2.1.1 Deskripsi Kategori 17
2.2 Produksi Kapur 23
2.2.1 Deskripsi proses 23
2.3 Produksi Kaca/Gelas 28
2.3.1 Deskripsi Proses 28
2.3.2 Data yang diperlukan 28

2.4. Proses lain yang menggunakan Karbonat 32
2.4.1 Deskripsi Proses 32
2.4.2 Data yang dibutuhkan 32
III. EMISI GAS RUMAH KACA DARI INDUSTRI KIMIA 35
3.1. Produksi Amonia 35
3.1.1.Deskripsi Kategori 35
3.1.2 Data yang diperlukan 36
3.2. Produksi Asam Nitrat (HNO_3) 39
3.2.1 Deskripsi Kategori 39
3.2.2 Data yang diperlukan 39
3.3. Produksi Asam Adipat 42
3.3.1 Deskripsi Kategori 42
3.3.2 Data yang diperlukan 42
3.4. Produksi *Caprolactam*, *Asam Glyoxal* dan *Glyoxylic* 44
3.4.1 Deskripsi Kategori 44
3.4.2 Data yang diperlukan 45
3.5. Produksi Karbida 47
3.5.1 Deskripsi Kategori 47
3.5.2 Data yang diperlukan 47
3.6. Produksi Titanium Dioksida 51
3.6.1 Deskripsi Kategori 51
3.6.2 Data yang diperlukan 51
3.7. Produksi Soda Abu 53
3.7.1 Deskripsi Kategori 53
3.7.2 Data yang diperlukan 53
3.8. Produksi Petrokimia dan *Black Carbon* 55
3.8.1 Deskripsi Kategori 55
3.8.2 Data yang diperlukan 55
3.9. Produksi *Fluorochemical* 67
3.9.1 Deskripsi Kategori 67
3.9.2 Data yang diperlukan 67
3.10. Emisi dari Produksi Senyawa Terfluorinasi Lain 73

3.10.1 Deskripsi Kategori 73
3.10.2 Data yang diperlukan 73
IV. EMISI GAS RUMAH KACA DARI INDUSTRI LOGAM 75
4.1. Produksi Besi dan Baja 75
4.1.1 Deskripsi Kategori 75
4.1.2 Data yang diperlukan 75
4.2. Produksi Ferroalloys 85
4.2.1 Deskripsi Kategori 85
4.2.2 Data yang diperlukan 85
4.4. Produksi Magnesium 100
4.4.1 Deskripsi Kategori 100
4.4.2 Data yang diperlukan 100
4.5. Produksi Timbal 104
4.5.1 Deskripsi Kategori 104
4.5.2 Data yang diperlukan 104
4.6. Produksi Seng 107
4.6.1 Deskripsi Kategori 107
4.6.2 Data yang diperlukan 107
V. EMISI GAS RUMAH KACA DARI PENGGUNAAN PRODUK NON-ENERGI BENTUKAN BAHAN BAKAR DAN PELARUT 111
5.1. Penggunaan Pelumas 111
5.1.1 Deskripsi Kategori 111
5.1.2 Data yang diperlukan 111
5.2. Penggunaan Lilin (Paraffin) 115
5.2.1 Deskripsi Kategori 115
5.2.2 Data yang diperlukan 115
VI. EMISI GAS RUMAH KACA DARI INDUSTRI ELEKTRONIK 119
6.1 *Etching* dan Pembersihan CVD Semikonduktor, Display Kristal Cair, dan Fotovoltaik 119
6.1.1 Deskripsi Kategori 119
6.1.2 Data yang diperlukan 119
6.2. Fluida Pemindah Panas 131
6.2.1 Deskripsi Kategori 131

6.2.2 Data yang diperlukan 131
VII. EMISI GAS RUMAH KACA DARI PRODUK YANG DIGUNAKAN SEBAGAIPENGGANTI BAGI PENIPISAN OZON 135
7.1 Ozone Depletion Substances (ODS) 135
7.1.1 Deskripsi Kategori 135
7.2. Pelarut (Non-Aerosol) 138
7.2.1 Deskripsi Kategori 138
7.2.2 Data yang diperlukan 138
7.3. Aerosol (Propelan Dan Pelarut) 141
7.3.1 Deskripsi Kategori 141
7.3.2 Data yang diperlukan 141
7.4. Agen Busa Peniup (*Foam Blowing Agents*) 144
7.4.1 Deskripsi Kategori 144
7.4.2 Data yang diperlukan 144
7.5. Pendinginan dan Penyejuk Udara (*Refrigerant*) 145
7.5.1 Deskripsi Kategori 145
7.5.2 Data yang diperlukan 146
7.6. Perlindungan Kebakaran 150
7.6.1 Deskripsi Kategori 150
7.7. Aplikasi Lainnya 151
VIII. EMISI GAS RUMAH KACA DARI PRODUKSI DAN PENGGUNAAN PRODUK LAINNYA 155
8.1. Peralatan Listrik 155
8.1.1 Deskripsi Kategori 155
8.2. SF_6 dan PFC dari Penggunaan Produk Lainnya 165
8.2.1 Deskripsi Kategori 165
DAFTAR PUSTAKA 170
LAMPIRAN 1 171
LAMPIRAN 2 183
LAMPIRAN 3 197

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada produksi Semen 17
Tabel 2.2 Angka default untuk faktor emisi karbonat dari IPCC Guidelines 2006 20
Tabel 2.3 Fraksi klinker dan komposisi pembuatnya dari IPCC Guidelines 2006 21
Tabel 2.4 Contoh perhitungan emisi GRK dari kegiatan IPPU 22
Tabel 2.5 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER sektor produksi kapur 23
Tabel 2.6 Default faktor emisi, rasio stoikiometri dan kandungan CaO, CaO-MgO 26
Tabel 2.7 Contoh perhitungan tingkat emisi GRK dari produksi kapur 27
Tabel 2.9 Faktor emisi default dan rasio cullet per jenis kaca 30
Tabel 2.10 Contoh perhitungan tingkat emisi GRK dari produksi kapur 31
Tabel 2.11 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi yang menggunakan karbonat 32
Tabel 3.1 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Amonia 36
Tabel 3.2 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Asam Nitrat (HNO_3) 39
Tabel 3.3 Worksheet contoh perhitungan emisi N2O dari produksi asam nitrat 41
Tabel 3.4 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Asam Adipat 42
Tabel 3.5 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Caprolactam, Asam Glyoxal dan Glyoxylic 45
Tabel 3.6 Angka default untuk produksi Glyoxal dan Asam Clyoxylic 46
Tabel 3. 7 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Karbida 47
Tabel 3.8 Faktor Default untuk Emisi CO_2 dan CH_4 dari Produksi Silicon Karbit 50
Tabel 3.9 Worksheet cotoh hasil perhitungan sektor produksi karbida 50
Tabel 3.10 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Titanium Oksida 51
Tabel 3.11 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Soda abu 53
Tabel 3.12 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Petrokimia dan Black Carbon 55
Tabel 4.1 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Besi dan Baja 75

Tabel 4.2 Worksheet contoh perhitungan emisi CO2 dari sektor produksi besi dan baja 84
Tabel 4.3 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Ferroalloy 85
Tabel 4.4 Worksheet contoh perhitungan emisi CO_2 dari sektor produksi Ferroalloy 90
Tabel 4.5 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Aluminium 92
Tabel 4.6 Worksheet contoh perhitungan emisi CO_2 dari sektor produksi aluminium 95
Tabel 4.7 Worksheet contoh perhitungan emisi CF4 dari sektor produksi aluminium 98
Tabel 4.8 Worksheet contoh perhitungan emisi C_2F_6 dari sektor produksi aluminium 99
Tabel 4.9 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Magnesium 100
Tabel 4.10 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Timbal 104
Tabel 4.11 Worksheet contoh perhitungan emisi CO2 dari sektor produksi Timbal 106
Tabel 4.12 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Seng 107
Tabel 4.13 Worksheet contoh perhitungan emisi CO_2 dari sektor produksi seng 109
Tabel 5.1 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Pelumas 111
Tabel 5.2 Worksheet contoh perhitungan emisi CO2 dari sektor penggunaan pelumas 114
Tabel 5.3 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Lilin (Paraffin) 115
Tabel 5.4 Worksheet contoh perhitungan emisi CO_2 dari sektor penggunaan Lilin 117
Tabel 6.1 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor Etching dan Pembersihan CVD Semikonduktor, Display Kristal Cair, dan Fotovoltaik 119
Tabel 6.2 Faktor emisi senyawa fluorinated dari proses silika 127
Tabel 6.3 Worksheet perhitungan emisi senyawa fluorinated dari IC dan semikonduktor 127
Tabel 6.4 Faktor emisi senyawa fluorinated TFT Flat Panel Display 128
Tabel 6.5 Worksheet perhitungan emisi senyawa fluorinated dari TFT Flat Panel Display 129
Tabel 6.6 Faktor emisi senyawa fluorinated untuk Photovoltaics 129

Tabel 6.7 Worksheet perhitungan emisi senyawa fluorinated dari Photovoltaics 130
Tabel 6.8 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor Fluida Pemindah Panas 131
Tabel 6.9 Faktor emisi senyawa fluorinated kategori fluida pemindah panas .133
Tabel 6.10 Worksheet perhitungan emisi senyawa fluorinated dari sektor Fluida pemindah Panas 134
Tabel 7.1 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor senyawa penipis ozon 135
Tabel 7.2 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor Pelarut non-aerosol)....138
Tabel 7.3 Worksheet perhitungan emisi HFC dari sektor pelarut....140
Tabel 7.4 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor Aerosol 141
Tabel 7.5 Worksheet perhitungan emisi HFC dari sektor Aerosol....142
Tabel 7.6 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor agen busa peniup 144
Tabel 7.7 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor penyejuk udara 146
Tabel 7.8 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor perlindungan kebakaran....150
Tabel 7.9 Worksheet perhitungan emisi HFC dari aplikasi lainnya....153
Tabel 8.1 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor Peralatan listrik 155
Tabel 8.2 Worksheet perhitungan emisi SF6 dari sektor peralatan elektronik164
Tabel 8.3 Faktor emisi SF6 dari peralatan elektronik....164
Tabel 8.4 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor dari penggunaan produk lainnya....165
Tabel 8.5 Worksheet perhitungan emisi SF_6 dan PFCs dari penggunaan produk lainnya....168

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Pengelompokan Inventarisasi emisi Gas Rumah Kaca dari Kegiatan Industri	2
Gambar 1. 2	Kategori Sumber emisi sektor IPPU	3
Gambar 1. 3	Sub-Kategori Sumber Emisi dari Industri Mineral	3
Gambar 1. 4	Sub-Kategori Sumber Emisi dari Industri Kimia	3
Gambar 1. 5	Sub-Kategori sumber emisi dari produksi petrokimia dan carbon black	4
Gambar 1. 6	Sub-Kategori sumber emisi dari Industri Logam	4
Gambar 1. 7	Sub-Kategori Sumber emisi dari Penggunaan Produk Bahan Bakar Non-energi dan Pelarut	4
Gambar 1. 8	Sub-Kategori sumber emisi dari Industri Elektronika	4
Gambar 1. 9	Sub-kategori sumber emisi dari Penggunaan Produk Pengganti ODS	5
Gambar 1. 10	ub-kategori sumber emisi dari pembuatan produk lainnya dan penggunaannya	5
Gambar 1. 11	Sub-kategori sumber emisi dari proses industri lain-lain	5

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.1 Deskripsi Kategori Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Proses Industri dan Penggunaan Produk 172

Lampiran 2.1 Tabel Sektoral Kegiatan Proses Industri dan Penggunaaan Produk 184

Lampiran 2.2 Tabel Basis Data Sektor: 2A Industri Mineral (Mineral Industry), 2B(2B1-2B8, 2B10) Industri Kimia (Chemical Industry) - CO2, CH4 and N2O 186

Lampiran 2.3 Tabel Basis Data Sektor: 2B (2B9 - 2B10) Industri Kimia (Chemical Industry) HFCs, PFCs, SF6 dan gas halogenasi lainnya 187

Lampiran 2.4 Tabel Basis Data Sektor: 2C Industri Logam (Metal Industry) CO_2, CH_4 and N_2O 188

Lampiran 2.5 Tabel Basis Data Sektor: 2C (2C3, 2C4, 2C7) Industri Logam (Metal Industry) HFCs, PFCs, SF6 dan gas halogenasi lainnya 189

Lampiran 2.6 Tabel Basis Data Sektor: 2D Produk non-energi (Non-Energy Products) dari penggunaan bahan bakar dan pelarut, CO_2, CH_4 dan N_2O 190

Lampiran 2.7 Tabel Basis Data Sektor: 22E Industri Elektronik (Electronics Industry) HFCs, PFCs, SF_6, NF_3 dan gas halogenasi lainnya 191

Lampiran 2.8 Tabel Basis Data Sektor: 2F Penggunaan produk sebagai pengganti bahan penipis ozon (Product Uses as Substitutes for Ozone Depleting Substances) HFCs, PFCs dan gas halogenasi lainnya 192

Lampiran 2.9 Basis Data Sektor: 2G (2G1, 2G2, 2G4) Produk manufaktur 193

Lampiran 2.10 Basis Data Sektor: 2G (2G3, 2G4) Produk manufaktur lainnya dan penggunaannya (Other Product Manufacture and Use) – N_2O, CO_2 dan CH_4 194

Lampiran 2.11 Basis Data Sektor: 2H Lainnya 194

Lampiran 2.12 Basis Data Sektor: Gas rumah kaca tanpa faktor konversi CO_2 ekivalen 195

Lampiran 3.1 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor industri mineral, kategori 2A1 - Produksi semen 198

Lampiran 3.2 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor industri mineral, kategori 2A2 - Produksi kapur 199

Lampiran 3.3 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor industri mineral, kategori 2A3 - Produksi kaca 199

Lampiran 3.4 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor industri mineral, kategori 2A4 - proses produksi laimmua yang mengginakan karbonat 200

Lampiran 3.5 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor industri kimia, kategori 2B1 - Produksi amonia 201

Lampiran 3.6 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor industri kimia, kategori 2B2 - Produksi asam nitrat 202
Lampiran 3. 7 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor industri kimia, kategori 2B3 - Produksi asam adipat 202
Lampiran 3.8 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor industri kimia, kategori 2B4 - Produksi Caprolactam, Glyoxal and Glyoxylic Acid 203
Lampiran 3.9 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor industri kimia, kategori 2B5 - Produksi Karbida 203
Lampiran 3.10 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor industri kimia, kategori 2B6 - Produksi Titanium Dioksida 207
Lampiran 3.11 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor industri kimia, kategori 2B6 - Produksi Titanium Dioksida 207
Lampiran 3.12 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor industri kimia, kategori 2B8 - Produksi Petrokimia dan Blackcarbon 209
Lampiran 3.13 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor industri kimia, kategori 2B9 - Produksi Fluorochemical 216
Lampiran 3.14 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor industri logam, kategori 2C1 - Produksi Besi dan Baja 218
Lampiran 3.15 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor industri logam, kategori 2C2 - Produksi Ferroalloy 219
Lampiran 3.16 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor industri logam, kategori 2C3 - Produksi Aluminium 220
Lampiran 3.17 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor industri logam, kategori 2C4 - Produksi Magnesium 222
Lampiran 3.18 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor industri logam, kategori 2C5 - Produksi Timbal 223
Lampiran 3.19 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor industri logam, kategori 2C6 - Produksi Seng 223
Lampiran 3.20 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor Penggunaan produk bahan bakar non-energi dan pelarut , kategori 2D1 – Penggunaan pelumas 224
Lampiran 3.21 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor Penggunaan produk bahan bakar non-energi dan pelarut , kategori 2D1 – Penggunaan Lilin (wax) 224
Lampiran 3.22 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor industri elektronik , kategori 2E1 – Integrated Circuit (IC) atau Semikonduktor 225
Lampiran 3.23 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor industri elektronik , kategori 2E2 – TFT Flat Panel Display 226
Lampiran 3.24 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor industri elektronik , kategori 2E3 – Photovoltaics 227

Lampiran 3.25 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor industri elektronik , kategori 2E3 – Fluida Pemindah Panas (Heat Transfer Fluid) 228
Lampiran 3. 26 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor penggunaan produk pengganti zat-zat yang menipiskan lapisan ozon (ODS) , kategori 2F4 – Aerosol 229
Lampiran 3. 27 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor penggunaan produk pengganti zat-zat yang menipiskan lapisan ozon (ODS) , kategori 2F5 – Pelarut (solvent)..... 230
Lampiran 3. 28 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor penggunaan produk pengganti zat-zat yang menipiskan lapisan ozon (ODS) , kategori 2F6 – Penggunaan lainnya..... 231
Lampiran 3. 29 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor Pembuatan produk lain dan penggunaannya , kategori 2G1 – Peralatan Listrik..... 232
Lampiran 3. 30 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor Pembuatan produk lain dan penggunaannya , kategori 2G2 – SF_6 dan PFCs dari penggunaan produk lainnya 235
Lampiran 3. 31 Lembar kerja (worksheet) perhitungan emisi GRK dari sektor Pembuatan produk lain dan penggunaannya , kategori 2G3 – N_2O dari penggunaan produk 239

I. PENDAHULUAN

Bagian ini mencakup (i) kategori sumber-sumber utama emisi gas-gas rumah kaca (GRK)dan jenis emisi GRK dari masing-masing kegiatan terkait proses industri dan penggunaan produk (IPPU), (ii) metodologi, (iii) kelengkapan inventarisasi dan penyusunan data *time series* yang konsisten, (iv) analisis ketidakpastian data aktivitas dan faktor emisi, dan (v) penjaminan dan pengendalian mutu (QA/QC), pelaporan, dan pengarsipan, serta (vi) referensi atau sumber-sumber data.

1.1 Kategori Sumber dan Jenis Emisi Gas Rumah Kaca

Pada Sub-bagian ini disampaikan sumber-sumber utama emisi GRK yang tercakup di dalam inventarisasi emisi GRK kegiatan terkait proses industri dan penggunaan produk (*industrial processes and production use*, IPPU). Emisi GRK dari kegiatan IPPU mencakup(i) emisi GRK yang terjadi selama proses/reaksi kimiadi industri, (ii) penggunaan gas-gas kategori GRK di dalam produk, dan (iii) penggunaan karbon bahan bakar fosil untuk kegiatan (non-energi), yaitu bukan untuk penyediaan energi namun untuk kegiatan produksi

Pedoman mengenai penggunaan produk digabung dengan proses industri karena, dalam banyak kasus, data produksi dan export/import dibutuhkan untuk perkiraan emisi pada produk-produk dan juga karena penggunaan produk juga terjadi pada aktivitas industri, selain penggunaan di sektor non-industri (rumah tangga, komersial dan lain-lain). Dengan demikian adanya *double counting* juga dapat terhindarkan.

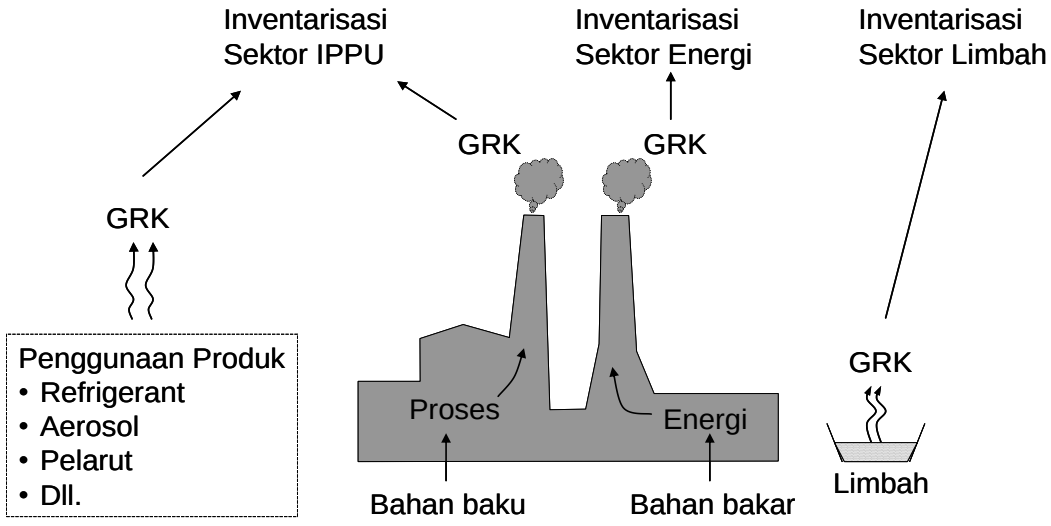
Emisi gas rumah kaca dihasilkan dari berbagai aktivitas industri. Sumber-sumber emisi utama adalah dilepaskannya (gas rumah kaca) dari proses-proses industri yang secara kimiawi atau fisik melakukan transformasi suatu bahan/material menjadi bahan lain (misal *blast furnace* di industri besi dan baja, produksi amonia dan produk-produk kimia lainnya dari bahan baku berupa bahan bakar fosil,serta proses produksi semen). Proses-proses tersebut dapat menghasilkan berbagai gas rumah kaca diantaranya karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), nitrous oksida (N_2O), hidrofluorokarbon (HFC) dan perfluorokarbon (PFC).

Selain itu, gas rumah kaca juga digunakan sebagai bahan baku di dalam produk-produk seperti pada refrigerator, busa atau kaleng aerosol. Sebagai contoh, HFC yang digunakan sebagai alternatif bahan pengganti bahan perusak ozon (BPO) dalam berbagai jenis aplikasi produk. Demikian pula, *sulfur heksafluorida* (SF_6) dan N_2O yang digunakan dalam sejumlah produk yang digunakan dalam industry. Misalnya, SF_6 digunakan dalam beberapa peralatan listrik dan gardu-gardu induk pembangkitan listrik, N_2O digunakan sebagai propelan aerosol dalam produk terutama di industri makanan. Aplikasi lainnya adalah penggunaan bahan-bahan ini

pada akhir siklus – digunakan oleh konsumen (misalnya, SF_6 digunakan di produk sepatu lari, N_2O digunakan selama anestesi, dan lain-lain.

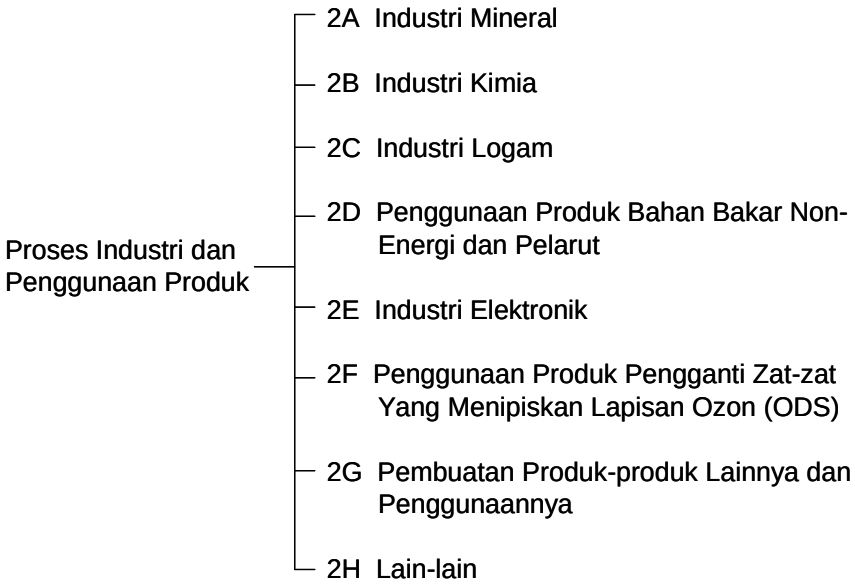
Hal yang dapat dicatat dari penggunaan produk-produk tersebut adalah bahwa, hampir di semua kasus, waktu yang telah lewat (elapse time) sejak produk dibuat hingga GRK terlepas dari produk tersebut cukup lama yaitu dalam masa beberapa minggu (misalnya pada tabung aerosol) hingga beberapa dekade (misalnya pada busa). Dalam beberapa aplikasi (misal pada refrigerant), sebagian dari GRK yang digunakan dapat diambil kembali di titik akhir umur produk tersebut, untuk recycle atau dihancurkan.

Selain dari IPPU, sektor industri juga menghasilkan emisi GRK dari pembakaran bahan bakar untuk keperluan energi dan dari pengolahan limbah. Dalam inventarisasi GRK, emisi dari pembakaran bahan bakar dilaporkan dalam inventarisasi sektor energi sedangkan emisi dari pengolahan limbah dilaporkan dalam inventarisasi sektor limbah. Gambar 1.1 memperlihatkan pengelompokan inventarisasi emisi GRK dari kegiatan sektor industri dan dari penggunaan produk.

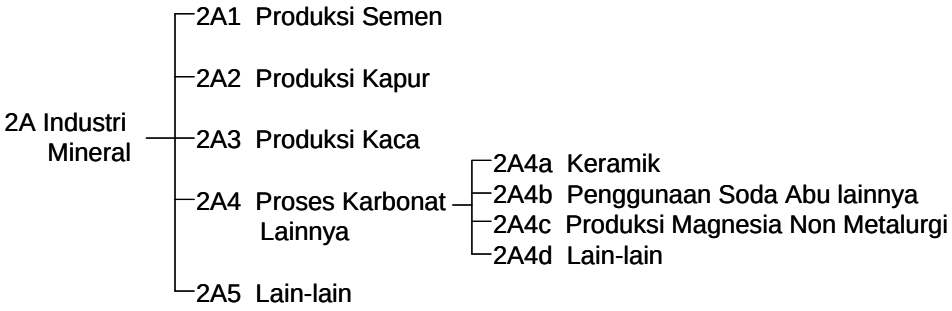


Gambar 1. 1 Pengelompokan Inventarisasi emisi Gas Rumah Kaca dari Kegiatan Industri

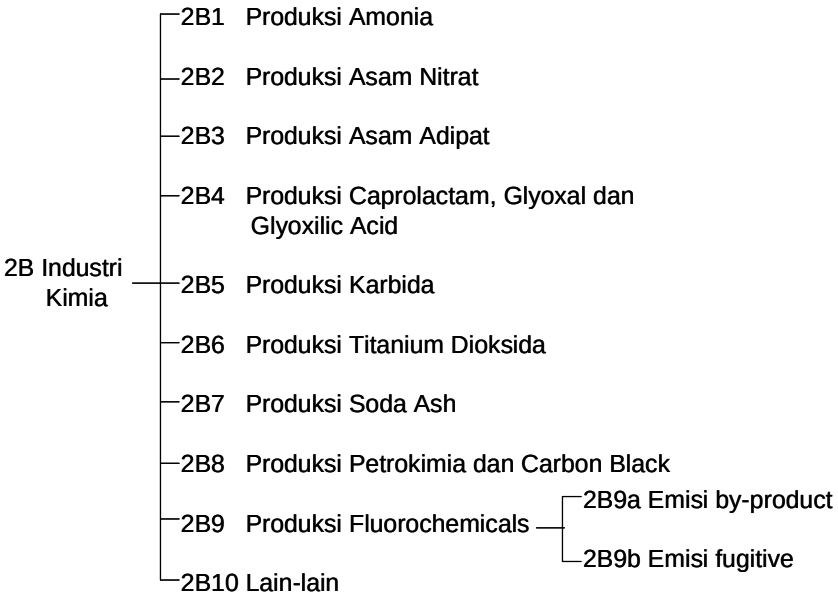
Sumber-sumber emisi dari sektor IPPU dikelompokkan dalam delapan kategori utama sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1.2. Pada masing-masing kategori terdapat sub-kategori sumber emisi sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1.3 hingga Gambar 1.11. Penulisan kode pada gambar-gambar tersebut mengikuti penomoran kelompok industri pada 2006 IPCC Guidelines.



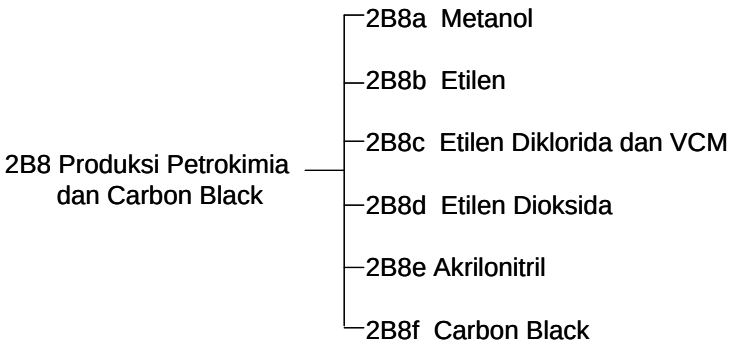
Gambar 1. 2 Kategori Sumber emisi sektor IPPU



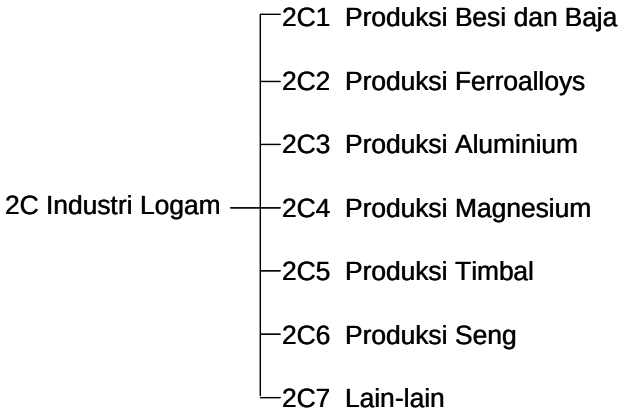
Gambar 1. 3 Sub-Kategori Sumber Emisi dari Industri Mineral



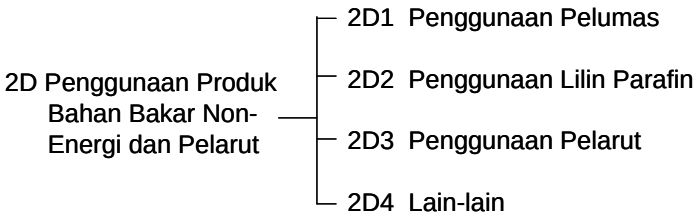
Gambar 1. 4 Sub-Kategori Sumber Emisi dari Industri Kimia



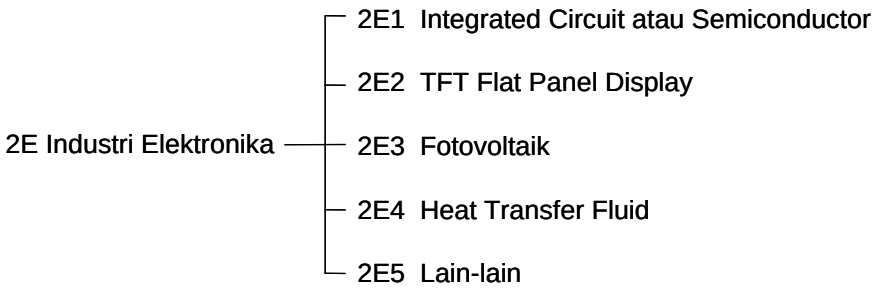
Gambar 1. 5 Sub-Kategori sumber emisi dari produksi petrokimia dan carbon black



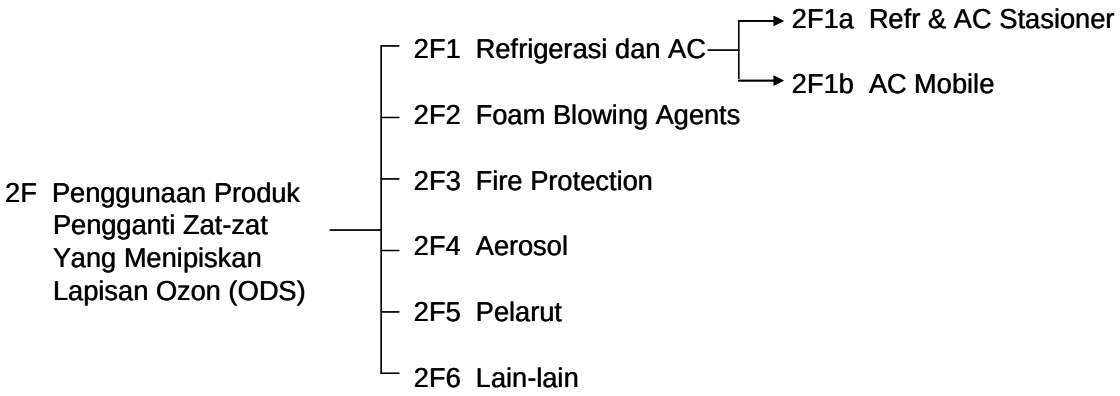
Gambar 1. 6 Sub-Kategori sumber emisi dari Industri Logam



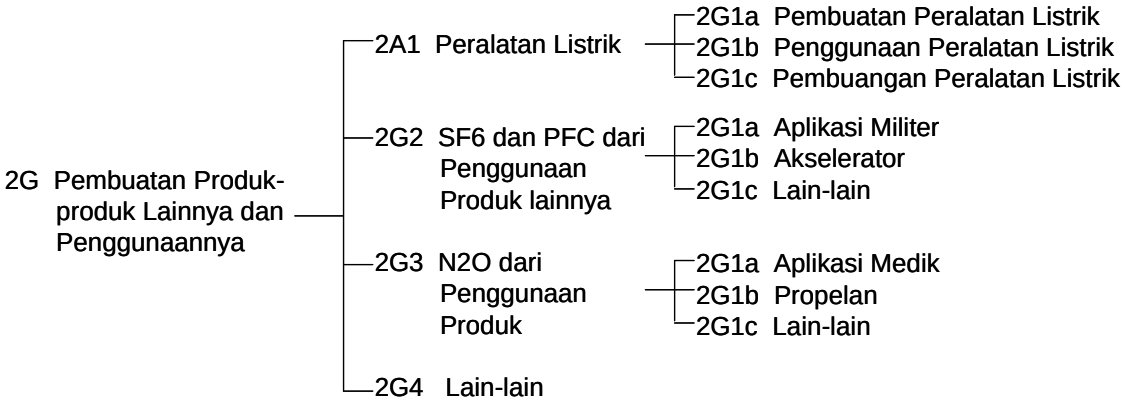
Gambar 1. 7 Sub-Kategori Sumber emisi dari Penggunaan Produk Bahan Bakar Non-energi dan Pelarut



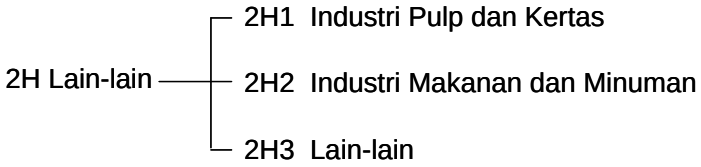
Gambar 1. 8 Sub-Kategori sumber emisi dari Industri Elektronika



Gambar 1. 9 Sub-kategori sumber emisi dari Penggunaan Produk Pengganti ODS



Gambar 1. 10 Sub-kategori sumber emisi dari pembuatan produk lainnya dan penggunaannya



Gambar 1. 11 Sub-kategori sumber emisi dari proses industri lain-lain

1.2 Jenis Emisi Gas Rumah Kaca

Proses-proses yang terjadi di industri sangat beragam dan oleh karena itu jenis emisi GRK dari proses indsutri juga sangat beragam. Tabel 1.1 memperlihatkan jenis GRK yang mungkin diemisikan dari sektor IPPU.

Tabel 1.1 Kategori dan sub-kategori dan Gas Rumah Kaca yang di Emisikan dari sektor Proses Industri dan Penggunaan Produk

Proses Industri dan Penggunaan Produk (IPPU)	CO_2	CH_4	N_2O	HFCs	PFCs	SF_6	Gas-gas lain terhalogenasi
2A. Industri Mineral							
2A1 Produksi Semen	X	*					
2A2: Produksi Kapur	X	*					
2A3: Produksi Kaca	X	*					
2A4: Proses lain yang menggunaan karbonat							
2A4a: Keramik	X	*					
2A4b: Penggunaan lain Soda Abu	X	*					
2A4c: Produksi Non-Metallurgical Mg	X	*					
2A4d: Lainnya	X	*					
2A5: Lainnya	X	*	*				
2B. Industri Kimia							
2B1: Produksi Ammonia	X	*	*				
2B2: Produksi Asam Nitrat	*	*	X				
2B3: Produksi Asam Adipat			X				
2B4: Produksi Caprolactam, Glyoxal and Glyoxylic Acid	*	*	X				
2B5: Produksi Karbida	X	x	*				
2B6: Produksi Titanium Dioksida	X	*	*				
2B7: Produksi Soda Abu	X	*	*				
2B8: Produksi Petrokima/Carbon Black							
2B8a: Methanol	X	x	*				
2B8b: Ethylene	X	x	*				
2B8c: Ethylene Dichloride dan VCM	X	x	*				
2B8d: Ethylene Oxide	X	x	*				
2B8e: Acrylonitrile	X	x	*				
2B8f: Carbon Black	X	x	*				
2B9: Produksi Fluorochemical							
2B9a: Emisi By-product				X	x	x	X
2B9b: Emisi Fugitive				X	x	x	X
2B10: Lainnya	*	*	*	*	*	*	*
2C. Industri Logam							
2C1: Produksi Besi dan Baja	X	x	*				
2C2: Produksi Ferroalloys	X	x	*				
2C3: Produksi Aluminium	X	*			x		
2C4: Produksi Magnesium	X			X	x	x	X
2C5: Produksi Timbal	X						

Tabel 1.1. Lanjutan

Proses Industri dan Penggunaan Produk (IPPU)	CO_2	CH_4	N_2O	HFCs	PFCs	SF_6	Gas-gas lain terhalogenasi
2C6: Produksi Seng	X						
2C7: Lainnya	*	*	*	*	*	*	*
2D. Non-Energy Produk dari Bahan Bakar dan Penggunaan Solvent							
2D1: Penggunaan Pelumas	X						
2D2: Penggunaan Lilin Paraffin	X	*	*				
2D3: Penggunaan Pelarut							
2D4: Lainnya	*	*	*				
2E. Industri Electronik							
2E1: Integrated Circuit/Semiconductor	*		*	X	x	x	X
2E2: TFT Flat Panel Display				X	x	x	X
2E3: Fotovoltaik				X	x	x	X
2E4: Heat Transfer Fluid							X
2E5: Lainnya	*	*	*	*	*	*	*
2F. Penggunaan Produk sebagai Bahan Peluruhan Lapisan Ozon							
2F1: Refrigeran dan AC							
2F1a: Refrigeran dan AC Stasioner	*			X	x		*
2F1b: AC Bergerak (Mobile)	*			X			*
2F2: Foam Blowing Agent	*			X	x		*
2F3: Alat Pemadam Kebakaran	*			X	x		*
2F4: Aerosols				X	x		*
2F5: Pelarut				X	x		*
2F6: Aplikasi lainnya	*	*	*	X	x		*
2G. Pembuatan Produk-produk Lainnya dan Penggunaannya							
2G1: Peralatan Listrik							
2G1a: Pembuatan Peralatan Listrik					x	x	*
2G1b: Penggunaan Peralatan Listrik					x	x	*
2G1c: Pembuangan Peralatan Listrik					x	x	*
2G2: SF6/PFCs Penggunaan Produk Lain							
2G2a: Aplikasi Peralatan Militer					*	x	*
2G2b: Accelerators					*	x	*
2G2c: Lainnya					x	x	*
2G3: N2O dari Penggunaan Produk							
2G3a: Aplikasi Peralatan Medis			X				
2G3b: Propellant untuk Aerosol/ Pendorong			X				
2G3c: Lainnya			X				

Tabel 1.1. Lanjutan

Proses Industri dan Penggunaan Produk (IPPU)	CO_2	CH_4	N_2O	HFCs	PFCs	SF_6	Gas-gas lain terhalogenasi
2G4: Lainnya	*	*		*			*
2H Lainnya							
2H1: Industri Pulp dan Kertas	*	*					
2H2: Industri Makanan dan Minuman	*	*					
2H3: Lainnya	*	*	*				

Catatan :

X = Panduan Metodologinya tersedia dalam IPCC Guideline 2006

* = Kemungkinan emisi dihasilkan, tetapi panduan metodologinya tidak tersedia dalam IPCC Guideline 2006

1.3 Garis besar metodologi

1.3.1 Pendekatan Umum Penghitungan Tingkat Emisi GRK

Penghitungan tingkat emisi GRK untuk kebutuhan inventarisasi emisi GRK pada dasarnya berbasis pada pendekatan umum sebagai persamaan berikut ini

Tingkat Emisi = Data Aktifitas (AD) x Faktor Emisi (EF) …….. 1.1

Data aktivitas (AD) adalah besaran kuantitatifkegiatan manusia (*anthropogenic*) yang melepaskan emisi GRK. Pada kegiatan IPPU, besaran kuantitatif adalah besaran terkait jumlah bahan yang diproduksi atau yang dikonsumsi (misal penggunaan carbonate). Faktor emisi (EF) adalah faktor yang menunjukkan intensitas emisi per unit aktivitas yang bergantung kepada berbagai parameter terkait proses kimia yang terjadi di masing-masing ndustri. Pedoman pengumpulan data aktivitas dan parameter terkait faktor emisi masing-masing kategori industri dijelaskan pada Bab 2 dan selanjutnya.

1.3.2 Tier (Tingkat Ketelitian)

Berdasarkan IPCC 2006 GL, ketelitian penghitungan tingkat emisi GRK dalam kegiatan inventarisasi dikelompokkan dalam 3 tingkat ketelitian yang dikenal sebagai 'Tier'. Tingkat ketelitian perhitungan ini terkait dengan data dan metoda perhitungan yang digunakan sebagaimana dijelaskan berikut ini.

Tier 1: estimasi berdasarkan data aktifitas dan faktor emisi *default IPCC*. Pada Tier 1, estimasi tingkat emisi GRK menggunakan sebagian besar data aktivitas dan parameter faktor emisi default yang tersedia dalam IPCC 2006 GL.

Tier 2: estimasi berdasarkan data aktifitas yang lebih akurat dan faktor emisi *default* IPCC atau faktor emisi spesifik suatu negara atau suatu pabrik (*country specific/plant specific)*. Pada Tier 2, estimasi tingkat emisi GRK menggunakan beberapa parameter default, tetapi membutuhkan data aktifitas dan parameter terkait faktor emisi yang berkualitas.

Tier 3: estimasi berdasarkan metoda spesifik suatu negara dengan data aktifitas yang lebih akurat (pengukuran langsung) dan faktor emisi spesifik suatu negara atau suatu pabrik (*country specific/plant specific)*. Pada Tier 3, estimasi tingkat emisi GRK didasarkan pada data aktivitas spesifik suatu negara (lihat Tier 2) dan menggunakan salah satu metoda dengan parameter kunci yang dikembangkan secara nasional atau pengukuran yang diturunkan dari parameter-parameter spesifik-suatu negara.

Penentuan Tier dalam inventarisasi GRK sangat ditentukan oleh ketersediaan data dan tingkat kemajuan suatu negara atau pabrik/industri dalam hal pelaksanaan penelitian untuk menyusun metodologi atau menentukan faktor emisi spesifik yang berlaku bagi negara/pabrik tersebut. Di Indonesia dan negara-negara non-Annex 1 pada umumnya, inventarisasi GRK menggunakan Tier-1berdasarkan data aktifitas dan faktor emisi default IPCC.

1.3.3 Penghitungan Tingkat Emisi GRK

Metoda penghitungan tingkat emisi GRK dari kegiatan IPPU sangat bergantung kepada proses produksi masing-masing industri dan jenis bahan yang digunakan. Pada pedoman ini, metodologi penghitungan emisi GRK kegiatan IPPU dari masing-masing kategori industri disampaikan pada:

- **Bab II Emisi GRK Industri Mineral** yang berisi metodologi penghitungan tingkat emisi GRK dari proses-proses industri mineral.
- **Bab III Emisi GRK Industri Kimia** yang berisi metodologi penghitungan tingkat emisi GRK dari proses-proses industri kimia.
- **Bab IV Emisi GRK Industri Logam** yang berisi metodologi penghitungan tingkat emisi GRK dari proses-proses industri logam.
- **Bab V Emisi GRK Dari Penggunaan Bahan Bakar dan Pelarut Sebagai Produk Non–Energi** yang berisi metodologi penghitungan tingkat emisi GRK dari Penggunaan Bahan Bakar dan Pelarut (Solven) Sebagai Produk Non–Energi.
- **Bab VI Emisi GRK Industri Elektronika** yang berisi metodologi penghitungan tingkat emisi GRK dari proses-proses industri elektronika.
- **Bab VII Emisi GRK dari Penggunaan Produk Pengganti Zat-zat Yang Menipiskan Lapisan Ozon (ODS)** yang berisi metodologi penghitungan tingkat emisi GRK dari penggunaan produk pengganti zat-zat yang menipiskan lapisan ozon (ozone depleting substance/ODS)
- **Bab VIII Emisi GRK dari Pembuatan dan Penggunaan Produk-produk Lain** yang berisi metodologi penghitungan tingkat emisi GRK pembuatan dan penggunaan produk-produk lainnya
- **Bab IX Emisi GRK Kegiatan Lain-lain**yang berisi metodologi penghitungan tingkat emisi GRK dari kegiatan IPPU yang tidak termasuk dalam Bab II sampai dengan Bab VIII.

1.4 Kelengkapan Inventarisasi dan Penyusunan Data Time Series Yang Konsisten

1.4.1 Kelengkapan Inventarisasi

Inventarisasi emisi GRK dari kegiatan IPPU pada panduan ini mencakup (i) emisi GRK yang terjadi selama proses/reaksi kimia di industri, (ii) penggunaan gas-gas kategori GRK di dalam produk, dan (iii) penggunaan karbon bahan bakar fosil untuk kegiatan (non-energi), yaitu bukan untuk penyediaan energi namun untuk kegiatan produksi sebagaimana yang dicantumkan dalam IPCC 2006 Guideline.

1.4.2 Penyusunan Data Time Series Yang Konsisten, Tahun Dasar, dan *Baseline*

Inventarisasi pada dasarnya disajikan dalam beberapa tahun sebagai data *time series.* Data *time series* yang dibutuhkan dalam menyusun inventarisasi emisi GRK dari kegiatan IPPU sama seperti sumber-sumber emisi lainnya membutuhkan data historis beberapa tahun. Namun, penting untuk menjaga bahwa data-data tersebut tersedia secara konsisten setiap tahun. Apabila, data-data tersebut ada yang tidak tersedia secara konsisten setiap tahunnya sebagai *time series*, maka pendekatan/ metoda rata-rata, ekstrapolasi, dan interpolasi dapat diaplikasikan untuk memperkirakan data-data yang tidak lengkap.

Belakangan, tersedia data faktor emisi dan data aktivitas kegiatan IPPU yang terkait proyek CDM yang dapat digunakan sebagai rujukan data spesifik suatu negara (*country-specific*) meskipun hanya tersedia untuk data-data terbaru dan tidak tersedia untuk data-data historis yang cukup lama. IPCC 2006 Gl menggaris bawahi '**apabila dimungkinkan untuk cenderung menggunakan data spesifik suatu negara (*country-specific*)'**. Jika inventarisasi GRK menggunakan campuran antara angka default IPCC 2006 GL dengan data spesifik suatu negara (*country-specific*) di dalam suatu time series, maka sangatlah penting untuk memeriksa konsistensi data tersebut.

1.4.3 Tahun Dasar (Base Year) dan *Baseline*

Inventarisasi disajikan beberapa tahun sebagai *time series*. Mengingat pentingnya *tracking* kecenderungan emisi tahunan dalam rentang waktu tertentu diperlukan data *time series* konsisten. Time series untuk tahun dasar (*base year*) ditetapkan Kementrian Lingkungan Hidup, yaitu setidaknya 5 (lima) tahun.

Baseline adalah proyeksi tingkat emisi GRK tahunan apabila diasumsikan tidak ada perubahan kondisi dan kebijakan yang mempengaruhi kegiatan IPPU. Baseline tingkat emisi GRK tahunan dimanfaatkan untuk penyusunan upaya-upaya mitigasi perubahan iklim. Penjelasan lebih lanjut mengenai penetapan baseline dapat dilihat pada Buku I.

1.4.4 Analisis Ketidakpastian Data Aktivitas dan Faktor Emisi

Ada dua area ketidakpastian dalam memperkirakan emisi GRK, yaitu (i) ketidakpastian karena metoda yang digunakan dan (ii) ketidakpastian karena data (data aktivitas maupun parameter terkait factor emisi). Tingkat ketidakpastian masing-masing sumber emisi GRK sektor IPPU di setiap jenis industri berbeda-beda sehingga pembahasannya pada Bab 2 dan seterusnya.

1.5 Penjaminan dan Pengendalian Mutu (QA/QC) dan Pelaporan dan Pengarsipan

1.5.1 Penjaminan dan Pengendalian Mutu (QA/QC)

Ada baiknya apabila dilakukan dokumentasi dan pengarsipan semua data dan informasi yang digunakan untuk memproduksi inventarisasi emisi GRK nasional, penjaminan dan pengendalian kualitas, serta verifikasi hasil inventarisasi tersebut. Beberapa contoh dokumentasi dan pelaporan yang relevan terhadap sumber dan kategori berikut ini.

Apabila penghitungan emisi CH4 menggunakan model tertentu (misal neraca massa), model harus dilaporkan. Apabila digunakan metoda/model lain, sebaiknya disediakan data yang sama (deskipsi metoda, asumsi utama, dan parameter yang digunakan).

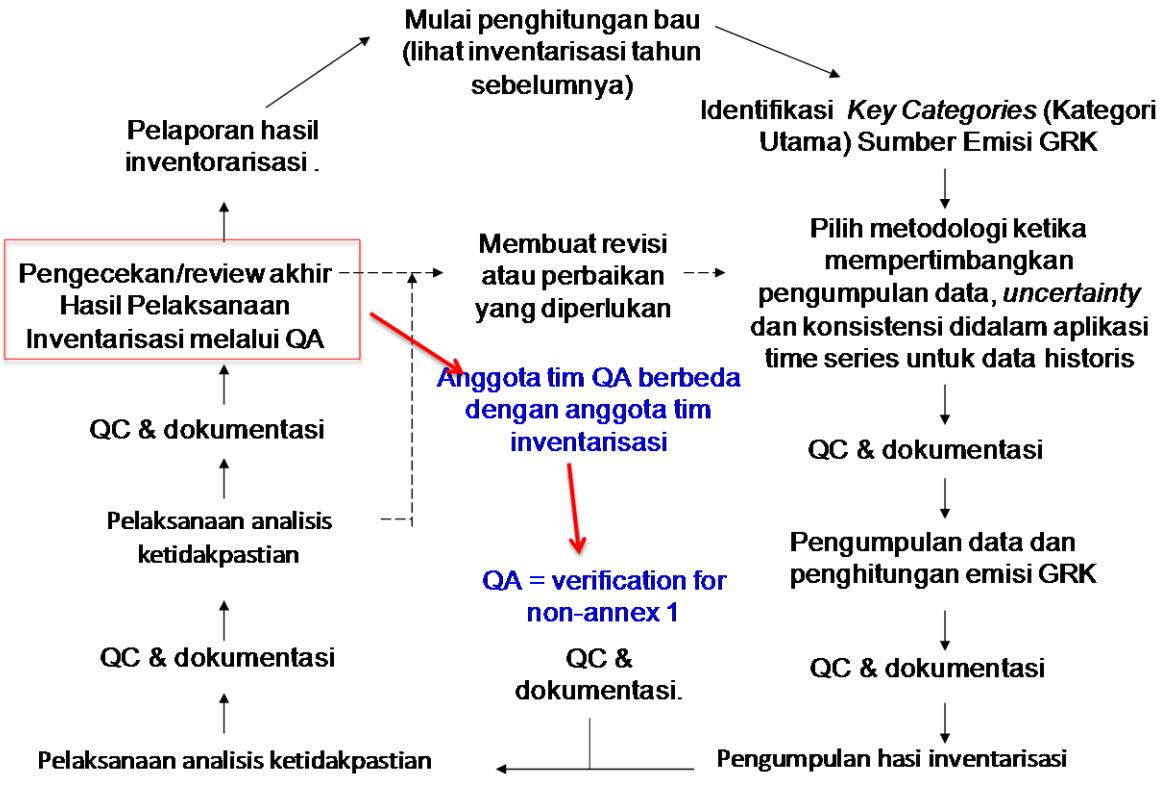
Apabila data spesifik negara digunakan untuk beberapa bagian dari *data time series*, maka data-data tersebut harus didokumentasikan.

Perubahan parameter dari tahun ke tahun harus dijelaskan dengan rinci dan dilengkapi dengan referensi. Sangatlah tidak praktis untuk memasukan semua dokumen ke dalam laporan inventrisasi GRK. Namun, inventarisasi harus mencakup rangkuman metoda yang digunakan dan referensi sumber data sedemikian sehingga pelaporan perkiraan emisi GRK dapat transparant dan tahapan-tahapan di dalam perhitungannya dapat di identiikasi kembali.

Adalah kebiasaan yang baik untuk melakukan pengecekan pengendalian kualitas dan *review* dari tenaga ahli terhadap perkiraan emisi, penjaminan kualitas (*quality assurance*), pengendalian kualitas (*quality control*), dan verifikasi. Pihak yang mengumpulkan data hasil inventarisasi harus melakukan pengecekan silang (*cross-check*) angka-angka spesifik negara (*country-specific*) terhadap angka-angka default IPCC untuk menentukan apakah parameter nasional yang digunakan dapat dipertimbangkan dengan alasan yang kuat relatif terhadap angka-angka default IPCC.

Jika data hasil survey dan sampling digunakan untuk menyusun angka-angka nasional untuk aktivitas data limbah padat, prosedur QC harus mancakup:

- Pelaksanaan *review* metoda pengupulan data survey, dan pengecekan data untuk memastikan bahwa data-data tersebut dikumpulkan dan diagregasi dengan benar. Pengumpul data harus melakukan pengecekan silang data dengan tahun-tahun sebelumnya untuk memastikan bahwa data-data tersebut cukup layak.
- Pelaksanaan evaluasi sumber-sumber data sekunder dan rujukan kegiatan QA/QC bersamaan dengan penyiapan data sekunder.
- Pelaksana pengumpulan hasil inventarisasi harus menyediakan peluang bagi tenaga ahli (*expert*) untuk melakukan review parameter input. Disamping itu, pelaksana pengumpulan hasil inventarisasi harus melakukan pembandingan laju emisi nasional dengan laju emisi dari negara-negara yang sebanding dalam hal parameter-parameter demografi dan ekonomi. Pelaksana pengumpulan hasil inventarisasi harus melakukan kajian perbedaan-perbedaan signifikan untuk menentukan jika hasil inventarisasi menunjukkan kesalahan/perbedaan nyata dalam penghitungan.
- Pada Gambar 1.12 disampaikan skema sederhana siklus pelaksanaan inventarisasi dan kemungkinan implementasi proses QA/QC.



Gambar 1. 12 Skema pelaksanaan inventarisasi dan kemungkinan implementasi QA/QC

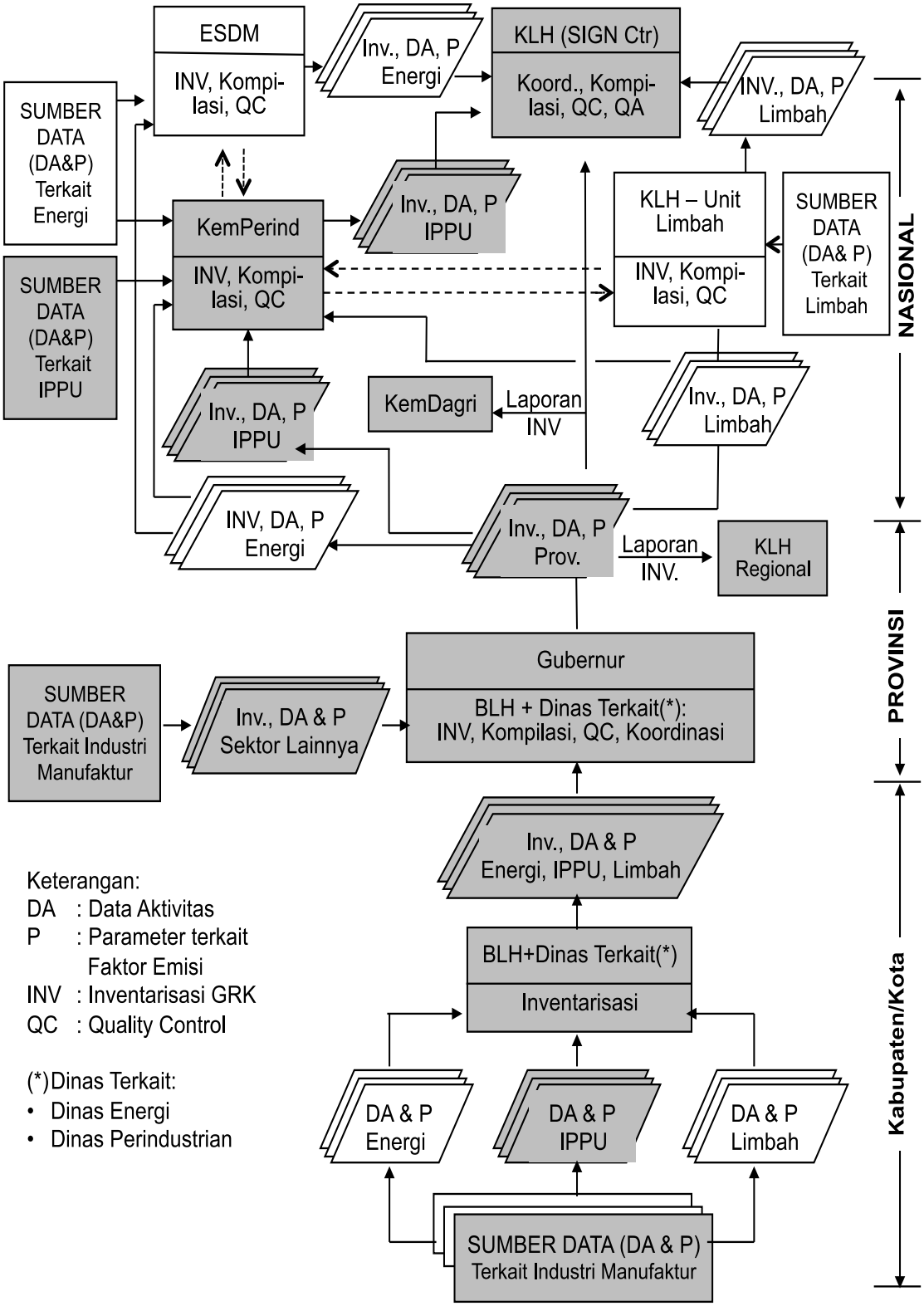
1.5.2 Pelaporan dan Pengarsipan

Berdasarkan Peraturan Presiden RI (PerPres) 71/2012 penyelenggraan inventarisasi GRK diwajibkan bagi seluruh pemerintah daerah (baik tingkat provinsi maupun kabupaten/kota). Hasil pelaksanaan inventarisasi GRK di setiap tingkatan pemerintah daerah pada akhirnya diserahkan ke Kementrian Lingkungan Hidup yang mendapatkan mandat untuk menyelenggarakan inventarisasi GRK tingkat nasional dan juga sekaligus menyiapkan pedoman inventarisasi GRK yang dapat digunakan secara nasional. Skema sederhana sistem pelaporan hasil inventarisasi emisi GRK kegiatan IPPU tingkat kabupaten kota sampai dengan tingkat nasional disampaikan pada Gambar 1.13

1.5.3 Referensi Sumber Data dan Pengelolaan Data

Referensi atau Sumber Data Inventory GRK dari Kegiatan IPPU

- Data yang relevan dari Kementerian Perindustrian atau pelaku usaha (industri) dan asosiasi industri
- Data lainnya dari BPS,hasil peneilitian, atau proyek-proyek CDM
- Penyusunan inventory GRK dapat dilakukan dengan bantuan tenaga ahli (perguruan tinggi, lembaga penelitian, konsutan, dan lembaga-lembaga lainnya).



Gambar 1. 13 Sistem pelaporan hasil inventarisasi emisi Gas Rumah Kaca penanganan IPPU

II. EMISI GAS RUMAH KACA INDUSTRI MINERAL

2.1 Produksi Semen

2.1.1 Deskripsi Kategori

Dalam pembuatan semen, CO_2 dihasilkan pada proses produksi klinker. Pada proses ini kalsium karbonat ($CaCO_3$) dipanaskan atau dikalsinasi untuk menghasilkan kapur (CaO) dengan produk samping gas CO_2. CaO tersebut kemudian bereaksi dengan silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan besi oksida (Fe_2O_3) dalam bahan baku untuk menghasilkan mineral klinker. Proporsi karbonat dalam bahan baku selain $CaCO_3$ pada umumnya sangat kecil.

Tabel 2. 1 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada produksi Semen

TIER	Data aktivitas	Faktor emisi	Parameter lainnya
TIER 1	Produksi semen per jenis semen (per pabrik)	FE Klinker default IPCC GL 2006	Fraksi klinker dalam semen default Default koreksi CKD (2%)
TIER 2	Produksi klinker per pabrik	FE klinker pabrik FE karbonat	Fraksi klinker dalam semen, Berat CKD, fraksi karbonat awal
TIER 3	Konsumsi karbonat per pabrik	FE karbonat per pabrik FE penggunaan karbon pada bahan bakar fosil untuk aplikasi non energi	Tingkat kalsinasi karbonat dan CKD Berat CKD

Catatan: CKD = cement kiln dust

Metode Tier-1

Pada metode Tier-1 emisi CO2 dihitung berdasarkan besarnya produksi klinker semen yang diperkirakan berdasarkan data produksi semen, impor klinker dan ekspor klinker (Persamaan 2.1).

Persamaan 2.1

Tier 1: Emisi Berdasarkan Data Produksi Semen

$$\text{Emisi } CO2 = \sum_{i}\left[\left(M_{c\,i} * C_{cl\,i}\right) - Im + Ex\right] * EF_{clc}$$

dimana:

Emisi CO_2 : Emisi CO_2 dari produksi semen, ton
M_{ci} : Berat semen jenis i yang diproduksi, ton
C_{cli} : Fraksi klinker pada semen jenis i, fraksi
Im : Impor klinker, ton
Ex : Ekspor klinker, ton
EF_{clc} : Faktor emisi, ton CO_2/ton klinker

Faktor emisi default dari produksi klinker adalah 0,51 ton CO_2/ton klinker. Faktor emisi ini perlu dikoreksi dengan adanya CKD (cement kiln dust) yang tidak tercatat dalam data produksi. Pada Tier-1 faktor koreksi CKD adalah 2% sehingga harga faktor emisi klinker pada Persamaan 2.1 menjadi Persamaan 2.2 berikut ini.

Persamaan 2.2

Faktor Emisi Klinker

$$EF_{clc} = 0.51 \bullet 1.02\left(\text{koreksi CKD}\right) = 0.52 \text{ ton } CO_2/\text{ton klinker}$$

Metode Tier-2

Metode Tier-2 dapat diterapkan apabila terdapat data produksi klinker masing-masing pabrik semen dan faktor emisi klinker yang khusus berlaku untuk pabrik semen di Indonesia. Persamaan 2.3 adalah perhitungan emisi CO_2 Metode Tier-2.

Persamaan 2.3

Tier 2: Emisi Berdasarkan Data Produksi Klinker

$$\text{Emisi } CO_2 = M_{cl} \bullet EF_{cl} \bullet CF_{ckd}$$

dimana:

Emisi CO_2 : Emisi CO_2 dari produksi semen, ton
M_{ci} : Berat klinker yang diproduksi, ton
EF_{cl} : Faktor emisi klinker, ton CO_2/ton klinker
CF_{ckd} : Faktor koreksi untuk CKD, dimensionless

Persamaan 2. 4 Faktor Koreksi untuk CKD yang Tidak Recycle ke Kiln

Persamaan 2.4
$CF_{ckd} = 1 + \frac{M_d}{M_{cl}} \bullet C_d \bullet F_d \bullet \frac{EF_c}{EF_{cl}}$

Dimana:

CF_{ckd} = koreksi faktor CKD (tak bersatuan)
Md = total produksi CKD yang tidak digunakan kembali (recycle) untuk kiln (ton)
Mcl = total produksi klinker (ton)
Cd = fraksi karbonat di CKD sebelum *calcination*, (fraksi)
Fd = fraksi calcination karbonat, (fraksi)
EFc = faktor emisi untuk karbonat (IPCC guidelines)
EF_{cl} = faktor emisi klinker sebelum dikoreksi dengan faktor koreksi CKD

Metode Tier-3

Pada Metode Tier-3 emisi CO_2 dihitung berdasarkan input data konsumsi karbonat dan faktor emisi dari masing-masing karbonat yang digunakan untuk produksi klinker di masing-masing pabrik semen. Pada metoda ini perkiraan emisi juga memperhitungkan besarnya CKD yang tidak recycle ke kiln, tingkat kalsinasi karbonat dan adanya emisi dari karbon dalam bahan baku yang bukan bahan bakar (carbon di *fly ash*, *kerogen*, dsb). Persamaan 2.5 untuk estimasi emisi CO2 metoda Tier-3 adalah sebagai berikut ini,

Persamaan 2.5

Tier 3: Emisi Berdasarkan Input Karbonat ke Dalam Kiln

$$\text{Emisi } CO_2 = \sum_i (EF_i \bullet M_i \bullet F_i) - M_d \bullet C_d \ (1 - Fd) \bullet EF_d + \sum_k (M_k \bullet X_k \bullet EF_k)$$

$\sum_i (EF_i \bullet M_i \bullet F_i)$ = emisi dari karbonat

$M_d \bullet C_d \ (1 - Fd) \bullet EF_d$ = emisi dari uncalcined CKD yang tidak recycle ke kiln

$\sum_k (M_k \bullet X_k \bullet EF_k)$ = emisi karbon dari material non-bahan bakar

Dimana:

Emisi CO_2 : emisi CO_2 dari produksi semen, ton

EF_i : Faktor emisi untuk karbonat i, ton CO2/ton karbonat

M_i : Berat karbonat i yang dikonsumsi, ton

F_i : Fraksi kalsinasi yang tercapai karbonat i, fraksi

M_d : Berat CKD yang tidak recycle ke kiln, ton

C_d : Fraksi berat karbonat awal dalam CKD yang tidak recycle ke kiln, fraksi

F_d : Fraksi kalsinasi yang tercapai untuk CKD yang tidak recycle ke kiln, fraksi

EF_d : Faktor emisi untuk uncalcined karbonat dalam CKD yang tidak recycle ke kiln, ton CO2/ton karbonat

M_k : Berat organik atau bahan non bahan bakar yang mengandung karbon jenis k, ton

X_k : Fraksi organik atau karbon dalam bahan non bahan bakar jenis k, fraksi

EF_k :Faktor emisi bahan non-bahan bakar yang mengandung karbon jenis k, ton CO2/ton karbonat

Default Faktor Emisi Karbonat (EF_c)

Angka default untuk faktor emisi karbonat dari IPCC Guidelines 2006 disampaikan pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2. 2 Angka default untuk faktor emisi karbonat dari IPCC Guidelines 2006

Jenis Karbonat	Nama mineral	BM	Efc(ton CO_2/ton karbonat)**
$CaCO_3$	Calcite, arogonite	100,0886	0,43971
$MgCO_3$	Magnesite	84,3139	0,52197
$CaMg(CO_3)_2$	Dolomite	184,4008	0,47732
$FeCO_3$	Siderite	115,8539	0,37987
$Ca(Fe,Mg,Mn)(CO_3)_2$	Ankerite	185,0225 -215,6160	0,40822 - 0,47572
$MnCO_3$	Rhodochrosite	114,9470	0,38286
Na_2CO_3	Sodium carbonate or Soda ash	106,0685	0,41492
** Asumsi CO_2 yang teremisikan terjadi akibat 100%, contoh: setiap 1 ton calcite mengemisikan 0,43971 ton CO_2			

Fraksi klinker

Fraksi klinker dan komposisi pembuatnya dari IPCC Guidelines 2006 ditabulasi pada Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2. 3 Fraksi klinker dan komposisi pembuatnya dari IPCC Guidelines 2006

Nama semen	Simbol	% komposisi	% klinker
Portland	PC	100% PC	95-97
			90-92
Masonry	MC	2/3 PC	64
Slag-modified portland	I(SM)	Slag<25	>70-93
Portland BF Slag	IS	Slag 25-70	28-70
Portland Pozzolan	IP and P	Pozz 15-40	28-79/81
Pozzolan-modified portland	I(PM)	Pozz<15	28-93/95
Slag cement	S	Slag 70+	<28/29

Contoh perhitungan (lihat Tabel 2.4)

Input data aktivitas pada Tabel 2.4

- Kolom A: Jumlah semen yang diproduksi= 27.800.000 ton,
- Kolom B: Fraksi klinker di semen = 0,907,
- Kolom D: Impor konsumsi klinker = 0 ton,
- Kolom E: Ekspor klinker= 3,552,000 ton,

Massa klinker pada semen yang diproduksi (Kolom C) :
27.800.000 ton x 0,907 = 25.223.747 ton.
Jumlah klinker yang diproduksi di suatu negara (Kolom F) sebesar:
25.223.747 ton – 0 ton + 3.552.000 ton = 28.775.747 ton.

Faktor emisi klinker untuk jenis ini (Kolom G) :0.525 tonne CO_2/ton klinker
Emisi CO_2(Kolom H) = 28.775.747 ton x 0.525 ton CO_2/ton klinker
= 15.107.267 ton CO_2.
Konversi ke gigagrams CO_2(Kolom I) = 15.107.267 ton CO_2/1000
= 15.107 gigagrams CO_2.

Tabel 2. 4 Contoh perhitungan emisi GRK dari kegiatan IPPU

Sektor	**IPPU**				
Kategori	**Industri Mineral –Produksi Semen**				
Kode kategori	**2A1**				
Lembar	**1 of 2**				
Jenis semen yang di produksi [1)]	A Massa semen yang diproduksi (ton)	B Fraksi Klinker dalam semen (fraksi)	C Massa klinker pada semen yang diproduksi (ton)		
			C = A * B		
	27,800,000	0.907	25,223,747		
Total			**25,223,747**		
1) Tambahkan baris apabila jenis semen yang diproduksi lebih dari baris yang disediakan.					
Sektor	**IPPU**				
Kategori	**Industri Mineral – Produksi Semen**				
Kode kategori	**2A1**				
Sheet	**2 of 2**				
D Impor klinker (ton)	E Ekspor klinker (ton)	F Klinker yang diproduksi di negara (ton)	G Faktor emisi untuk klinker untuk setiap jenis semen (ton CO_2/ton clinker)	H Emisi CO_2 (ton CO_2)	I Emisi CO_2 (Gg CO_2)
		F = C - D + E		H = F * G	$I = H/10^3$
0	3,552,000	28,775,747	0.525	15,107,267	**15,107**

2.2 Produksi Kapur

2.2.1 Deskripsi proses

Kalsiumoksida (CaO ataukapur tohor) dihasilkan dari dekomposisi karbonat yang terdapat pada batu kapur melalui pemanasan. Dekomposisi karbonat tersebut menghasilkan CO_2. Bahan baku yang digunakan dapat berupa batu kapur dengan kandungan calcium tinggi atau batu kapur dengan kandungan magnesium tinggi (dolomite). Reaksi produksi kapur tohor adalah sebagai berikut:

$CaCO_3$ (batu kapur calcium tinggi) + panas→CaO (kapur tohor)+ CO_2

atau

$CaMg(CO_3)_2$ (dolomit) + panas→CaO•MgO (kapur dolomitic) + $2CO_2$

2.2.2 Data yang diperlukan

Tabel 2. 5 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER sektor produksi kapur

TIER	Data aktivitas	Faktor emisi	Parameter lainnya
TIER 1	Produksi batu kapur nasional	Default IPCC	Tidak perlu untuk memperhitungkanLKD
TIER 2	Produksi batu kapur per jenis	FE per jenis batu kapur	
TIER 3	Jumlah konsumsi karbonat sesuai jenisnya dan jumlah LKD	Faktor emisi karbonat (lihat penjelasan sektor industri semen diatas) per jenis karbonat	Fraksi kalsinasi untuk karbonat diperoleh dari aktual data namun dapat juga diasumsi sebesar 1 sedangkan fraksi kalsinasi untuk LKD <1 Berat fraksi karbon diperoleh dengan cara yang sama ketika menghitung CF_{ckd}

Catatan: LKD = lime kiln dust

Metode Tier 1

Metode ini berdasarkan pada data produksi kapur. Asumsinya adalah Jenis kapur yang diproduksi dan proporsi produksi kapur yang terhidrasi mengikuti default dari IPCC guidelines. Adapaun data yang dibutuhkan adalah:

- Data jumlah produksi batu kapur dan tidak ada pemilahan data berdasarkan jenis kapur yang diproduksi. Asumsinya adalah 85% kapur yang diproduksi berjenis kapur kalsium tinggi dan 15 % kapur dolomite.

- Faktor emisi berasal dari IPCC guidelines 2006 tanpa memperhatikan faktor kalibrasi LKD dan faktor emisi untuk Tier 1 dihitung dengan persamaan

Persamaan 2.6
Tier 1: Faktor Emisi Default Produksi Kapur $EF_{clc} = 0.85 \bullet EF_{high\ calcium\ lime} + 0.15 \bullet EF_{dolomitic\ lime}$ $= 0.85 \bullet 0.75 + 0.15 \bullet 0.77 = 0.75$ ton CO2/ton kapur yang diproduksi

Dimana:

EF_{clc} : faktor emisi default untuk produksi kapur

$EF_{high\ calcium\ lime}$: faktor emisi default untuk kapur kalsium tinggi

$EF_{dolomite\ lime}$: faktor emisi default untuk kapur dolomite,

dengan 0,85 dan 0,15 adalah asumsi proporsi kedua jenis kapur

Nilai default faktor emisi untuk Tier 1 sebesar 0,75 ton CO2/ ton produksi kapur

Metode Tier 2

Pada metode ini pemilahan data produksi kapur sesuai dengan tiga jenis kapur :

- Kapur berkalsium tinggi (CaO+impurities)
- Kapur dolomite (CaO·MgO+Impurities)
- Kapur hydraulic (CaO+hydraulic kalsium silikat): zat antara kapur dan semen

Data yang dibutuhkan adalah:

- Jumlah produksi kapur sesuai jenisnya.
- Faktor emisi dipengaruhi kandungan CaO/MgO pada setiap jenis kapur yang diproduksi dan rasio stoikiometri CO_2 dan CaO.

Persamaan 2.7
Tier 2: Faktor Emisi Produksi Kapur $EF_{lime,\ a} = SR_{CaO} \bullet CaO\ content$ $EF_{lime,\ b} = SR_{CaO.MgO} \bullet CaO.MgO\ content$ $EF_{lime,\ c} = SR_{CaO} \bullet CaO\ content$

dimana:

$EF_{lime,a}$: Faktor koreksi quicklime (high calcium), ton CO_2/ton kapur

$EF_{lime,\ b}$: Faktor koreksi dolomitic lime, ton CO_2/ton kapur

$EF_{lime,a}$: Faktor koreksi hydraulic lime, ton CO_2/ton kapur

SR_{CaO}	: Stoichiometric CO_2 dan CaO, ton CO_2/ton CaO
$SR_{CaO.MgO}$	: Stoichiometric CO_2 dan CaO.MgO, ton CO_2/ton CaO.MgO
CaO content	: ton CaO/ton kapur
CaO.MgO content	: ton CaO.MgO/ ton kapur

Nilai rasio stoikiometri, nilai kandungan default dan rentang kandungan dari kandungan CaO dalam kapur diperoleh dari IPCC guidelines 2006.Nilai koreksi default untuk LKD sebesar 1,02 dan nilai koreksi untuk kapur terhidrasi mengikuti persamaan berikut ini.

$$Faktor\ kalibrasi\ kapur\ terhidrasi = 1 - (x \times y)$$

Dimana :
x = proporsi dari kapur terhidrasi, nilai default =0,1
y = kandungan air dalam kapur, nilai default =0,28

Persamaan 2.8

Tier 2: Emisi Berdasarkan Data Jenis Produksi kapur

$$\text{Emisi } CO_2 = \sum_i \left(EF_{lime,i} \bullet M_{l,i} \bullet CF_{lkd,i} \bullet C_{h,i} \right)$$

Metode Tier 3

Metode ini didasarkan pada data jumlah karbonate dari setiap jenis karbonat yang menghasilkan kapur per pabrik penghasil. Metode ini spesifik pada setiap pabrik. Data yang dibutuhkan adalah:

- Jumlah konsumsi karbonat sesuai jenisnya dan jumlah LKD
- Faktor emisi karbonat (lihat penjelasan industri semen) per jenis karbonat
- Fraksi kalsinasi untuk karbonat diperoleh dari aktual data namun dapat juga diasumsi sebesar 1 sedangkan fraksi kalsinasi untuk LKD <1
- Berat fraksi karbon diperoleh dengan cara yang sama ketika menghitung CF_{ckd}

Persamaan 2.9

Tier 3: Emisi Berdasarkan Data Input Karbonat

$$Emisi\ CO2 = \sum_i (EF_i \times M_i \times F_i) - M_d \times C_d \times (1 - F_d) \times EF_d$$

dimana:

Emisi CO_2	: Emisi CO_2 dari produksi kapur, ton
i	: Jenis kapur

EF_i : Faktor emisi karbonat jenis *i*, ton CO_2/ton kapur (**persamaan 7**)
M_i : Berat karbonat *i* yang digunakan, ton
Md : Berat LKD, ton
Fd : Faktor kalsinasi untuk LKD, fraksi
Fi : Faktor kalsinasi untuk karbonat, fraksi
Cd : Fraksi berat carbonat di LKD, fraksi

Tabel 2. 6 Default faktor emisi, rasio stoikiometri dan kandungan CaO, CaO-MgO

Jenis kapur	**SR (ton CO_2/ton CaO atau CaO-MgO) (1)**	**Rentang kandungan CaO**	**Rentang kandungan MgO**	**Nilai Default untuk kandungan CaO dan CaO-MgO (2)**	**Faktor emisi default (ton CO2/ ton kapur) (1)x(2)**
Kapur Kalsium tinggi	0,785	93-98	0,3-2,5	0,95	0,75
Kapur dolomite	0,913	55-57	38-41	0,85 atau 0,95	0,86 atau 0,77
Kapur hydraulic	0,785	65-92	NA	0,75	0,59

Contoh perhitungan (Lihat Tabel 2.7)

Input data aktivitas dan parameter emisi pada **Tabel 2.7**

- Kolom A: Jumlah kapur yang diproduksi = 4,917,529 ton,
- Kolom B: Faktor emisi untuk produksi kapur = 0.75 ton CO_2/ton kapur.

Perhitungan:
Kolom C: Emisi CO_2 =Produksi kapur x faktor emisi produksi Kapur
= 4,917,529 ton x 0.75 ton CO_2/ton kapur
= 3,688,147 ton CO_2.

Kolom D: Konversi ke gigagrams CO_2 = 3,688,147 ton CO_2/ 1000
= 3,688 Gg CO_2.

Tabel 2. 7 Contoh perhitungan tingkat emisi GRK dari produksi kapur

Sektor	**IPPU**			
Kategori	**Industri Mineral –Prouduksi Kapur**			
Kode kategori	**2A2**			
Lembar	**1 of 1**			
	A	B	C	D
Jenis kapur yang diproduksi[1), 2)]	Massa kapur yang diproduksi (ton)	Faktor emisi untuk setiap jenis kapur ($ton\ CO_2$/ tonkapur)	Emisi CO_2 ($ton\ CO_2$)	Emisi CO_2 ($Gg\ CO_2$)
			C = A * B	$D = C/10^3$
	4,917,529	0.75	3,688,147	3,688
Total				**3,688**

1) Tambahkan baris pada table bila terdapat lebih dari satu jenis kapur yang diproduksi
2) Jika informasi FE spesifik negara pada produksi kapur tidak ada, gunakan angka default FE IPCC 2006 GL

2.3 Produksi Kaca/Gelas

2.3.1 Deskripsi Proses

Proses produksi gelas/kaca menghasilkan CO2 dari proses pelelehan bahan baku yang mengandung karbonat yaitu batukapur (CaCO3), dolomitCa,Mg $(CO_3)_2$dan soda abu (Na2CO3). Disamping menggunakan bahan baku tersebut, produksi kaca/gelas pada umumnya menambahkan kaca/gelas daur ulang (cullet) kedalam umpan proses. Proporsi cullet dalam umpan proses produksi umumnya cukup tinggi yaitu hingga sekitar 40%.

2.3.2 Data yang diperlukan

Tabel 2.8 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER

TIER	Data aktivitas	Faktor emisi	Parameter lainnya
TIER 1	Data produksi kaca nasional	Default IPCC	Rasio Cullet → Baku (50%)
TIER 2	Data produksi per jenis kaca	EF per jenis proses	Proporsi bahan baku per jenis proses
TIER 3	Data banyaknya karbonat per jenis yang dikonsumsi	EF per jenis karbonat	

Metode Tier 1

Metode ini digunakan apabila data produksi kaca berdasarkan proses dan penggunaan karbonat tidak tersedia/diketahui. Data-data yang digunakan adalah:

- Data total berat kaca yang diproduksi dalam unit ton
- Faktor emisi dari default IPCC guidelines sebesar 0,2 ton CO_2 / berat kaca
- Nilai rasio Cullet dalam unit fraksi sebesar 0,5 untuk angka default IPCC2006 GL atau menggunakan nilai CR spesifik yang berlaku di Indonesia apabila tersedia

Persamaan 2.10

Tier 1: Emisi Berdasarkan Data Produksi Kaca

$$\text{Emisi } CO_2 = M_g \bullet EF \bullet (1 - CR)$$

Dimana:

Emisi CO_2 : Emisi CO2 dari produksi kaca, ton

EF : Faktor emisi default produksi kaca, ton CO2/ton kaca

M_g : Berat kaca yang diproduksi, ton

CR : Cullet ratio, fraksi

Persamaan 2.11
Tier 1: Faktor Emisi Default Produksi Kaca EF = 0.167 / 0.84 = 0.20 tonnes CO2 / tonne glass

Metode Tier 2

Metode ini berdasarkan data massa produksi setiap jenis kaca, yaitu :

- Jumlah kaca yang diproduksi berdasarkan jenis kaca (*float, fiberglass, container*, dsb.) dalam unit ton,
- FE menggunakan default IPCC 2006 GL,tetapi apabila data spesifik Indonesia tersedia maka sebaiknya menggunakan FE spesifik,
- Nilai cullet rasio dari IPCC 2006 GL, tetapi apabila data spesifik Indonesia tersedia maka sebaiknya menggunakan angka spesifik.

Persamaan 2.12
Tier 2: Emisi Berdasarkan Data Proses Produksi Kaca $\text{Emisi } CO_2 = \sum_i M_{g,i} \bullet EF_i \bullet (1 - CR_i)$

Dimana

Emisi CO_2 : Emisi CO_2 dari produksi kaca, ton
EF_i : Faktor emisi produksi kaca jenis *i*, ton CO_2/ton kaca
$M_{g,i}$: Berat kaca jenis *i* yang diproduksi, ton
CR_i : Cullet ratio produksi kaca jenis *i*, fraksi

Metode Tier 3

Metode ini didasarkan pada konsumsi karbonat dalam memproduksi kaca pada prosespelelehan kaca. Adapun data yang dibutuhkan adalah:

- Data konsumsi karbonat dalam unit ton sesuai jenisnya (jenis karbonat dapat dilihat di sektor industri semen)
- Faktor emisi karbonat sesuai dengan jenisnya diperoleh dari IPCC GL 2006 dan dapat dilihat di sektor indiustri semen (unitnya ton CO_2/ton karbonat)
- Fraksi kalsinasi karbonat diperoleh dari spesifik data Indonesia namun apabila tidak tersedia maka dapat IPCC Gl 2006 mengasumsikannya bernilai 1

Persamaan 2.13
Tier 3: Emisi Berdasarkan Data Input Karbonat $\text{Emisi } CO_2 = \sum_i M_i \bullet EF_i \bullet F_i$

Dimana

Emisi CO_2 : Emisi CO_2 dari produksi kaca, ton

EF_i : Faktor emisi produksi kaca jenis *i*, ton CO_2/ton karbonat

M_i : Berat karbonat jenis *i* yang dikonsumsi, ton

F_i : Fraksi kalsinasi yang tercapai untuk karbonat jenis *i*, fraksi

Tabel 2. 8 Faktor emisi default dan rasio cullet per jenis kaca

Jenis kaca	**Faktor emisi CO_2 (kg CO2/kg kaca)**	**Rasio cullet (%)**
Float	0,21	10-25
Container (Flint)	0,21	30-60
Container (Amber/Green)	0,21	30-80
Fiberglass (E-glass)	0,19	0-15
Fiberglass (Insulation)	0,25	10-50
Specialty (TV-panel)	0,18	20-75
Specialty (TV-funnel)	0,13	20-70
Specialty (Tableware)	0,10	20-60
Specialty (Lab/Pharma)	0,03	30-75
Specialty (Lighting)	0,20	40-70

Contoh Perhitungan(Lihat Tabel 2.10)

Input data aktivitas dan parameter emisi:
Kolom A: Jumlah produksi kaca = 1,700,000 ton.
Kolom B: Faktor emisi untuk produksi kaca = 0.20 ton CO_2/ton glass
Kolom C: Rata-rata rasio cullet per tahun = 0.50.

Perhitungan:
Kolom D: Emisi CO_2 = produksi kaca x FE produksi kaca x (1 – rasio cullet/tahun)
= 1.700.000 ton x 0.20 ton CO_2/ton kaca x (1 – 0.50)
= 170.000 tonCO_2
Kolom E: Konversi ke gigagrams CO_2 = 170.000 ton CO_2/1000 = 170 Gg CO_2.

Tabel 2. 9 Contoh perhitungan tingkat emisi GRK dari produksi kapur

Sektor	**IPPU**			
Kategori	**Industri Mineral –Produksi Gelas**			
Kode kategori	**2A3**			
Lembar	**1 dari 1**			
A Total produksi kaca (ton)	B Faktor emisi produksi gelas (ton CO_2/ ton gelas)	A Total produksi kaca (ton)	B Faktor emisi produksi gelas (ton CO_2/ ton gelas)	A Total produksi kaca (ton)
			D = A * B * (1 - C)	E = D/10^3
1,700,000.00	0.20	1,700,000.00	0.20	1,700,000.00

2.4. Proses lain yang menggunakan Karbonat

2.4.1 Deskripsi Proses

2.4.1.1 Keramik

Keramik diproduksi dari tanah liat. Proses produksi keramik melibatkan pemanasan temperatur tinggi. Emisi CO_2 pada produksi keramik terjadi dari proses pemansan karbonat yang terkandung dalam tanah liat.

2.4.1.2 Penggunaan Lain Soda Abu

Soda abu digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk diantaranya produksi kaca, sabun, dan deterjen, gas buang desulfurisasi, bahan kimia, pulp dan kertas serta produk konsumen umum lainnya. Produksi dan konsumsi soda abu (termasuk kalsium karbonat, Na_2CO_3) menghasilkan CO_2. Emisi dari produksi soda abu dilaporkan dalam Industri Kimia.

2.4.1.3 Produksi Magnesia Non Metalurgical

Magnesite ($MgCO_3$) merupakan salah satu bahan baku utama dalam produksi magnesia dan *fused magnesia*. Magnesiadiproduksi dari kalsinasi$MgCO_3$dengan pelepasanCO_2. Biasanya,96-98 persen CO_2 yang terkandung dilepaskan dalam proses produksi *calcined* magnesia dan hampir 100 persen CO_2 dilepaskan selama pemanasan lebih lanjut untuk menghasilkan *deadburned* magnesia. Produksi magnesia leburan juga menghasilkan hampir 100 persen pelepasan CO_2.

2.4.2 Data yang dibutuhkan

Tabel 2. 10 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi yang menggunakan karbonat

TIER	Data aktivitas	Faktor emisi	Parameter lainnya
TIER 1	Data total konsumsi karbonat	Default	
TIER 2	Data konsumsi batu kapur dan dolomit	FE kalsinasi batu kapur dan EF kalsinasi dolomite	
TIER 3	Data konsumsi karbonat per jenis	FE masing-masing jenis karbonat	Fraksi karbonat yang terkalsinasi

Metode Tier 1

Metode ini mengasumsikan bahwa karbonat yang digunakan industri hanya berasal dari kapur dan dolomit . Karbonat yang dihasilkan pure karbonat bukan batu/karang karbonat dan proporsinya mengikuti default dari IPCC guidelines. Adapaun data yang dibutuhkan adalah:

- Data jumlah penggunaan karbonat dalam unit ton. Asumsikarbonat yang digunakan adalah 85% kapur dan 15 % dolomite sehingga fraksinya adalah 0,85 dan 0,15. Namun apabila ada data penggunaan batu/karang karbonat asumsi kemurniaan yang digunakan adalah 95%
- Faktor emisi karbonat berasal dari IPCC guidelines 2006 sesuai dengan jenis (lihat tabel emision faktor karbonat pada sektor industri semen)

Persamaan 2.14
Tier 1: Emisi Berdasarkan Karbonat Yang Dikonsumsi $\text{Emisi } CO_2 = M_c \bullet (0.85EF_{ls} + 0.15EF_d)$

Dimana

Emisi CO_2 : Emisi CO_2 dari produksi kaca, ton

EF_i : Faktor emisi produksi kaca jenis i, ton CO_2/ton karbonat

M_i : Berat karbonat jenis i yang dikonsumsi, ton

EF_{ls} : Faktor emisi kalsinasi limestone, ton CO_2/ton karbonat

EF_d : Faktor emisi kalsinasi dolomite, ton CO_2/ton karbonat

Metode Tier 2

Metode ini sama seperti metode Tier 1, hanya saja nilai fraksi konsumsi kapur dan dolomite harus spesifik sesuai dengan konsumsi di Indonesia sehingga asumsi karbonat yang digunakan pada metode Tier 1 tidak berlaku. Data yang dibutuhkan:

- Data konsumsi kapur dan dolomit dalam unit ton dan faktor emisi yang digunakan sama dengan metode Tier 1

Persamaan 2.15
Tier 2: Proses Lain yang menggunakan karbonat $\text{Emisi } CO_2 = (M_{ls} \bullet EF_{ls}) + (M_d \bullet EF_d)$

Dimana

Emisi CO_2 : Emisi CO_2 dari produksi kaca, ton

M_{ls} : Berat limestone yang dikonsumsi, ton

M_d : Berat dolomit yang dikonsumsi, ton

EF_{ls} : Faktor emisi kalsinasi limestone, ton CO_2/ton karbonat

EF_d : Faktor emisi kalsinasi dolomite, ton CO_2/ton karbonat

Metode Tier 3

Metode Tier 3 menggunakan pendekatan konsumsi karbonat seperti metode Tier 3 pada sektor industri semen hanya saja tidak memperhitungkan emisi dari debu dan input bahan baku lainnya. Data yang dibutuhkan adalah:

- Data konsumsi karbonat spesifik yang berlaku di setiap pabrik dan fraksi kalsinasi karbonatnya. Apabila fraksi kalsinasi tidak diketahui maka diasumsikan sama dengan 1.
- Apabila terdapat penggunaan clay pada industri keramik maka data konsumsi clay perlu diperhitungkan untuk semua produk keramik yang relevan.

Persamaan 2.16
Tier 3: Emisi Berdasarkan Input Karbonat (proses karbonat lainnya) $\text{Emisi } CO_2 = \sum_i M_i \bullet EF_i \bullet F_i$

Dimana

Emisi CO_2 : Emisi CO_2 dari produksi kaca, ton

EF_i : Faktor emisi produksi kaca jenis i, ton CO2/ton karbonat

M_i : Berat karbonat jenis i yang dikonsumsi, ton

F_i : Fraksi kalsinasi yang tercapai untuk karbonat jenis i, fraksi

III. EMISI GAS RUMAH KACA DARI INDUSTRI KIMIA

3.1. Produksi Amonia

3.1.1.Deskripsi Kategori

Amonia (NH_3) merupakan bahan kimia industri utama. Gas ammonia digunakan langsung sebagai pupuk, dalam proses-proses perlakuan panas (heat treating), paper pulping, pembuatan asam nitrat dan senyawa-senyawa nitrat, pembuatan ester dari asam nitrat dan senyawa nitro, berbagai jenis bahan peledak, dan sebagai refrigeran. Amina, amida, dan aneka senyawa organik lainnya, seperti urea, dibuat dari ammonia.

Amonia diproduksi melalui sintesa N_2 (gas nitrogen) dan H_2 (gas hidrogen). N_2 diperoleh dari udara sedangkan H_2 diperoleh dari proses *steam reforming* gas bumi (CH_4). Proses produksi amonia menghasilkan CO_2 sebagai *by-product* melalui reaksi-reaksi berikut ini.

Steam Reforming Primer

$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3\ H_2$

$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$

Steam Reforming Sekunder

$CH_4 + \text{Udara} \rightarrow CO + 2H_2 + 2N_2$

Reaksi Keseluruhan

$0.88\ CH_4 + 1.26\ \text{Udara} + 1.24\ H_2O \rightarrow 0.88\ CO + 3\ H_2 + N_2$

Sintesis Ammonia

$3H_2 + N_2 \rightarrow 2\ NH_3$

Proses konversi pergeseran gas pada reformer sekunder

$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$

(Hocking, 1988, EFMA, 200 a: EIPPCB, 2004a)

Proses-proses yang mempengaruhi emisi CO_2 terkait produksi amonia adalah:

- Konversi CO menjadi CO_2;
- Absorbsi CO_2 oleh larutan scrubber kalium karbonat panas, Monoetanolamina (MEA), Sulfinol (alkanol amina dan karbon tetrahydrothiophene) atau yang lain;
- Metanasi sisa CO_2 untuk memurnikan gas sintesis.

Emisi CO_2 terjadi dari proses regenerasi larutan scrubber CO_2 sebagaimana berikut:
Panas $2KHCO_3 \rightarrow K_2CO_3 + H_2O + CO_2$
Panas $(C_2H_5ONH_2)_2 + H_2CO_3 \rightarrow 2C_2H_5ONH_2 + H_2O + CO_2$

Emisi CO_2 juga terjadi dari proses stripping kondensat yang dihasilkan pada pendinginan gas sintesa setelah proses shift conversion temperatur rendah.

3.1.2 Data yang diperlukan

Tabel 3. 1 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Amonia

TIER	Data aktivitas	Faktor emisi	Parameter lainnya
TIER 1	Produksi amonia nasional atau kapasitas produksi nasional	Default IPCC	TFR → gunakan yang paling tinggi
TIER 2	Data level pabrik	TFR → EF default CCF & COF → Indonesia	CO_2 yang didapat → data level pabrik
TIER 3	Data level pabrik	TFR → data level pabrik CCF & COF → produsen atau gunakan data sektor Energi Indonesia	TFR → dikelompokkan berdasarkan jenis bahan bakar

TFR: total fuel requirement (kebutuhan bahan bakar total)
CCF: carbon content of fuel (kandungan karbon di dalam bahan bakar)
COF: carbon oxidation factor(factor oksidasi karbon)

Metode Tier 1
Data untuk metode ini berasal dari statistik nasional dan default dari IPCC GL 2006. Perhitungan metode Tier 1 berdasarkan pada produksi amonia dari nasional statistik dan kebutuhan bahan bakar per unit output. Data aktivitas yang dibutuhkan adalah:

- Produksi amonia dalam unit ton, kebutuhan bahan bakar untuk per output unit dan jumlah CO_2 yang digunakan untuk penggunaan produksi urea dalam unit kg. Apabila data kebutuhan bahan bakar per unit output tidak tersedia dapat menggunakan nilai default di IPCC GL 2006 (Tabel 3.1 hal 3.15)
- Apabila nilai faktor kandungan karbon dan faktor oksidasi karbon tidak tersedia maka dapat diperoleh dari nilai default IPCC GL 2006 di Tabel 3.1 hal 3.15 mengenai IPPU.
- Total CO2 yang digunakan untuk produksi urea dapat diestimasi dengan mengalikan total produksi urea dengan nilai 44/60. Apabila data tidak tersedia maka asumsi untuk nilai ini adalah nol.

Persamaan 3.1
Tier 1: Emisi CO_2 dari Produksi Amonia $\text{Emisi } CO_2 = AP \bullet FR \bullet CCF \bullet COF \bullet 44/12 - R_{CO2}$

Dimana:

Emisi CO_2 : emisi CO_2 dari produksi amonia, ton
AP : produksi amonia, ton
FR : kebutuhan bahan bakar (non-energi) per satuan output, GJ/ton amonia
CCF : Kandungan karbon dalam bahan bakar, kg C/GJ
COF : Faktor oksidasi karbon, fraksi

Metode Tier 2

Metode ini menggunakan data aktivitas per pabrik penghasil dan per proses (level pabrik dan proses). Data yang digunakan berupa:

- Untuk menghitung nilai TFR dibutuhkan data produksi amonia berdasarkan penggunaan jenis bahan bakar dan jenis proses yang terjadi dalam unit ton. Nilai ini diperoleh dari produsen. Selain itu dibutuhkan data jumlah bahan bakar yang digunakan per jenis bahan bakar dan per jenis prosesnya. Apabila tidak terdapat data di produsen maka dapat menggunakan nilai default dari IPCC GL 2006 (Tabel 3.1 hal. 3.15 pada IPCC GL 2006)

Persamaan 3.2
Tier 2: Kebutuhan bahan baku $TFR_i = \sum_j AP_{ij} \bullet FR_{ij}$

dimana:

TFR_i : Total kebutuhan bahan bakar (non energi) jenis *i*, GJ
APij : Produksi amonia dengan bahan bakar jenis *i* proses jenis *j*, ton
FRij : Kebutuhan bahan bakar non energi per unit output untuk bahan bakar jenis *i* proses jenis *j*, GJ

- Apabila nilai faktor kandungan karbon dan faktor oksidasi karbon tidak tersedia maka dapat diperoleh dari nilai default IPCC GL 2006 di Tabel 3.1 hal 3.15 mengenai IPPU atau menggunakan data spesifik yang berlaku di Indonesia dari informasi sektor energi.

- Data *recovery* CO_2 diperoleh dari produsen. Yang termasuk dalam data *recovery* CO_2 adalah CO_2 yang digunakan untuk produksi urea dan CCS (CO_2 captured and storage)

Persamaan 3.3
Tier 2 dan 3: Emisi CO2 dari Produksi Amonia $\text{Emisi } CO_2 = \sum_i \left(TFR_i \bullet CCF_i \bullet COF_i \bullet 44/12\right) - R_{CO2}$

dimana:

Emisi CO_2	:	emisi CO_2 dari produksi amonia, ton
TFR_i	:	Total kebutuhan bahan bakar jenis *i, GJ*
CCF_i	:	Carbon content factor bahan bakar jenis *i, kg C/GJ*
COF_i	:	Faktor oksidasi karbon bahan bakar jenis *i, fraksi*
RCO_2	:	CO_2 yang recover di hilir (produksi urea), kg

Metode Tier 3

Metode ini sama seperti metode Tier 2 hanya saja semua data input pada metode ini berasal spesifik yang berlaku pada tingkat pabrik terkait termasuk TFR.

Persamaan 3.4
Tier 3: Kebutuhan Bahan Bakar (non energi) $TFR_i = \sum_n TFR_{in}$

dimana:

TFR_i	:	Total kebutuhan bahan bakar jenis *i*, GJ
TFR_{in}	:	Kebutuhan bahan bakar jenis *i* di pabrik *n*, GJ

3.2. Produksi Asam Nitrat (HNO_3)

3.2.1 Deskripsi Kategori

Asam nitrat digunakan sebagai bahan baku terutama dalam pembuatan pupuk berbasis nitrogen. Asam nitrat juga digunakan untuk produksi asam adipat dan bahan peledak (misal dinamit), digunakan untuk metal *etching* (grafir) dan pemrosesan logam besi.

Proses produksi asamnitrat melibatkan oksidasi katalitik amonia pada temperatur tinggi yang menghasilkan produk samping N_2O. Dalam proses oksidasi amonia terdapat tiga kemungkinan reaksi antara yang menghasilkan N_2O:

$NH_3 + O_2 \rightarrow 0.5N_2O + 1.5H_2O$

$NH_3 + 4NO \rightarrow 2.5N_2O + 1.5H_2O$

$NH_3 + NO + 0.75O_2 \rightarrow N_2O + 1.5H_2O$

3.2.2 Data yang diperlukan

Tabel 3.2 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Asam Nitrat (HNO_3)

TIER	Data aktivitas	Faktor emisi	Parameter lainnya
TIER 1	Produksi nasional asam nitrat (HNO_3)	Faktor Emisi Default *Lihat IPCC GL 2006 halaman 3.23	Jika data kegiatan tingkat nasional tidak tersedia, informasi mengenai kapasitas produksi dapat digunakan
TIER 2	Data produksi tingkat pabrik menurut jenis teknologi dan jenis abatement technology	Default IPCC, jika factor tingkat pabrik tidak tersedia	
TIER 3	Data produksi tingkat pabrik menurut jenis teknologi dan jenis abatement technology	faktor emisi tingkat pabrik diperoleh dari pengukuran langsung emisi	

Metode Tier 1

Data Tier-1 berdasarkan pada nasional statistik di Indonesia dan faktor emisi yang digunakan berupa faktoe emisi defaul dari IPCC GL 2006. Data yang digunakan adalah:

- Produksi asam nitrat tingkat nasional dalam unit ton
- Faktor emisi dari IPCC GL 2006 (tabel 3.3 hal. 3.21)

Persamaan 3.5
Tier 1: Emisi N_2O dari Produksi Asam Nitrat $\text{Emisi } N_2O = EF \bullet NAP$

dimana:

Emisi N_2O	:	emisi N_2O dari produksi asam nitrat, kg
NAP	:	Produksi asam nitrat, ton
EF	:	Faktor emisi (default) N_2O, kg N_2O/ ton produksi asam nitrat

Metode Tier 2

Metode ini menggunakan data aktivitas level pabrik bukan dari nasional statistik. Data yang dibutuhkan adalah:

- Data produksi asam nitrat per pabrik per jenis teknologi dalam unit ton
- Faktor emisi spesifik yang berlaku di Indonesia per jenis teknologi yang digunakan, apabila data tidak tersedia maka dapat menggunakan faktor emisi default dari IPCC GL 2006 (tabel 3.3 hal. 3.21)
- Faktor destruksi abatement berdasarkan jenis jenis teknologidanfaktorutilisasi abatement berdasarkan jenis teknologi perlu diverifikasi ke level pabrik

Persamaan 3.6
Tier 2: Emisi N_2O dari Produksi Asam Nitrat $\text{Emisi } N_2O = \sum_{i,j}\left[EF_i \bullet NAP_i \left(1 - DF_j \bullet ASUF_j\right)\right]$

Dimana:

Emisi N_2O	: Emisi N_2O dari produksi asam nitrat, kg
NAP_i	: Produksi asam nitrat jenis teknologi *i*, ton
EF_i	: FE N_2O per jenis teknologi *i*, kg N_2O/ton produk asam nitrat
DF_j	: Faktor destruksi untuk abatement jenis teknologi *j*, fraksi
$ASUF_j$	: Faktor utilisasi untuk abatement jenis teknologi *j*, fraksi

Metode Tier 3

Metode ini berdasarkan pada pengukuran langsung menggunakan CEM (continous emission monitoring). Faktor emisi dapat ditentukan dari hasil monitoring CEM sehingga hasil estimasi emisi jadi lebih akurat.

Contoh Perhitungan:

Jumlah produksi asam nitrat sebesar = 23.039,264 ton.
Faktor emisi = 9,2777 kg N_2O/ton asam nitrat.

N_2O Emisi = Jumlah produksi asam nitrat x Faktor emisi
= 23,039.264 ton x 9.2777 kg N_2O/ton asam nitrat
= 213,751 kg.

N_2O emisi di konversi ke gigagrams = 213,751 kg / 10^6
= 0.21 Gg.

Tabel 3. 3 Worksheet contoh perhitungan emisi N_2O dari produksi asam nitrat

Sektor	**IPPU**		
Kategori	**Industri Kimia – Produksi asam nitrat**		
Kode kategori	**2B2**		
Lembar	**1 dari 1**		
A Jumlah produksi asam nitrat (tonne)	B Faktor emisi (kg N_2O/tonproduksi asam nitrat)	C Emisi N_2O (kg)	D Emisi N_2O (Gg)
		C = A * B	D = C/10^6
23039.264	9.2777	213751	0.21

3.3. Produksi Asam Adipat

3.3.1 Deskripsi Kategori

Asam adipat digunakan dalam pembuatan berbagai produk termasuk serat sintetis, pelapisan, plastik, busa urethane, elastomer dan pelumas sintetis. Asam adipat adalah asam dikarboksilat yang diproduksi dari campuran sikloheksanon/sikloheksanol yang dioksidasi oleh asam nitrat dengan adanya katalis untuk membentuk asam adipat. Proses oksidasi tersebut menghasilkan produk samping N_2O. Reaksi dalam proses produksi asam adipat adalah sebagai berikut:

$(CH_2)_5CO$ (Cyclohexanone) + $(CH_2)_5CHOH$ (Cyclohexanol) + $wHNO_3 \rightarrow$
$HOOC(CH_2)_4COOH$ (Asamadipat) + xN_2O + yH_2O

Tanpa adanya upaya *abatement* terhadap N_2O, proses produksi asam adipat merupakan sumber emisi N_2O yang sangat signifikan. Besarnya emisi N_2O bergantung kepada jumlah yang dihasilkan dalam proses produksi dan banyaknya N_2O yang dihancurkan dalam proses abatement N_2O.

3.3.2 Data yang diperlukan

Tabel 3. 4 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Asam Adipat

TIER	Data aktivitas	Faktor emisi	Parameter lainnya
TIER 1	Data produksi asam adipat total	Default (lihat IPCC GL 2006 halaman 3.30)	Boleh menggunakan TIER 2 or 3
TIER 2	Data produksi tiap pabrik menurut jenis teknologi proses dan teknologi abatement N_2O	EF Default, jika EF tingkat pabrik tidak tersedia	
TIER 3	Data produksi tiap pabrik	faktor emisi tingkat pabrik yang diperoleh dari pengukuran emisi langsung	Sama dengan TIER 2

Metode Tier 1

Metode Tier 1 menggunakan data statistik nasional dan faktor emisi default dari IPCC GL 2006. Data yang dibutuhkan adalah:

- Data jumlah produksi asam adipat dalam unit ton. Data berupa statistik nasional dan apabila tidak tersedia data statistik nasional maka dapat menggunakan data kapasitas produksi secara nasional yang kemudian dikalikan dengan faktor utilitas sebesar 80%±10%

- Faktor emisi default diperoleh dari IPCC GL 2006 tabel 3.4 hal 3.30

Persamaan 3.7
Tier 1: Emisi N_2O dari Produksi Asam Adipat $\text{Emisi } N_2O = EF \bullet AAP$

dimana:

Emisi N_2O	:	emisi N_2O dari produksi asam adipat, kg
AAP	:	Produksi asam adipat, ton
EF	:	Faktor emisi (default) N_2O, kg N_2O/ ton produksi asam adipat

Metode Tier 2

Metode Tier 2 menggunakan data aktivitas per tingkat pabrik yang telah dipilah berdasarkan jenis teknologi abatement. Data yang dikumpulkan adalah data produksi asam adipat per pabrik per jenis teknologi abatement dalam unit ton. Faktor emisi yang digunakan spesifik yang berlaku di pabrik tersebut atau di Indonesia. Namun apabila data tidak tersedia dapat menggunakan default faktor emisi yang disediakan oleh IPCC GL 2006 di Tabel 3.4 hal 3.30.

Faktor destruksi *abatemen* dan faktor utilisasi abatemen dari Tabel 3.4 hal 3.30 IPCC 2006 GL. Namun sebelum menggunakan faktor ini, penginventori harus memverifikasi jenis teknologi abatemen yang digunakan di pabrik dan waktu operasinya sehingga tidak menimbulkan kesalahan dalam hasil kalkulasi emisi.

Persamaan 3.8
Tier 2: Emisi N_2O dari Produksi Asam Adipat $\text{Emisi } N_2O = \sum_{i,j} \left[EF_i \bullet AAP_i \left(1 - DF_j \bullet ASUF_j\right)\right]$

dimana:

Emisi N_2O	:	emisi N2O dari produksi asam adipat, kg
AAP_i	:	Produksi asam adipat jenis teknologi *i*, ton
EF_i	:	Faktor emisi N_2O jenis teknologi *i*, kg N_2O/ton produksi asam adipat
DF_j	:	Faktor destruksi untuk abatement jenis teknologi *j*, fraksi
$ASUF_j$	:	Faktor utilisasi untuk abatement jenis teknologi *j*, fraksi

Metode Tier 3

Prinsip utama Metode Tier 3 sama dengan Metode Tier 2 yaitu menggunakan data aktivitas per tingkat pabrik yang telah dipilah berdasarkan jenis teknologi abatement. Namun estimasi emisi diperoleh dari hasil pengukuran langsung menggunakan CEM secara periodik maupun tidak sehingga faktor emisi yang diperoleh dari pengukuran langsung di pabrik tersebut.

3.4. Produksi *Caprolactam*, *Asam Glyoxal* dan *Glyoxylic*

3.4.1 Deskripsi Kategori

Hampir semua produk Caprolactam($C_6H_{11}NO$) dikonsumsi sebagaimonomernilon-serat 6 dan plastic dan sebagian besar seratyang digunakandalam pembuatankarpet. Semua proses komersial untuk pembuatan caprolactam didasarkan pada toluene atau benzene. Dasar persamaan untuk memproduksi cyclohexanone adalah sebagai berikut ini.

Oksidasi NH_3 menjadi NO/NO_2

↓

NH_3 bereaksi dengan CO_2/H_2O menghasilkanamonium karbonat $(NH_4)_2CO_3$

↓

$(NH_4)_2CO_3$ dengan NO/NO_2 (oksidasi NH_3) menghasilkan ammonium nitrit (NH_4NO_2)

↓

NH_3 bereaksi dengan SO_2/H_2O untuk menghasilkan ammonium bisulphite (NH_4HSO_3)

↓

NH_4NO_2 dan NH_4HSO_3 bereaksi menghasilkan hidroksilamindisulfonate ($NOH(SO_3NH_4)_2$)

↓

$NOH(SO_3NH_4)_2$ dihidrolisa menghasilkan hidroksilaminsulfat $(NH_2OH)_2.H_2SO_4$) dan amonium sulfat ($(NH_4)_2SO_4$)

↓

Reaksi sikloheksanon:

$C_6H_{10}O + ½(NH_2OH)_2.H_2SO_4$ (+NH_3 and H_2SO_4) → $C_6H_{10}NOH + (NH_4)2SO_4 + H_2O$

penyusunan kembali Beckmann:

$C_6H_{10}NOH$ (+H_2SO_4 dan SO_2) → $C_6H_{11}NO.H_2SO_4$ (+$4NH_3$ and H_2O) → $C_6H_{11}NO$ + $2(NH_4)2SO_4$

3.4.2 Data yang diperlukan

Tabel 3.5 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi *Caprolactam*, *Asam Glyoxal* dan *Glyoxylic*

TIER	Data aktivitas	Faktor emisi	Parameter lainnya
TIER 1	data produksi nasional kaprolaktam	Baku (lihat IPCCGL2006 halaman3,36, dan 3,39 untuk Produksi Asam Glyoxal dan Glyoxylic)	Jika tingkat nasional data kegiatan tidak tersedia, informasi mengenai kapasitas produksidapat digunakan
TIER 2	data produksi tingkat pabrik yang dikelompokan menurut umur pabrik	Faktor baku, jika factor tingkat pabrik tidak tersedia	Mengumpulkan kegiatan (produksi) data pada tingkat detail yang konsisten dengan data pembangkitan dan penghancuran
TIER 3	data produksi tingkat pabrik	faktor emisi tingkat pabrik yang diperoleh dari pengukuran langsung emisi	Kumpulkan kegiatan (produksi) data pada tingkat detail yang konsisten dengan setiap pembangkitan dan data kerusakan

Metode Tier 1

Metode ini menggunakan data produksi nasionalkaprolaktam yang diperoleh dari statistik nasional namun apabila data tidak tersedia dari kegiatan tersebut dapat menggunakan data kapasitas produksi yang kemudian dikalikan dengan faktor utilitas sebesar 80%±20% (rentang 60%-100%). Faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi baku dari IPCC 2006 GL Tabel 3.5 hal. 3.36.

Produksi Glyoxal dan glyoxylic data dapat di estimasi apabila data tidak tersedia secara nasional dengan menggunakan Tabel 3.6 hal 3.39 IPCC 2006 GL. Estimasi emisi kemudian dilakukan seperti mengestimasi kaprolaktam.

Persamaan 3.9
Tier 1: Emisi N_2O dari Produksi Asam Caprolactam Emisi N_2O= EF • CP

dimana:

Emisi N_2O	:	emisi N_2O dari produksi caprolactam, kg
CP	:	Produksi caprolactam, ton
EF	:	Faktor emisi (*default*) N_2O, kg N_2O/ ton produksi asam caprolactam

Metode Tier 2

Metode ini memerlukan data aktivitas produksi kaprolaktam tingkat pabrik yang dikelompokkan menurut umur pabrik., jenis teknologi dan teknologi abatemen. Faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi baku dari IPCC GL 2006 tabel 3.5 hal 3.36 apabila data faktor emisi tingkat pabrik tidak tersedia.

Persamaan 3.10
Tier 2: Emisi N_2O dari Produksi Caprolactam $\text{Emisi } N_2O = \sum_{i,j}\left[EF_i \bullet CP_i \left(1 - DF_j \bullet ASUF_j\right)\right]$

dimana:

Emisi N_2O	:	emisi N_2O dari produksi caprolactam, kg
CP_i	:	Produksi caprolactam jenis teknologi *i*, ton
EF_i	:	Faktor emisi N_2O jenis teknologi *i*, kg N_2O/ton produksi caprolactam
DF_j	:	Faktor destruksi untuk abatement jenis teknologi *j*, fraksi
$ASUF_j$	:	Faktor utilisasi untuk abatement jenis teknologi *j*, fraksi

Metode Tier 3

Prinsip utama Metode Tier 3 sama dengan Metode Tier 2 yaitu menggunakan data aktivitas per tingkat pabrik yang telah dikelompokkan menurut umur pabrik., jenis teknologi dan teknologi abatemen. Namun faktor emisi diperoleh dari hasil pengukuran langsung menggunakan CEM secara periodik maupun tidak.

Tabel 3. 6 Angka default untuk produksi Glyoxal dan Asam Clyoxylic

Produk	**Faktor Timbulan N_2O (ton N_2O/ton)**	**Laju destruksi N_2O (%)**	**Faktor emisi N_2O (ton N_2O/ton)**	**Ketidak pastian (%)**
Glyoxal	0.52	80	0.10	±10
Glyoxylic acid	0.10	80	0.02	±10

Source: Babusiaux (2005)

3.5. Produksi Karbida

3.5.1 Deskripsi Kategori

Produksi karbida dapat mengakibatkan emisi karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), karbon monoksida (CO) dan sulfur dioksida (SO_2). Silikon karbida diproduksi dari pasir silika atau kuarsa dan kokas minyak bumi, yang digunakan sebagai sumber karbon, memiliki persamaan sebagai berikut:

$SiO_2+2C \rightarrow Si+2CO$
$Si+ C \rightarrow SiC$
atau $SiO_2 +3C \rightarrow SiC+2CO(+O_2 \rightarrow 2CO_2)$

Kalsiumkarbida (CaC_2) dibuat dengan pemanasan karbonat kalsium (kapur) dan selanjutnya mengurangi CaO dengan karbon misalnya, kokas minyak bumi. Kedua langkah menyebabkan emisi CO_2. Persamaan sebagai berikut:

$CaCO_3 \rightarrow CaO+CO_2$
$CaO+3C \rightarrow CaC_2+CO(+½O_2 \rightarrow CO_2)$

Untuk menghindari perhitungan ganda, emisi CO_2 dari gas pembakaran CO yang dihasilkan dalam proses produksi CaC_2 harus diperhitungkan di Sektor IPPU, dan tidak boleh dimasukkan dalam Sektor Energi.

Kokas minyak bumi yang digunakan dalam proses produksi harus dikurangi dari sektor energy sebagai penggunaan non-energi kokas minyak bumi. Produksi dan penggunaan asetilena untuk aplikasi pengelasan:

$CaC_2+2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2(+2.5O_2 \rightarrow 2CO_2+H_2O)$

3.5.2 Data yang diperlukan

Tabel 3. 7 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Karbida

TIER	Data aktivitas	Faktor emisi	Parameter lainnya
TIER 1	data pada kokas minyak bumi yang digunakan dalam produksi karbida atau produksi nasional karbida	Baku (lihat IPCC GL 2006 halaman 3.44)	Ketika karbida produksi digunakan sebagai data kegiatan, EF harus emisi rata-rata CO_2 per unit keluaran untuk produksi karbida,CO_2/ton produksi karbida. Ketika konsumsi kokas minyak bumi digunakan sebagai data kegiatan, EF

TIER	Data aktivitas	Faktor emisi	Parameter lainnya
			harus CCF (karbon factor konten) dikalikan dengan COF (karbon factor oksidasi) dikalikan dengan44/12dan disesuaikan untuk memperhitungkan C yang terkandung dalam produk, ton bahan CO2/tone digunakan
TIER 2	data tingkat pabrik pada karbida yang dihasilkan dan jumlah CaC_2 digunakan dalam produksi asetilena untuk aplikasi pengelasan	Baku (lihat IPCC GL 2006 halaman 3.44), kecuali untuk jumlah C terkandung dalam produk tersebut	
TIER 3	data tingkat pabrik pada karbida yang dihasilkan dan jumlah CaC_2 digunakan dalam produksi asetilena untuk aplikasi pengelasan	tingkat pabrik data untuk semua variable kecuali CCF dan COF dari kokas minyak bumi di mana nilai-nilai Sektor Energi Negara tertentu dapat digunakan	

Metode Tier 1

Metode ini data yang dibutuhkan data kokas minyak bumiyang digunakan dalam produksikarbidaatau produksinasionalkarbida. Faktor emisi yang digunakan berdasarkan pada data aktivitas yang digunakan (Tabel 3.7 dan 3.8 hal.3.44).

- Data produksi karbida sebagai data aktivitas maka faktor emisi yang digunakan emisirata-rata CO_2 per unitkeluaran produksi karbida, ton CO_2/ton produksi karbida.

Persamaan 3.11
Tier 1: Emisi CO_2 dari Produksi Karbida Emisi CO_2 = AD • EF

dimana:

Emisi CO_2 : emisi CO_2 dari produksi karbida, kg

AD : data aktivitas konsumsi petroleum coke atau produksi karbida, ton bahan baku atau ton produksi karbida

EF : Faktor emisi CO_2. Terdapat dua opsi berikut:

- Jika produksi karbida digunakan sebagai data aktivitas, EF = rata-rata faktor emisi CO_2 per satuan output karbida, ton CO_2/ton produksi karbida.
- Jika konsumsi petroleum coke digunakan sebagai data aktivitas, EF= CCF (*carbon content factor*) dikalikan dengan COF (carbon oxidation factor) dikalikan 44/12 dan dikoreksi untuk memperhitungkan C yang dikandung dalam produk, ton CO2/ton material yang dikonsumsi .

SiC=0,35→EF=0,65•CCF•COF•44/12

CaC2=0,67→EF=0,33•CCF•COF• 44/12

Dimana:
CCF = faktor kandungan karbon
COF = faktor oksidati karbon
0,35 dan 0,65 adalah faktor penyesuaian

Metode Tier 2

Data yang digunakan adalah data aktivitas tingkat pabrik berupa data produksi karbida dan jumlah kandungan C nya. Data penggunaan CaC2 dalam aplikasi welding juga perlu diperhitungkan. Faktor emisi yang digunakan berupa nilai baku dari IPCC Guidelines 2006 Tabel 3.7 dan 3.8 hal. 3.44

Metode Tier 3

Data yang digunakan adalah data aktivitas tingkat pabrik berupa data konsumsi kokas minyak bumi dan nilai CCF dan COF apabila tersedia. Apabila nilai CCF dan COF maka dapat digunakan nilai spesifik yang berlaku di Indonesia dari energi sektor. Penggunaan CaC_2 untuk memproduksi acetylene untuk aplikasi *welding* perlu diperhitungkan.

Tabel 3. 8 Faktor *Default* untuk Emisi CO_2 dan CH_4 dari Produksi Silicon Karbit

	Faktor Emisi			
Proses	**ton CO2/ton bahan baku**	**kg CH4/ton bahan baku**	**ton CO2/ton karbida**	**kg CH4/ton karbida**
Produksi Silicon carbide	2.30	10.2	2.62	11.6

Source: Revised 1996 IPCC National Greenhouse Gas Inventories, Vol.3, p.2.21 (IPCC, 1997)

Contoh perhitungan

Produksi Karbida dari SiC = 27,396.09 ton.
Faktor emisi untuk SiC = 2.62 tonne CO_2/ton produksi karbit.

Emisi CO_2 = Produksi Karbida dari SiC x Faktor emisi untuk SiC
= 27.396,09 ton x 2,62 ton CO_2/ton produksi karbit
= 71.778 ton CO_2

Emisi CO_2 konversi ke gigagrams CO_2 = 71,778 / 1000 = 0,072 Gg CO_2.

Tabel 3.9 Worksheet cotoh hasil perhitungan sektor produksi karbida

Sektor	**IPPU**			
Kategori	**Industri Kimia – Produksi karbid**			
Kode Kategori	**2B5**			
Lembar	**2 dari 6 emisi CO_2 (Perhitungan berdasarkan produksi karbida)**			
Jenis karbida yang diproduksi	A Jumlah karbida yang diproduksi (ton)	B Faktor emisi (ton CO_2/ton produksi karbida)	C Emisi CO_2 (ton CO_2)	D Emisi CO_2 (Gg CO_2)
			C = A * B	D = C/10^3
Silicon Carbide (SiC)	27396.09	2.62	71778	**0.072**
Calcium Carbide (CaC_2)	22445	1.09	24465	**0.024**
Note: Inventory compilers should use either this sheet (2 of 6) or the previous sheet (1 of 6), not both.				

3.6. Produksi Titanium Dioksida

3.6.1 Deskripsi Kategori

Titanium dioksida (TiO_2) merupakan salah satu dari pigmen putih yang paling umum digunakan. Penggunaan utama adalah dalam pembuatan cat diikuti oleh kertas, plastik karet, keramik, kain, dan lainnya

3.6.2 Data yang diperlukan

Tabel 3. 10 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Titanium Oksida

TIER	Data aktivitas	Faktor emisi	Parameter lainnya
TIER 1	Produksi nasional teraktitanium, rutilsintetis dan rutil TiO2	Baku (lihat IPCC GL 2006 halaman 3.49)	
TIER 2	Jumlah penggunaan pereduksi, total konsumsi karbon elektroda, dan jumlah masukan carbothermal	Kandungan C dari input pereduksi dan carbothermal bersama dengan proporsi C yang teroksidasi	
TIER 3	-	-	

Metode Tier 1

Data yang diperlukan untuk Metode tier 1 adalah data produksi titanium tingkat nasional dari statistik Indonesia yaitu data produksi nasional ampas/terak (*slag*) titanium, rutil titanium oksida dan sintetik rutil titanium oksida. Unit data produksi titaniun adalah ton. Apabila informasi secara nasional statistik tidak tersedia maka data mengenai kapasitas produksi nasional dapat digunakan untuk mengestimasi data produksi titanium tersebut. Estimasi dilakukan dengan mengalikan data kapasitas produksi nasional dengan faktor utilitas sebesar 80% (rentang faktor utilitas 70%-90%).

Faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi baku yang disediakan oleh IPCC GL 2006 (Tabel 3.9 hal 3.49) apabila informasi tentang faktor emisi tingkat pabrik tidak tersedia.

Persamaan 3.12

Tier 1: Emisi CO2 dari produksi ***TITANIUM SLAG, SYNTHETIC RUTILE AND RUTILE TIO₂***

$$\text{Emisi } CO_2 = \sum_i \left(AD_i \bullet EF_i \right)$$

dimana:

Emisi CO_2	:	emisi CO_2, ton
AD	:	Produksi titanium *slag*, *synthetic rutile* atau *rutile* TiO_2 (produk jenis *i*), ton
EF	:	Faktor emisi CO_2 per satuan produksi titanium slag, *synthetic rutile* atau *rutile* TiO_2 (product jenis *i*), ton CO_2/ton produk

Metode Tier 2

Metode tier 2 menggunakan data konsumsi agen pereduksi untuk karbon elektroda (terak titanium) dan batu bara (rutil sintetis) pada proses Becher dan penggunaan (input) carbonthermal (kokas minyak bumi) rutil TiO_2 pada proses penghilangan (rout) klorida. Data yang digunakan adalah data konsumsi tingkat pabrik. Satuan yang digunakan untuk data aktivitas ini adalah GJ

Faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi baku yang disediakan oleh IPCC GL 2006 (Tabel 3.9 hal 3.49) apabila informasi tentang faktor emisi tingkat pabrik tidak tersedia.

Kandungan karbon dan faktor oksidasi karbon pada agen pereduksi atau kokas minyak bumi pada tingkat pabrik perlu diketahui karena kunci perhitungan dari metode Tier 2 adalah kandungan karbon. Satuan untuk kandungan karbon adalah kg C/GJ dan faktor oksidasi karbon adalah fraksi.

Persamaan 3.13

Tier 2: Emisi CO_2 dari produksi ***TITANIUM SLAG, SYNTHETIC RUTILE AND RUTILE TIO₂***

$$\text{Emisi } CO_2 = \sum_i \left(AD_i \bullet CCF_i \bullet COF_i \bullet 44/12 \right)$$

dimana:

Emisi CO_2	:	emisi CO_2, kg
AD	:	Produksi titanium slag, synthetic rutile atau rutile TiO2 jenis produk *i*), ton
CCF_i	:	Faktor kandungan karbon dari agen pereduksi atau jenis input carbothermal *i*, kg C/GJ
COF_i	:	Faktor oksidasi karbon untuk agen pereduksi atau jenis input carbothermal *i*, fraction

3.7. Produksi Soda Abu

3.7.1 Deskripsi Kategori

Soda abu (sodium karbonat, Na_2CO_3) adalah padatan kristal putih yang digunakan sebagai bahan baku dalam sejumlah besar industri termasuk pembuatan kaca, sabun dan deterjen, pulp dan produksikertas sertapengolahan air. Karbon dioksida diemisikan dari penggunaan soda abu dan emisi tersebut dihitung sebagai sebuah sumber dibawah penggunaan energi. CO2 juga diemisikan selama produksi dengan jumlah emisi tergantung pada proses industri yang digunakan untuk pembuatan soda abu. Emisi CO_2 dapat diperkirakan berdasarkan persamaan reaksi kimia dibawah ini.

$$2Na_2CO_3.NaHCO_3.2H_2O \text{ (Trona)} \rightarrow 3Na_2CO_3 \text{ (Soda Abu)} + 5H_2O + CO_2$$

3.7.2 Data yang diperlukan

Tabel 3. 11 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Soda abu

TIER	Data aktivitas	Faktor emisi	Parameter lainnya
TIER 1	data konsumsi Tronanasional atau produksi nasional abu soda alam	Faktor standar emisi yang berasal dari perbandingan stoikiometri soda abu yang diproduksi dengan sodium sesqui carbonate yang dimurnikan dari Trona	
TIER 2	Jumlah Tronauntuk produksi soda abu dan jumlah abu soda alami diproduksi di pabrik masing-masing	tingkat pabrik faktor emisi per unit masukan Tronaatau perunit output abu soda alam	
TIER 3	-	-	

Metode Tier 1

Data Metode Tier 1 berdasarkan pada data aktivitas statistik nasional dan faktor emisi baku IPCC. Data aktivitas yang digunakan adalah penggunaan Trona atau soda abu yang diproduksi dalam unit ton.

Faktor emisi baku dari IPCC GL 2006 menyediakan bahwa faktor emisi trona sebesar 0,097 ton CO_2/ton trona yang digunakan dan faktor emisi soda abu sebesar 0,138 ton CO_2/ton soda abu yang dihasilkan.

Persamaan 3.14
Tier 1: Emisi CO_2 dari produksi soda ash alami Emisi $CO_2 = AD \bullet EF$

dimana:

Emisi CO_2	:	emisi CO_2, ton
AD	:	Banyaknya Trona yang digunakan atau produksi soda ash, ton Trona atau ton produksi soda ash
EF	:	Faktor emis per unit satuan input Trona atau output soda ash, ton CO2/ton Trona atau ton CO2/ton soda ash EF Trona = 0.097 ton CO2/ton Trona, EF Soda Ash =0.138 ton CO2/ton soda ash

Metode Tier 2

Prinsip perhitungan emisi metode Tier 2 sama dengan prinsip perhitungan metode Tier 1, hanya saja data yang dibutuhkan untuk metode ini adalah data konsumsi trona atau soda abu yang diproduksi pada data tingkat pabrik.

Faktor emisi yang digunakan sebaiknya faktor emisi spesifik yang berlaku pada pabrik tersebut. Namun apabila tidak tersedia maka dapat menggunakan faktor emisi baku dari IPCC GL 2006.

Metode Tier 3

Metode Tier 3 menggunakan prinsip pengukuran langsung (*direct measurement*) emisi CO_2 pad tingkat pabrik. Total emisi CO_2 adalah jumlah emisi CO_2 dari semua pabrik yang di inventarisasi.

3.8. Produksi Petrokimia dan *Black Carbon*

3.8.1 Deskripsi Kategori

Industripetrokimiamenggunakanbahan bakar fosil (misalnya, gas alam) atau produk kilang minyak bumi (misalnya: nafta) sebagai bahan baku dan dibahas secara rinci karena volume produksi global dan emisi gas rumah kaca terkait yang relatif besar. Metanol dibuat dengan cara steam *reforming* gas alam. Uap hasil reformasi dan pergeseran reaksi menghasilkan'gas sintesis' yang terdiri dari CO_2, karbon monoksida (CO) dan hydrogen (H_2). Sedangkan etilen dibuat dengan cara *cracking* uap bahan baku petrokimia. Di seluruh dunia hampir semua etilen diklorida (1,2dikloroetana) dibuat dengan cara klorinasi langsung atau *oxychlorinationetilena*, atau dengan kombinasi dari dua proses (disebut sebagai 'proses seimbang').

Etilenoksida (C_2H_4O) yang diproduksi dengan mereaksikan etilen dengan oksigen melalui katalis. Dengan produk CO_2 dari oksidasi langsung dari bahan baku ethylene akan dihilangkan dari proses aliran ventilasi menggunakan larutan karbonat daur ulang dan CO_2 yang didapat dilepaskan ke atmosfer atau disimpan untuk pemanfaatan lebih lanjut (misalnya, produksi makanan).

Lebih dari 90 persen dari akrilonitril (vinilsianida) dibuat dengan cara *ammoxidation* langsung dari propilena dengan ammonia (NH_3) dan oksigen lebih katalis. Akrilonitril juga dapat diproduksi oleh *ammoxidation propane* atau langsung dari reaksi propane dengan hidrogen peroksida. Selain itu, semua *black carbon* yang dihasilkandari bahan baku berbasis minyak bumi atau berbasis batu bara menggunakan proses '*black furnace*'.

3.8.2 Data yang diperlukan

Tabel 3. 12 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Petrokimia dan *Black Carbon*

TIER	Data aktivitas	Faktor emisi	Parameter lainnya
TIER 1 (CO2)	dapat dihitung dari bahan baku tertentu	Angka default IPCC GL 2006 (halaman 3.73, 3.74, 3.75, 3.77, 3.78, 3.79, 3.80)	Produksi tahunan petrokimia= (konsumsi tahunan k bahan baku dikonsumsi untuk produksi petrokimia) * (produk faktor produksi spesifik utama untuk petrokimiai dan bahan baku k)
TIER 2	dapat dihitung dari bahan baku	-	produksi tahunan produk sekunder dari produksi

TIER	Data aktivitas	Faktor emisi	Parameter lainnya
(CO2)	tertentu		etilen produksi tahunan produk sekunder dari produksi akrilonitril
TIER 3 (CO2)	dapat dihitung dari bahan baku tertentu	mungkin berhubungan dengan produksi tahunan untuk estimasi emisi antara pengukuran saat ini yang tidak terus menerus	CO_2 yang dihasilkan dari bahan bakar atau proses berdasarkan produk yang dibakar CO_2 yang dipancarkan dari obor
TIER 1 (CH4)	dapat dihitungdari bahan bakutertentu	Angka default IPCC GL 2006 (halaman 3.76, 3.78, 3.79, 3.80)	
TIER 2 (CH4)	-	-	
TIER 3 (CH4)	dapat dihitung dari bahan baku tertentu	dapat berhubungan dengan produksi tahunan untuk estimasi emisi antara pengukuran saat ini yang tidakt erus menerus	

Emisi CO_2

Metode Tier 1

Metode Tier 1 hanya membutuhkan data aktivitas jumlah produksi produk petrokimia per jenisnya (metanol, etilen, etilen diklorida, etilen oksida dan akrionitril dan *black* karbon) per tahun.Unit data aktivitas produksi berupa unit ton.

Persamaan 3.15
Tier 1: Emisi CO_2 dari produksi soda *ash* alami $\text{Emisi } CO2_i = PP_i \bullet EF_i \bullet GAF /100$

dimana:

Emisi CO_2i	:	emisi CO_2 dari produksi petrokimia jenis *i*, ton
PPi	:	Produksi tahunan petrokimia jenis *i*, tonnes
EF_i	:	Faktor emisi CO_2 emission untuk petrokimia jenis *i*, ton CO_2/ton produk
GAF	:	Geographic Adjustment Factor (untuk Tier 1 faktor emisi CO_2 untuk produksi ethylene, lihat Table 3.15), persen

Apabila data tahunan produksi produk utama tidak tersedia maka dapat diestimasi dari konsumsi bahan baku (*feedstock*) dengan menggunakan rumus:

Persamaan 3.16

Perhitungan estimasi produksi produk primer

$$PP_i = \sum_k \left(FA_{i,k} \bullet SPP_{i,k} \right)$$

dimana:

PP_i	:	Produksi tahunan petrokimia jenis *i*, ton
$FA_{i,k}$	:	Konsumsi tahunan bahan baku *k untuk* produksi petrokimia jenis (*i*), ton
$SPP_{i,k}$	:	Faktor produksi produk primer untuk produksi petrokimia jenis *i dan bahan baku k* ,ton produk primer/ton konsumsi bahan baku
i	:	Jenis produk petrokimia
k	:	Jenis bahan baku (*Feedstock*)

Nilai faktor konsumsi bahan baku per produk yang dihasilkan dapat diperoleh di:

Tabel 3. 13 Daftar faktor konsumsi sektor produksi Petrokimia dan *Black Carbon*

Parameter	Bahan Baku	Tabel/Halaman di IPCC GL 2006	Keterangan
Metanol	Daftar ada di Tabel	Tabel 3.13/hal. 3.74	
Etilen	Daftar ada di Tabel	Tabel 3.25/hal. 3.82	
Etilen diklorida	Etilen	Tabel 3.18/hal. 3.77	
Etilen dioksida	Etilen	Tabel 3.20/hal. 3.78	
Akrilonitril	Propilen		Nilai SPP = 1,09 ton konsumsi propilen/ ton produksi akrilonitril

Faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi baku dari IPCC GL 2006 untuk CO_2 dan ditabulasi dalam tabel berikut:

Tabel 3. 14 Faktor emisi default CO2 untuk sektor produksi Petrokimia dan *Black Carbon*

Parameter	Produk	Tabel Faktor Emisi	Halaman di IPCC GL 2006
CO_2	Metanol	3.12	3.73
	Etilen	3.14	3.75
	Etilen diklorida	3.17	3.77
	Etilen oksida	3.20	3.78
	Akrilonitril	3.22	3.79
	Black karbon	3.23	3.80

Nilai faktor penyesuaian terhadap geografis dapat dilihat di IPCC guidelines 2006 Tabel 3.15 halaman 3.75

Metode Tier 2

Metode ini menggunakan metode pendekatan kesetimbangan karbon bahan baku spesifik dan proses spesifik yang berlaku pada pabrik tersebut. Metode ini dapat digunakan apabila tersedia data konsumsi bahan baku dan data produk primer, produk sekunder dan disposisi. Data alir karbon (carbon flow) dibutuhkan untuk mengimplementasikan metode ini. Data yang dibutuhkan untuk menggunakan metode Tier 2 adalah sebagai berikut:

- Konsumsi tahunan bahan baku *k* untuk produk petrokimia *i*dalam unit ton. *k* adalah jenis bahan baku dan *i* adalah jenis produk petrokimia yang diproduksi.
- Data tahunan produksi produk primer dari petrokimia*i* dalam unit ton, dimana *i* adalah jenis produk petrokimia

Persamaan 3.17

Tier 2 Emisi CO2 berdasarkan Keseimbangan Massa

$$ECO2_{i} = \left\{ \sum_{k} \left(FA_{i,k} \bullet FC_{k} \right) - \left[PP_{i} \bullet PC_{i} + \sum_{k} \left(SP_{i,j} \bullet SC_{j} \right) \right] \right\} \bullet 44/12$$

dimana:

ECO_2i	:	Emisi CO_2 dari produksi petrokimia jenis *i*, tonnes
$FA_{i,k}$	:	Konsumsi tahunan bahan baku *k untuk* produksi terokimia jenis (i), ton
$SPP_{i,k}$	:	Faktor produksi produk primer untuk produksi petrokimia jenis *i dan bahan baku k* ,ton produk primer/ton konsumsi bahan baku
FC_k		carbon content bahan baku *k*, ton C/ton bahan baku
PP_i	:	Produksi tahunan petrokimia primer jenis *i*, ton
PC_i	:	carbon content produk petrokimia primer jenis *i*, ton C/ton produk
$SP_{i,j}$	:	Banyaknya produk sekunder *j* yang dihasilkan dari proses produksi untuk petrokimia *i*, ton [Nilai $SP_{i,j}$ adalah nol untuk proses produksi methanol, ethylene dichloride, ethylene oxide, dan carbon black karena tidak ada produk sekunder dari proses-proses tersebut. Untuk produksi ethylene dan acrylonitrile, lihat produksi produk sekunder Persamaan 3.18 dan 3.19 berikut untuk menentukan harga SPi,j.]

- Data tahunan produksi produk sekunder*j* yang terproduksi dari proses produksi petrokimia *i* produk dalam unit ton. Dimana *i*jenis produk petrokimia dan *j* adalah jenis produk sekunder. Untuk produksi metanol, etilen diklorida, etilen oksida, dan *black* karbon nilai produk sekunder nya adalah nol karena selama proses tidak terbentuk produk sekunder, sedangkan untuk produksi etilen dan akrilonitril ada pembentukan produk sekunder yang dihitung dengan persamaan:

Etilen

Persamaan 3.18

$$SP_{Ethylene,j} = \sum_k \left(FA_{ethylene,k} \bullet SSP_{j,k} \right)$$

Dimana;

$SP_{etilen,j}$ = produksi tahunan produk sekunder *j* dari proses produksi etilen, dimana j adalah jenis produk sekunder, ton

$FA_{etilen,k}$ = konsumsi tahunan bahan baku *k* yang digunakan dalam memproduksi etilen, ton

$SSP_{j,k}$ = faktor spesifik dari produksi produk sekunder untuk produksekunder *j* dan bahan baku *k* dalam unit ton produk sekunder/ton konsumsi bahanbakar.

Akrilonitril

Persamaan 3.19
$SP_{acrylonitrile,j} = \sum_{k} \left(\mathrm{FP}_{\mathrm{acrylonitrile,k}} \bullet \mathrm{SSP}_{\mathrm{j,k}} \right)$

Dimana;

$SP_{akrilonitril,j}$ = produksi tahunan produk sekunder *j* dari proses produksi akrilonitril. Dimana j adalah jenis produk sekunder, ton

$FP_{akrilonitril,k}$ = produksi tahunan akrilonitril dari bahan baku k yang digunakan dalam, ton

$SSP_{j,k}$ = faktor spesifik dari produksi produk sekunder untuk Produksekunder *j* dan bahan baku *k* dalam unit ton produk sekunder/ton konsumsi bahan bakar.

Nilai SSP untuk setiap produk sekunder dapat dilihat di IPCC GL 2006 Tabel 3.25 untuk etilen dan Tabel 3.26 untuk akrilonitril di halaman 3.82.

- Nilai karbon kandungan bahan bakudapat diperoleh dari IPCC GL 2009 pada tabel 3.10 hal. 3.69 dengan unit ton C/ton konsumsi bahan baku
- Nilai karbon kandungan produk primer dan produk sekunder petrokimia dapat diperoleh dari IPCC GL 2009 pada tabel 3.10 hal. 3.69 dengan unit ton C/ton produk petrokimia. Beberapa bahan baku yang berupa bahan bakar (mis. Naphta dan natural gas. dsb), nilai kandungan karbon dapat dilihat di tabel 1.3 IPCC GL 2006 sektor energi atau menggunakan kandungan karbon spesifik yang berlaku di Indonesia.

Metode Tier 3

Metode Tier 3 menggunakan spesifik data yang berlaku di pabrik tersebut untuk mengestimasi CO_2 dari proses petrokimia. Dalam mengaplikasikan metode ini dibutuhkan data dan/atau hasil pengukuran langsung emisi CO_2 spesifik yang berlaku di pabrik tersebut.Proses petrokimia yang termasuk dalam metode ini adalah:

(1) Proses pembakaran bahan bakar atau proses pembakaran *by-product* untuk menyediakan panas atau energi panas untuk proses produksi
(2) CO_2 emisi dari ventilasi
(3) CO_2 emisi dari suar bakar (*flare*) gas buang.

- Emisi CO2 dari proses pembakaran dan suar api (*flaring*) gas buang dapat diestimasi dari nilai NCV (*net calorific value*) spesifik yang berlaku di pabril tersebut atau negara Indonesia. Apabila tidak tersedia dapat menggunakan NCV baku di Tabel 1.2 sektor energi IPCC GL 2006

- Faktor emisi yang digunakan untuk mengestimasi CO_2 dari proses diatas diperoleh dari konversi nilai kandungan karbon C ke CO_2 dari faktor kandungan karbon pada bahan bakar, faktor pembakaran oksidasi dan konstanta (44/12). Nilai kandungan karbon dapat diperoleh di tabel 1.3 pada 2006 sektor energi. Apabila nilai faktor emisi spesifik yang berlaku tidak tersedia dapat menggunakan faktor emisi baku di IPCC GL 2006 tabel 1.4 sektor energi.
- Emisi CO_2 dari ventilasi diperoleh melalui pengukuran secara langsung hingga ada persamaan lebih lanjut yang tersedia.

Persamaan 3.20

$$ECO2_i = E_{Combustion,i} + E_{Process\ Vent,i} + EF_{lare,i}$$

Persamaan estimasi CO_2 **dari proses pembakaran**

Persamaan 3.21

$$E_{combustion,i} = \sum_k (FA_{i,k} \times NCV_k \times EF_k)$$

Dimana;

$FA_{i,k}$ = jumlah konsumsi bahan bakar *k* untuk proses produksi bahan petrokimia *i* dalam unit ton. *k* adalah jenis bahan bakar dan *i* adalah jenis produk petrokimia.

NCV_k = *net calorific value* dari bahan bakar k, TJ/kg

EF = Faktor emisi CO_2 dari bahan bakar k, ton CO_2/TJ

Persamaan estimasi CO_2 **dari proses suar bakar (*flare*) gas buang**

Persamaan 3.22

$$E_{flare,i} = \sum_k (FG_{i,k} \times NCV_k \times EF_k)$$

Dimana;

$FA_{i,k}$ = jumlah gas *k* yang di *flared* selama proses produksi bahan petrokimia *i* dalam unit ton. *k* adalah jenis bahan bakar dan *i* adalah jenis produk petrokimia.

NCV_k = *net calorific value* dari bahan bakar k, TJ/kg

EF = Faktor emisi CO_2 dari gas yang di *flared* k, ton CO_2/TJ

Emisi CH_4

Metode Tier 1

Prinsip penghitungan metode tier 1 emisi CH_4 sama dengan prinsip penghitungan metode tier 1 emisi CO_2. Data yang digunakan adalah jumlah produksi produk petrokimia per tahun apabila data tidak tersedia maka data produksi per tahun dapat diestimasi menggunakan persamaan seperti pada metode tier 1 emisi CO_2.

Total emisi CH_4 adalah penjumlahan dari emisi fugitif CH_4 dengan emisi CH_4 dari proses ventilasi. Emisi fugitif terdiri dari emisi yang diemisikan oleh flensa (*flanges*), katup (*valves*) dan peralatan proses lainnya. Selain dari proses petrokimia itu sendiri emisi CH_4 juga berasal dari proses ventilasi berasal dari pembakaran tidak sempurna dari suar api gas buang.

Data yang dibutuhkan dalam mengestimasi emisi fugitif dan emisi proses ventilasi adalah sebagai berikut:

- Jumlah produksi produk petrokimia i dalam unit ton. apabila data tidak tersedia dapat diestimasi dengan persamaan seperti pada metode tier 1 emisi CO_2.

Persamaan 3.23
$ECH4_{fugitive,i} = PP_i \bullet EFf_i$

Persamaan 3.24
$ECH4_{Process\ vent,i} = PP_i \bullet EFp_i$

Persamaan 3.25
$ECH4_{Total,i} = ECH4_{fugitive,i} + ECH4_{Process\ vent,i}$

dimana:

ECH_4 Total,i	:	Total emisi CH_4 dari produksi petrokimia *i*, kg
ECH_4 Fugitive,i	:	Emisi fugitive CH_4 dari produksi petrokimia jenis *i*, kg
ECH_4 Process Vent,i	:	Emisi CH_4 vent proses dari produksi petrokimia jenis *i*, kg
PPi	:	Produksi tahunan petrokimia jenis *i*, ton
EFfi	:	Faktor emisi CH_4 fugitive untuk petrokimia jenis *i*, kg CH_4/ton produk
EFpi =	:	Faktor emisi CH_4 vent proses untuk petrokimia jenis *i*, kg CH_4/ton produk

- Faktor emisi CH_4 dari fugitif dan proses ventilasi dalam unit kg CH_4/ton produk produksi petrokimia.Nilai baku faktor emisi (FE) fugitif diestimasi dari faktor emisi VOC dan profil jenis/spesies VOC yang diemisikan. Tabulasi faktor emisi adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 15 Daftar tabel faktor emisi CH4 sektor produksi Petrokimia dan Black Carbon

Parameter	Produk petrokimia	Tabel faktor emisi	Halaman di IPCC GL 2006	Keterangan
CH_4	Metanol			Faktor emisi baku dari IPCC GL 2006 sebesar 2,3 kg CH_4/ ton produksi metanol
	Etilen	3.16	3.76	Faktor emisi fugitif dengan: • *Steam cracking* dari Naphtha = 3 kg/ton produksi etilen • *Steam cracking* dari Etan = 6 kg/ton produksi etilen
	Etilen diklorida (EDC)	3.19	3.78	• Etilen diklorida tidak menghasilkan emisi CH_4 fugitif • Faktor emisi tidak berlaku apabila pabrik hanya memproduksi EDC tetapi produksi EDC/VCM • Apabila data konsumsi natural gas tersedia maka faktor emisi sebesar 5 g CH_4/GJ dapat digunakan
	Etilen oksida	3.21	3.79	Faktor emisi fugitif dilaporkan di IPCC LVOC BAT
	Akrilonitril			Faktor emisi sebesar 0,18 kg CH_4/ ton produksi akrilonitril
	Black karbon	3.24	3.80	

Metode Tier 2

Metode kesetimbangan massa karbon bahan baku tidak cocok untuk menghitung emisi CH_4.

Metode Tier 3

Metode ini dapat dihitung dengan dua cara, pertama yaitu seperti yang dijelaskan pada metode tier 3 emisi CO_2 hanya saja faktor emisinya berbeda. Faktor emisi dapat berhubungan dengan produksi tahunan untuk estimasi emisi CH_4 antara pengukuran langsung ketika tidakterus menerus.

Kedua dengan pengukuran langsung di udara ambien. Hasil emisi diperoleh dari konsentrasiparameter yang diukur secara langsung dipabrik. Adapun konsentrasi yang dibutuhkan:

- Konsentrasi VOC (senyawa organik volatil) pada pabrik tersebut dengan unit µg/m^3.
- Konsentrasi latar (*background concentration*) di lokasi latar (background location) dengan unit µg/m^3.
- Fraksi metan (CH_4) dalam total VOC dengan unit fraksi
- Kecepatan angin di pabrik dengan unit m/s
- Luas *plume* area

Persamaan 3.26

$$ECH4_i = E_{Combustion,i} + E_{Process\ Vent,i} + EF_{lare,i}$$

dimana:

ECH_{4i} : CH_4 emissions from production of petrochemical *i*, kg

$E_{Combustion,i}$: CH_4 yang diemisikan dari bahan bakar atau by-product proses yang dibakar untuk menyediakan panas atau energi termal kepada proses produksi petrokimia jenis *i*, kg

$E_{Process\ Vent,i}$: CH_4 diemisikan dari vents selama produksi petrokimia jenis *i*, kg

$E_{Flare,i}$: CH_4 diemisikan dari flare gas buang (waste gases) selama produksi petrokimia jenis *i*, kg

Persamaan 3.27

$$E_{Combustion,i} = \sum_k \left(FA_{i,k} \bullet NCV_k \bullet EF_k \right)$$

dimana:

$FA_{i,k}$: Banyaknya bahan bakar *k* yang dikonsumsi untuk produksi petrokimia jenis *i*, ton

NCV_k : Nilai kalor neto bahan bakar *k*, TJ/ton

EF_k : Faktor emisi CH_4 bahan bakar *k*, kg/TJ

Persamaan 3.28

$$E_{Flare,i} = \sum_k \left(FG_{i,k} \bullet NCV_k \bullet EF_k \right)$$

dimana:

$FG_{i,k}$: Banyaknya flare gas *k* yang dibakar selama produksi petrokimia jenis *i*, ton

NCV_k : Nilai kalor neto flare gas *k*, TJ/tonne

EF_k : Faktor emisi CH_4 flared gas *k*, kg/TJ

Contoh perhitungan:

Diketahui:
Jumlah produksi Metanol di *Conventional Steam Reforming*, *Lurgi Conventional Process* sebesar = 794.469 tonne.
Faktor emisi = 0,385 ton CO_2/ton metanol.

CO_2Emisi = Jumlah produksi Metanol di *Conventional Steam Reforming*, *Lurgi Conventional Process* x Faktor emisi
= 794.469 ton x 0,385 ton CO_2/ton metanol
= 305.871 ton CO_2

CO_2 emisi dikonversi ke Gigagrams CO_2 = 305,871 atau sekitar 305.9 Gg CO_2.

Tabel 3. 16 Worksheet contoh perhitungan emisi CO_2 sektor produksi petrokimia dan Black Carbon

Sektor	**IPPU**			
Kategori	**Industri Kimia – Produksi Petrokimia dan *Black Carbon***			
Kode Kategori	**2B8**			
Lembar	**1 dari 12 CO_2 Emissions dari Produksi Methanol**			
Jenis proses/Jenis bahan baku [1), 2)]	A Jumlah produksi metanol (ton)	B Faktor emisi ($tonCO_2$/tonproduksi methanol)	C CO_2 Emisi (ton CO_2)	D CO_2 Emisi (Gg CO_2)
			C = A * B	D = C/10^3
Conventional Steam Reforming, Lurgi Conventional Process				
Natural gas	794469	0.385	305871	305.9
Total				**305.871**

1) For details of process types and feedstock types, see Table 3.12 in Chapter 3 of Volume 3. For the default process type and the default feedstock, see Table 3.11 in Chapter 3 of Volume 3.
2) Insert additional rows if necessary.

Diketahui
Total produksi metanol = 794,469 ton.
Faktor emisi = 2.3 kg CH_4/ton.
Emisi CH_4 = Total produksi metanol x Faktor emisi
= 794,469 ton x 2.3 kg CH_4/ton
= 1,827,279 kg.
CH_4 Emisi dikonversi ke gigagrams = 1,827,279 / 10^6 = 1.83 Gg.

Tabel 3. 17 Worksheet contoh perhitungan emisi CH_4 sektor produksi petrokimia dan Black Carbon

Sektor	**IPPU**		
Kategori	**Industri Kimia – Produksi Petrokimia dan *Black Carbon***		
Kode Kategori	**2B8**		
Lembar	**1 dari 12 Emisi CH_4 dari Produksi Methanol**		
A Jumlah Produksi Metana (ton)	B Faktor emisi (kg CH_4/ton produksi metanol)	C Emisi CH_4 (kg)	D Emisi CH_4 (Gg)
		C = A * B	D = C/10^6
794469	2.3	1827279	**1.83**

3.9. Produksi *Fluorochemical*

3.9.1 Deskripsi Kategori

Trifluoromethane (HFC-23 atau CHF_3) dihasilkan sebagai produk selama pembuatan chlorodifluoromethane (HCFC-22 atau $CHClF2)_3$. Bahan seperti HFC-23 (HFC dan lainnya, PFC dan SF_6) tidak signifikan dikeluarkan oleh berair (asam, netral atau alkali) proses scrubbing dan akan dilepas ke atmosfer.

Diperkirakan bahwa pada tahun 1990 HFC-23 dilepaskan dari HCFC-22 tanaman-tanaman paling banyak 4 persen dari produksi HCFC-22 (US EPA, 2001), dengan tidak adanya langkah-langkah pengurangan.

3.9.2 Data yang diperlukan

Tabel 3. 18 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi *Fluorochemical*

TIER	Data aktivitas	Faktor emisi	Parameter lainnya
TIER 1	data produksi seharusnya diperoleh langsung dari produsen	Angka default IPCC GL 2006 (halaman 3.99)	
TIER 2	rekaman dari efisiensi proses	$EF_{\text{keseimbangan karbon}}$ $EF_{\text{keseimbangan fluorine}}$	
TIER 3	-	-	

Metode Tier 1

Metode ini menggunakan prinsip estimasi emisi potensial dari HFC-23 dari total produksi HCFC-22. Metode ini dapat menggunakan data per tingkat pabrik. Namun apabila tidak ada teknologi abatemen dengan destruksi pada setiap pabrik maka data yang digunakan tingkat nasional. Data yang dibutuhkan adalah data total produksi HFC-22 nasional atau per pabrik dalam unit kilogram (kg) kemudian faktor emisi baku yang disediakan oleh IPCC GL 2006 tabel 3.28 halaman 3.99.

Persamaan 3.30

$$E_{HFC-23} = EF_{default} \bullet P_{HCFC-22}$$

dimana:

EHFC-23 = : Emisi by-product HFC-23 dari produksi HCFC-22, kg

$EF_{default}$ = : Faktor emisi HFC-23 default, kg HFC-23/kg HCFC-22

PHCFC-22 = : Produksi total HCFC-22, kg

Metode Tier 2

Metode ini menggunakan faktor emisi yang dihitung berdasarkan rekaman dari efisiensi proses. Efisiensi proses berupa efisiensi karbon ($EF_{keseimbangan\ karbon}$) dan efisiensi flor ($EF_{keseimbangan\ flor}$). Selain data total produksi HCFC-22 dalam unit kg, data fraksi per tahun aliran yang terbebas ke atmosfer tanpa diolah juga diperlukan.

Nilai koefisien untuk menghitung emisi diperoleh dari:

- Kesetimbangan karbon efisiensi dan flor efisiensi adalah nilai spesifik pabrik dan biasanya terdapat pada operator pabrik yang diperoleh dari rekaman/pencatatan proses dalam unit persen
- Fraksi penetapan kerugian/kehilangan efisiensi adalah nilai spesifik per pabrik yang harus dihitung per unit proses pada pabrik.
- Faktor kandungan karbon dan kandungan florin berturut-turut 0,81 dan 0,52.

Persamaan 3.31

$$E_{HFC-23} = EF_{calculated} \bullet P_{HCFC-22} \bullet F_{released}$$

dimana:

EHFC-23	:	Emisi by-product HFC-23 dari produksi HCFC-22, kg
$EF_{calculated}$	:	Faktor emisi HFC-23 (dihitung), kg HFC-23/kg HCFC-22
PHCFC-22	:	Produksi total HCFC-22, kg
$F_{released}$	:	Fraksi pada suatu tahun dimana stream dilepas ke atmosfer tanpa pengolahan, fraksi

Persamaan 3.32

Faktor emisi keseimbangan karbon

$$EF_{carbon\ balance} = \frac{100\text{-}CBE}{100} \bullet F_{efficiency\ loss} \bullet FCC$$

dimana:

$EF_{carbon\ balance}$	:	Faktor emisi HFC-23 dihitung dari *carbon balance efficiency*, kg HFC-23/kg HCFC-22
CBE	:	*carbon balance efficiency*, persen
$F_{efficiency\ loss}$	:	Faktor terkait *efficiency loss* ke HFC-23, fraksi
FCC	:	factor kandungan karbon dari komponen (= 0.81), kg HFC-23/kg HCFC-22

Persamaan 3.33

Faktor emisi keseimbangan flor

$$EF_{fluorine\ balance} = \left(\frac{100 - FBE}{100}\right) \bullet F_{efficiency\ loss} \bullet FFC$$

dimana:

$EF_{fluorine\ balance}$	:	Faktor emisi HFC-23 dihitung dari *fluorine balance*, kg HFC-23/kg HCFC-22
FBE	:	*Fluorine balance efficiency*, persen
$F_{efficiency\ loss}$	:	Faktor terkait efficiency loss ke HFC-23, fraksi
FCC	:	Factor kandungan fluorine dari komponen (= 0.54), kg HFC-23/kg HCFC-22

Metode Tier 3

Metode Tier 3 dapat dihitung dalam 3 tipe perhitungan yaitu:

(a) Metode langsung berdasarkan pada pengukuran langsung konsentrasi dan laju aliran dari ventilasi/cerobong untuk setiap pabrik yang dilakukan secara terus menerus (*continous*) atau sering. Metode langsung ini dihitung dengan menggunakan rumus pada tabel diatas dan data yang dibutuhkan adalah:

- konsentrasi HFC-23 dalam aliran gas benar-benar dibuang dari aliran proses di pabrik dengan unit kg HFC-23/kg gas
- aliran massa dari aliran gas dari aliran proses di pabrik dengan unit kg gas/jam
- lamanya waktu dimana parameter diukur dan tetap konstan dengan unit jam

Persamaan 3.34
Tier 3a (DIRECT METHOD)

$$E_{HFC\ 23} = \sum_i \sum_j \int C_{ij} \bullet f_{ij}$$

$\left[\int \text{berarti kuantitas harus dijumlah untuk seluruh selang waktu} \right]$

dimana:

E_{HFC-23}	:	Emisi HFC-23 total (jumlah dari pabrik sejumlah *i*)
J	:	Stream di masing-masing pabrik
F	:	*Mass flow* emisi
C	:	Konsentrasi

(b) Metode Proxy berdasarkan pada pengukuran tidak kontinyu tetapi diperoleh selama proses survei intensif atau percobaan pabrik, dan hasil uji coba dapat digunakan untuk menyediakan proxy untuk menghitung emisi selama operator tanaman yang normal. Data per pabrik yang dibutuhkan selama pengukuran adalah:

- Emisi massa standar HFC-23 di setiap lubang aliran di pabrik pada setiap'unit' kuantitas Proxy dalam unit kg/'unit'

- Faktor berdimensi berhubungan tingkat emisi massa diukur standar dengan actual tingkat emisi pada pabrik tingkat operasi
- Operasi tingkat proses saat ini berlaku untuk melepaskan aliran di pabrik setara dalam 'unit / jam
- total durasi sebenarnya dari ventilasi untuk tahun ini, atau periode jika proses ini tidak dioperasikan terus menerus dalam jam)
- Jumlah HFC-23 yang di dapat untuk aliran ventilasi di pabrik untuk digunakan sebagai bahan baku kimia,dan dihancurkan

Emisi standar dapat di hitung menggunakan rumus seperti yang terdapat di tabel diatas bagian metode Tier 3b.

Persamaan 3.35
TIER 3b (PROXY METHOD)

$$E_{HFC\ 23} = \sum_i \sum_j \int_t E_{ij}$$

$\left[\int_t \text{berarti kuantitas harus dijumlah untuk seluruh selang waktu}\right]$

dimana:

EHFC-23 : Emisi HFC-23 total (jumlah dari plant sejumlah i)

$E_{i,j}$: Emisi dari *stream* masing-masing plant ditentukan dengan proxy method

(c) Metode pemantau produk reaktor ini memberikan dasar untuk estimasi jumlah HFC-23 dirilis sebagai produk matematis konsentrasi dipantau dan aliran massa HCFC-22 dibuat.

Persamaan 3.36
TIER 3c (MONITORING REACTOR PRODUCT)

$$E_{HFC\ 23} = \sum_i \int_t C_i \bullet P_i$$

$\left[\int_t \text{berarti kuantitas harus dijumlah untuk seluruh selang waktu}\right]$

dimana:

EHFC-23 : Emisi HFC-23 total

P_i Laju massa produk HCFC-22 dari *plant reactor* pada *plant i,*

C_i : konsentrasi HFC-23 relatif terhadap produk HCFC-22 pada plant *i.*

Persamaan 3.37

TIER 3a Perhitunganemisi 'INSTANTANEOUS' HFC-23 per proses aliran (DIRECT METHOD)

$$E_{ij} = C_{ij} \bullet f_{ij} \bullet t$$

dimana:

E_{ij} : Emisi HFC-23 'instantaneous' dari stream proses *j* pada pabrik *i*, kg

C_{ij} : Konsentrasi HFC-23 pada stream gas yang benar-benar dilepas (vented) dari stream proses *j* pada pabrik *i*, kg HFC-23/kg gas

f_{ij} : Laju massa stream gas dari proses *j pada* plant *i* (biasanya diukur volumetric dan dikonversikan ke laju massa menggunakan metoda-metoda baku dari rekayasa proses), kg gas/jam

t : Lama waktu dimana parameter-parameter diukur dan berharga tetap konstan, jam

Persamaan 3.38

TIER 3b Perhitunganemisi 'INSTANTANEOUS' HFC-23 per proses aliran (PROXY METHOD)

$$E_{ij} = S_{ij} \bullet F_{ij} \bullet POR_{ij} \bullet t - R_{ij}$$

dimana:

E_{ij} : Emisi HFC-23 'instantaneous' dari stream proses *j* pada *plant i*, kg

S_{ij} : Standar *mass* emisi dari HFC-23 di *vent stream j* pada *plant i* per 'unit' kuantitas proxy, seperti
Laju operasi proses (di jelaskan pada persamaan 3.39, below), kg/'unit'

f_{ij} : Faktor dimensionless yang menghubungkan laju massa emisi standar yang diukur dengan laju emisi pada kondisi operasi aktual. Pada umumnya, fraksi dimensionless tersebut tidak sensitive terhadap laju operasi dan Fi berharga satu (yaitu laju emisi proporsional terhadap laju operasi). Namun dapat juga laju emisi merupakan fungsi yang kompleks dari laju operasi. Pada semua kasus Fi harus diturunkan dari hasil percobaan pengukuran produksi HFC-23 pada beberapa laju operasi. Untuk kasus dimana fungsi sederhana yang menghubungkan emisi dengan laju operasi tidak dapat diturunkan dari percobaan (test), metoda proxy dianggap tidak tepat dan harus dilakukan pengukuran yang terus menerus (continuous measurement).

POR_{ij} Laju operasi proses saat ini (current) yang sesuai untuk melakukan vent pada stream *j* pada plant *i* dirata-rata sepanjang *t* dalam 'unit/jam'. Unit dari parameter ini harus konsisten antara saat uji coba plant untuk mendapatkan laju emisi standar dengan dengan emisi saat operasional (dijelaskan pada Equation 3.39, berikut).

t		Durasi total aktual dari *venting* pada suatu tahun, atau suatu perioda bila proses tidak dilakukan secara kontinyu dalam basis jam. Emisi tahunan dihitung sebagai jumlah dari semua perioda selama satu tahun. Perioda dimana stream dari vent diproses dalam suatu sistem destruksi tidak masuk dalam perhitungan emisi.
R_{ij}	:	Banyaknya HFC-23 yang dikumpulkan kembali (*recovered*) untuk stream vent *j* pada plant *i* untuk digunakan senagai ahan baku kimia, dan oleh karenanya dimusnahkan, kg.

Persamaan 3.39

TIER 3b Perhitungan emisi standar untuk PROXY METHOD

$$S_{T,ij} = S_{T,ij} \bullet f_{T,ij} / POR_{ij}$$

dimana:

S_{ij}	:	emisi massa standard HFC-23 pada stream vent *j* pada plant *i,* kg/'unit' (dalam unit yang compatible dengan faktor-faktor pada pers Equation 3.38, lihat PORT,ij berikut)
CT,ij	:	rata-rata konsentrasi fraskional HFC-23 pada stream vent *j* pada plant *i* pada saat percobaan, kg/kg
$f_{T,ij}$	:	laju massa stream vent j pada plant i selama percobaan, kg/jam
$POR_{T,ij}$		Suatu kuantitas proxy (misalnya laju operasi proses) pada plant *i* selama pengujian/percoaan, 'unit'/jam. 'Unit' bergantung pada kuantitas proxy yang digunakan pada plant i stream vent j (misalnya kg/jam bahan baku atau m3 per jam bahan baku)

Persamaan 3.40

TIER 3c Perhitunganemisi 'INSTANTANEOUS' HFC-23 per proses aliran IN-PROCESS MEASUREMENT

$$E_i = C_i \bullet P_j \bullet t_F - Ri$$

dimana:

Ei	:	Emisi HFC-23 dari masing-masing fasilitas *i*, kg
Ci	:	Konsentrasi HFC-23 dalam reactor pada fasilitas *i*, kg HFC-23/kg HCFC-22
Pi	:	Massa HCFC-22 yang diproduksi pada fasilitas *i*, kg
tF		Fraksi durasi dimana HFC-23 secara aktual dilepas (vented) ke atmosphere, dan bukan dimusnahkan, fraksi
Ri =		Kuantitas HFC-23 yang dikumpulkan kembali (recovered) dari fasilitas I untuk digunakan sebagai bahan baku kimia (dan oleh karenanya HFC-23 tersebut dimusnahkan), kg

3.10. Emisi dari Produksi Senyawa Terfluorinasi Lain

3.10.1 Deskripsi Kategori

Sejumlah besar *fluorine* yang mengandung gas rumah kaca dapat diproduksi sebagai produk sampingan dari pembuatan *fluorochemical* dan dipancarkan ke atmosfer. Pada umumnya, *fluorochemical* mungkin dilepaskan dari proses kimia yang melibatkan berbagai teknologi dan proses, sebagai berikut:

- Proses Telomerization yang digunakan dalam produksi cairan fluorochemicals dan polimer
- fotooksidasi tetrafluoroetilena untsuk membuat cairan fluorochemical
- Fluorinasi langsung yang sering digunakan dalam produksi SF_6
- Proses Pertukaran halogen untuk membuat PFC dengan titik didih yang rendah seperti C_2F_6 dan CF_4, HFC 134a dan 245fa
- Pembuatan NF_3 dengan florinasi langsung
- Produksi uranium heksafluorida
- Produksi monomer terfluorinasi seperti tetrafluoroetilena dan hexafluoropropylene
- Produksi agrochemcials fluorochemical
- Produksi anestesi fluorochemical

3.10.2 Data yang diperlukan

Tabel 3. 19 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi senyawa terfluoronasi lain

TIER	Data aktivitas	Faktor emisi	Parameter lainnya
TIER 1	Kegiatan ini adalah massa tahunan fluorochemical diinginkan yang dihasilkan	Faktor Emisi Baku 0.5 persen dari produksi	
TIER 2	Tidak ada aturan, berdasarkan pengukuran	Pengukuran kuantitas bahan tersendiri yang dilepaskan ke atmosfer	
TIER 3	Tidak ada aturan, berdasarkan pengukuran	Pengukuran kuantitas bahan tersendiri yang dilepaskan ke atmosfer	

Metode Tier 1

Menggunakan nilai faktor emisi baku (IPCC GL 2006) atau faktor emisi spesifik yang berlaku di Indonesia yang dikalikan dengan total produksi gas rumah kaca terfluorinasi. Faktor emisi yang digunakan adalah

1. PFCs dan HFCs sebesar 0,5 % dari produksi, tidak diperhitungkan kehilangan pada saat transportasi dan transfer material.
2. SF6 sebesar 0,2% dari produksi

Metode Tier 2

Metode ini berdasarkan pada proses efisiensi yang berlaku pada HFC-23 emisi dari pabrik HCFC-22. Metode ini berdasarkan pengukuran sehingga tidak ada rumus matematika yang dijelaskan dlama IPCC GL 2006.

Metode Tier 3

Ada dua metode dalam pengukuran Metode Tier 3 ini yaitu:

(a) Metode perhitungan langsung yang memperhatikan aliran massa (*mass flow*) yang teremisi per pabrik dan konsentrasi terintegrasi dari waktu ke waktu

(b) Metode proxy menghitung emisi sama seperti perhitungan di sektor Produksi Fluorochemical metode Tier 3b.

IV. EMISI GAS RUMAH KACA DARI INDUSTRI LOGAM

4.1. Produksi Besi dan Baja

4.1.1 Deskripsi Kategori

Produksi besi dan baja menyebabkan emisi karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), dan nitrous oksida (N_2O). Sebagai contoh, Pembakaran gas tungku ledakan dan oven gas kokas adalah sumber utama emisi CO_2 dan CH_4 dalam produksi kokas. Sebagian besar CO_2 yang dihasilkan oleh industri besi dan baja terkait dengan produksi besi, lebih khusus penggunaan karbon untuk mengubah bijih besi menjadi besi.

4.1.2 Data yang diperlukan

Tabel 4. 1 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Besi dan Baja

TIER	**Data aktivitas**	**Faktor emisi**	**Parameter lainnya**
Produksi kokas secara metalurgi			
TIER 1 (CO2)	hanya membutuhkan jumlah total kokas	Baku (lihat IPCC GL 2006 halaman 4.25 untuk CO_2 dan 4.26 untuk CH_4)	hanya membutuhkan jumlah total kokas
TIER 2 (CO2)	Membutuhkan jumlah total besi dan baja, gas oven kokas, gas tungku ledakan, dan bahan proses seperti kapur yang digunakan untuk produksi besi dan baja,produksi besi langsung berkurang,dan produksi sinter di negera tersebut, selain produksi kokas di lokasi dan dari luar lokasi	Kandungan karbon, lihat IPCC GL 2006 halaman 4.27	
TIER 3 (CO2)	-	-	-
Produksi Besi dan Baja			
TIER 1 (CO2)	hanya membutuhkan jumlah baja diproduksi di dalam negeri berdasarkan jenis proses,jumlah total besi ancuran yang	Baku (lihat IPCC GL 2006 halaman 4.25)	

TIER	Data aktivitas	Faktor emisi	Parameter lainnya
	diproduksi tidak diolah menjadi baja, dan jumlah total besi langsung yang dikurangi, pelet, dan sinter yang diproduksi;		
TIER 2 (CO2)	Membutuhkan jumlah total besi dan baja, gas oven kokas, gas tungku ledakan, dan bahan proses seperti kapur yang digunakan untuk produksi besi dan baja,produksi besi langsung dikurangi,dan produksi sinter di negera tersebut,selain produksi di lokasi dan dari luar lokasi kokas	Kandungan karbon, lihat IPCC GL 2006 halaman 4.27	
TIER 3 (CO2)	Membutuhkan pengumpulan,kompilasi,dan agregasi data spesifik emisi fasilitas diukur atau data bahan/konsumsi massa produksi proses spesifik fasilitas dan data kandungan karbon		
TIER 1 (CH4)	hanya membutuhkan jumlah baja diproduksi di dalam negera berdasarkan jenis proses,jumlah total ancuran besi diproduksi yang tidak diolah menjadi baja, dan jumlah total besi langsung dikurangi, pelet, dansinter yang diproduksi;	Baku (lihat IPCC GL 2006 halaman 4.26 untuk CH4)	
TIER 2 (CH4)	-	-	-
TIER 3 (CH4)	-	-	-

4.1.2.1 Berdasarkan pada Produksi Kokas secara Metalurgi Emisi CO2 dan CH4

Metode Tier 1

Metode ini membutuhkan data jumlah produksi kokas untuk mengestimasi emisi CO_2. Metode ini mengasumsi bahwa pabrik memproduksi sendiri kokas untuk kemudian digunakan pada produksi besi dan baja (*onsite system*) sehingga pelaporan dimasukkan dalam sektor energi. Faktor emisi yang digunakan dari IPCC GL 2006 Tabel 4.1 halaman 4.25 untuk CO_2 dan Tabel 4.2 halaman 4.26 untuk emisi CH_4.

Persamaan 4.1
TIER 1 Emisi dari produksi kokas (*coke*)
$E_{CO2} = Coke \bullet EF_{CO2}$ dan $E_{CH4} = Coke \bullet EF_{CH4}$ (akan dilaporkan pada sektor energi)

dimana:

E_{CO2} or E_{CH4}	:	Emisi CO_2 atau CH_4 dari produksi coke, ton CO_2 atau ton CH_4
Coke	:	kuantitas kokas (*coke*) diproduksi secara nasional, ton
EF	:	Faktor emisi, ton CO_2/ton produksi *coke* atau ton CH_4/ton produksi *coke* Note: Tier 1 mengasumsikan bahwa semua *by-product* coke-oven dikirim keluar pabrik dan bahwa gas coke-oven dibakar di dalam pabrik untuk energi.

Metode Tier 2

Metode ini menggunakan data statistik nasional mengenaimasukan dan keluaran dari proses produksi kokas baik yang terintegrasi ataupun tidak terintegrasi. Perhitungan emisi dilakukan menggunkaan rumus yang terdapat pada tabel diatas metode Tier 2 baik untuk produksi kokas secara *onsite* dan *offsite*.

Selain data keluar-masuk pada proses produksi kokas, nilai kandungan karbon juga perlu diketahui. Nilai baku kandungan karbon per proses material diperoleh dari IPCC GL 2006 Tabel 4.3 halaman 4.27.

Persamaan 4.2
TIER 2 Emisi CO_2 dari produksi kokas onsite

$$E_{CO2,Energy} = \left[CC \bullet C_{CC} + \sum_a (PM_a \bullet C_a) + BG \bullet C_{BG} - CO \bullet C_{CO} - COG \bullet C_{COG} - \sum_b (COB_b \bullet C_b) \right] \frac{44}{12}$$

(dilaporkan pada energi sektor)

dimana:

EC_{O_2}, energy	:	Emisi CO_2 dari produksi *coke* (*onsite*) yang akan dilaporkan di Sektor Energi, ton
CC	:	Kuantitas coking coal yang dikonsumsi untuk produksi coke dalam pabrik besi dan baja terintegrasi, ton
PMa	:	Kuantitas material proses lainnya *a* (di luar gas bumi dan BBM), yang dikonsumsi untuk produksi coke dan sinter dalam pabrik besi dan baja terintegrasi, ton
BG	:	Kuantitas gas blast furnace gas yang dikonsumsi pada coke ovens, m^3 (atau unit lain misalnya ton atau GJ). Konversi unit harus konsisten dengan Panduan Sektor Energi
CO	:	Kuantitas coke yang diproduksi onsite dalam pabrik besi baja, ton
COG	:	Kuantitas coke oven gas yang dikeluarkan ke luar pabrik, m3 (atau unit lain misalnya ton atau GJ). Konversi unit harus konsisten dengan Panduan Sektor Energi
COBb	:	Kuantitas by product coke oven *b*, yang dikirimkan ke luar pabrik, ton
Cx		Kandungan karbon bahan masukan atau keluaran *x*, ton C/(unit bahan *x*) [misal ton C/ton]

4.1.2.2 Berdasarkan pada Jumalah Produksi Besi dan Baja Emisi CO_2

Metode Tier 1

Total emisi CO_2 pada bagian ini adalah penjumlahan proses-proses pada pabrik yang berkaitan dengan produksi beji dan baja. Data yang digunakan adalah data yang berasal dari nasional statistik yang dikalikan dengan faktor emisi yang tersedia di IPCC GL 2006 Tabel 4.1 halaman 4.25. Faktor emisi yang tersedia berdasarkan proses-proses dalam memproduksi besi dan baja. Adapun proses-proses yang diperhitungkan adalah:

(1) Proses produksi besi dan baja
(2) Proses produksi *pig iron* (PI)/besi ancuran yang tidak diproses menjadi baja
(3) Proses produksi besi langsung terkurang(*direct reduced iron*)
(4) Proses produksi sinter
(5) Proses produksi pellet.

Persamaan 4.3

CO_2 EMISSIONS FROM IRON AND STEEL PRODUCTION (TIER 1)

Besi dan Baja:

$$E_{CO2,non\text{-}Energy} = BOF \bullet EF_{BOF} + EAF \bullet EF_{EAF} + OHF \bullet EF_{OHF}$$

Persamaan 4.4

CO_2 EMISSIONS FROM PRODUCTION OF PIG IRON NOT PROCESSED INTO STEEL (TIER 1)

Pig-iron: $E_{CO2,non\text{-}Energy} = IP \bullet EF_{IP}$

Persamaan 4.5

CO_2 EMISSIONS FROM PRODUCTION OF DIRECT REDUCED IRON (TIER 1)

Direct Reduced Iron : $E_{CO2,non\text{-}Energy} = DRI \bullet EF_{DRI}$

Persamaan 4.6

CO_2 EMISSIONS FROM SINTER PRODUCTION (TIER 1)

Produksi Sinter : $E_{CO2,non\text{-}Energy} = SI \bullet EF_{SI}$

Persamaan 4.7

CO_2 EMISSIONS FROM PELLET PRODUCTION (TIER 1)

Produksi Pellet: $E_{CO2,non\text{-}Energy} = P \bullet EF_{P}$

dimana:

E_{CO2}, non-energy	:	Emisi CO_2 dilaporkan dalam sektor IPPU Sector, ton
BOF	:	Kuantitas BOF crude steel yang diproduksi, ton
EAF	:	Kuantitas EAF crude steel yang diproduksi, ton
OHF	:	Kuantitas OHF crude steel yang diproduksi, ton
IP	:	Kuantitas produk pig iron yang tidak dikonversi menjadi baja, ton
DRI	:	Kuantitas Direct Reduced Iron yang diproduksi secara nasional, ton
SI	:	Kuantitas sinter yang diproduksi secara nasional, ton
P	:	Kuantitas pellet yang diproduksi secara nasional, ton
EFx	:	Faktor Emisi, ton CO_2/ton *x* yang diproduksi

Metode Tier 2

Metode ini selain membutuhan data nasional statistik juga ada beberapa proses lainnya yang harus ditambahkan dalam proses pembentukan baja dan besi dari sektor non-energiselain dari proses yang dijelaskan pada metodr Tier 2 diatas seperti konsumsi kapur padalam produksi besi dan baja, penggunaan elektroda, dsb.Nilai kandungan karbon dapat dilihat di Tabel IPCC GL 2006 Tabel 4.3 halaman 4.27.

Persamaan 4.8

TIER 2 Emisi CO_2 dari produksi besi dan baja

$$E_{CO2,non\text{-}Energy} = \left[PC \bullet C_{PC} + \sum_a (COB_a \bullet C_a) + CI \bullet C_{CI} + L \bullet C_L + D \bullet C_D + CE \bullet C_{CE} + \sum_b (O_b \bullet C_b) + COG \bullet C_{COG} - S \bullet C_S - IP \bullet C_{IP} - BG \bullet C_{BG} \right] \frac{44}{12}$$

dimana:

ECO_2, non-energy	:	Emisi CO_2 dilaporkan dalam sektor IPPU Sektor, ton
PC	:	kuantitas coke yang dikonsumsi dalam produksi besi baja (tidak termasuk produksi sinter), ton
COBa	:	kuantitas by-roduct dari onsite coke oven *a*, yang dikonsumsi dalam blast furnace, ton
CI	:	kuantitas batubara yang langsung diinjeksikan ke blast furnace, ton
L	:	kuantitas limestone dikonsumsi dalam produksi besi baja, ton
D	:	kuantitas dolomite dikonsumsi dalam produksi besi baja, ton
CE	:	kuantitas elektroda karbon dikonsumsi di EAFs, ton

Ob	:	kuantitas bahan lain mengandung karbon *b*, yang dikonsumsi dalam produksi besi dan baja, misalnya sinter atau limbah plastik, ton
COG	:	Kuantitas coke oven gas yang dikonsumsi di blast furnace dalam produksi besi baja, m3 (atau unit lain misalnya ton atau GJ). Konversi unit harus konsisten dengan Panduan Sektor Energi
S		kuantitas baja yang diproduksi, ton
IP		kuantitas produksi besi yang tidak dikonversi menjadi baja, ton
BG	:	Kuantitas gas blast furnace gas yang dikonsumsi pada coke ovens, m3 (atau unit lain misalnya ton atau GJ). Konversi unit harus konsisten dengan Panduan Sektor Energi
Cx	:	Kandungan karbon bahan masukan atau keluaran *x*, ton C/(unit bahan *x*) [misal ton C/ton]

Persamaan 4.9

CO_2 EMISSIONS FROM DIRECT REDUCED IRON PRODUCTION (TIER 2)

$$E_{CO2,non\text{-}Energy} = \left(DRI_{NG} \bullet C_{NG} + DRI_{BZ} \bullet C_{BZ} + DRI_{CK} \bullet C_{CK}\right)\frac{44}{12}$$

dimana:

EC_{O_2}, non-energy	:	Emisi CO_2 dilaporkan dalam sektor IPPU, ton
DRING	:	Kuantitas natural gas yang digunakan dalam produksi *direct reduced iron*, GJ
DRIBZ	:	Kuantitas coke breeze yang digunakan dalam produksi *direct reduced iron*, GJ
DRICK	:	Kuantitas *metallurgical coke* yang digunakan dalam produksi *direct reduced iron*, GJ
CNG	:	*carbon content* dari gas bumi, ton C/GJ
CBZ	:	*carbon content* dari *coke breeze*, ton C/GJ
CCK	:	*carbon content* dari *metallurgical coke*, ton C/GJ

Metode Tier 3

Data emisi pengukuran aktual CO_2/CH_4 yang tersedia dari lokasi dan diluar lokasi pabrik produksi kokas dapat dikumpulkan dan digunakan langsung untuk memperhitungkan emisi nasional dari produksi kokas secara metalurgi menggunakan metode Tier 3. Metode ini membutuhkan pengumpulan,kompilasidan agregasi data spesifik emisi fasilitas diukur atau data bahan/konsumsi massa produksi proses spesifik fasilitas dan data kandungan karbon.

4.1.2.3 Berdasarkan pada Jumalah Produksi Besi dan Baja Emisi CH_4

Metode Tier 1

Metode ini menggunakan data nasional statistik dan proses yang dilibatkan hanya dari produksi Sinter, produksi besi ancuran (blast furnace) dan produksi besi terkurang (reduced iron).Proses perhitungan sama dengan metode Tier 1 emisi CO_2.

Persamaan 4.10
TIER 1 Emisi CH_4 dari produksi Sinter
Produksi Sinter: $E_{CH4,non\text{-}Energy} = SI \bullet EF_{SI}$

Persamaan 4.11
TIER 1 Emisi CH_4 dari produksi Pig Irom yang tidak diproses menjadi baja
Produksi Pig-iron: $E_{CH4,non\text{-}Energy} = PI \bullet EF_{PI}$

Persamaan 4.12
Tier 1 Emisi CH_4 dari produksi *direct reduced iron*
Produksi Direct Reduced Iron : $E_{CO2,non\text{-}Energy} = DRI \bullet EF_{DRI}$

dimana:

ECH_4,non-energi	:	Emisi CH_4 dilaporkan dalam sektor IPPU Sector, ton
SI	:	Kuantitas produksi sinter nasional, ton
PI	:	Kuantitas produksi besi nasional termasuk besi yang dikonversi menjadi baja dan yang tidak dikonversi menjadi baja, ton
DRI	:	Kuantitas produksi nasional *direct reduced iron*, ton
EFx	:	Faktor Emisi, ton CH_4/ton *x* yang diproduksi

Contoh perhitungan
Diketahui:

Jumlah produksi besi dan baja dari proses *Basic Oxygen Furnace* (BOF) = 231.363,16 ton.
Faktor emisi = 1,46 ton CO_2/ton

Jumlah produksi Besi ancuran = 286,13 ton
Faktor emisi = 1,35 ton CO_2/ton

Jumlah produksi sinter = 1.355.685,62 ton
Faktor emisi = 0,2 ton CO_2/ton

Emisi CO_2 dari BOF = Jumlah produksi besi dan baja dari proses *Basic Oxygen Furnace* (BOF) x Faktor emisi
= 241.363,16 x 1,46
= 352.390 ton CO_2.

CO_2 Emisi dikonversi ke gigagrams CO_2 = 352,390 / 1000
= 352.390 Gg CO_2.

Emisi CO_2 dari besi ancuran = Jumlah produksi besi ancuran x Faktor emisi
= 286,13 x 1,35
= 386 ton CO_2

CO_2 Emisidikonversi ke gigagrams CO_2 = 386 / 1000
= 0,386Gg CO_2

Emisi CO_2 dari besi ancuran = Jumlah produksi sinter x Faktor emisi
= 1.355.685,62 x 0,2
= 271.137 ton CO_2

CO_2 Emisidikonversi ke gigagrams CO_2 = 271.137 / 1000
= 271,137 Gg CO_2

Tabel 4. 2 Worksheet contoh perhitungan emisi CO2 dari sektor produksi besi dan baja

Sektor	**IPPU**			
Kategori	**Industri Logam – Produksi Besi dan Baja**			
Kode kategori	**2C1**			
Lembar	**1 dari 2 CO_2 Emisi**			
Jenis Metode *Steel making*, etc	A Jumlah produksi besi dan baja (ton crude steel produced, pig iron, DRI, sinter or pellet)	B Faktor Emission (ton CO_2/ton produksi)	C CO_2emisi (ton CO_2)	D CO_2emisi (Gg CO_2)
			C = A * B	D = C/10^3
Basic Oxygen Furnace	241363.16	1.46	352390	352.390
Electric Arc Furnace				
Open Hearth Furnace				
Pig Iron Production (not converted into steel)	286.13	1.35	386	0.386
Direct Reduced Iron (DRI) Production				
Sinter Production	1355685.62	0.2	271137	271.137
Pellet Production				
TOTAL				**623.914**

4.2. Produksi Ferroalloys

4.2.1 Deskripsi Kategori

Ferroalloy adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan paduan terkonsentrasi dari besi dan satu atau lebih logam seperti silikon, mangan, kromium, molibdenum, vanadium dan tungsten. Sementara CO_2 adalah gas rumah kaca utama dari produksi ferroalloy, penelitian terbaru menunjukkan bahwa CH_4, dan N_2O diperhitungkan untuk emisi rumah kaca setara hingga 5 persen dari emisi CO_2 dari produksi ferosilikon(FeSi) dan silikon-logam (Si-logam).

4.2.2 Data yang diperlukan

Tabel 4. 3 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Ferroalloy

TIER	Data aktifitas	Faktor Emisi	Parameter lain
TIER 1 CO2	hanya membutuhkan jumlah ferroalloy diproduksi di dalam negeri dengan jenis produk	Baku (lihat IPCC GL 2006 halaman 4.37)	-
TIER 2 CO2	Membutuhkan jumlah total pereduksi dan bahan lain yang digunakan untuk proses produksi ferroalloy di negara tersebut,dan pengetahuan tentang proses yang digunakan	Baku (lihat IPCC GL 2006 halaman 4.38)	-
TIER 3 CO2	Membutuhkan pengumpulan, kompilasi ,dan agregasi data emisi spesifikfasilitas	-	Kandungan karbon dalam agen pereduksi= (fraksi massa C Perbaiki dalam mengurangi agen) + [(fraksi massa mudah menguap dalam agen pereduksi) * (karbon konten dalam mudah menguap)]
TIER 1 CH4	hanya membutuhkan jumlah ferroalloy yang diproduksi di dalam negeri	Baku (lihat IPCC GL 2006 halaman 4.39)	

TIER	Data aktifitas	Faktor Emisi	Parameter lain
	berdasarkan jenis produk		
TIER 2 CH4	Membutuhkan jumlah total pereduksi dan bahan lain yang digunakan untuk proses produksi ferroalloy di negara tersebut,dan pengetahuan tentang proses yang digunakan	Baku (lihat IPCC GL 2006 halaman 4.39)	
TIER 3 CH4	Membutuhkan pengumpulan,kompilasi,dan agregasidata emisi spesifikfasilitas		

Emisi CO_2

Metode Tier 1

Metode ini menggunakan jumlah produksi ferroalloy per jenisnya dari nasional statistik. Faktor emisi yang digunakan yang digunakan diperoleh dari IPCC GL 2006 tabel 4.5 halaman 4.37.

Persamaan 4.13

CO_2 EMISSIONS FOR FERROALLOY PRODUCTION BY THE TIER 1 METHOD

$$E_{CO2} = \sum_i MP_i \bullet EF_i$$

dimana:

ECO_2 : Emisi CO_2, ton

MPi : produksi per jenis ferralloy *i*, ton

EFi : Faktor emisi *default* ferroalloy jenis *i*, ton CO_2/ton produksi ferroalloy

Persamaan 4.14

Tier 1 emisi CO_2 dari produksi ferroalloy

$$E_{CO2} = \sum_i MP_i \bullet EF_i$$

dimana:

ECO_2	:	Emisi CO_2, ton
MPi	:	Produksi dari feroalloy jenis *i*, ton
EFi	:	Faktor emisi *default* ferroalloy jenis *i*, ton CO_2/ton produksi ferroalloy

Metode Tier 2

Metode ini berdasarkan pada data penggunaan agen pereduksi. Data lebih baik menggunakan data spesifik pada pabrik tersebut. Adapun data yang dibutuhkan adalah:

- Massa dari agen pereduksi *i* dalam unit ton. Dimana i adalah jenis agen pereduksi yang digunakan
- Massa *ore*/bijih *h* dalam unit ton. dimana h adalah jenis ijih yang digunakan
- Massa slag/terak *j* bahan pembentuk dalam unit ton. dimana j adalah jenis bahan pembentuk
- Massa produk *k* dalam unit ton, dimana k adalah jenis produk yang dihasilkan
- Massa bukan produk yang masuk dalam aliran *l* dalam unit ton dimana *l* adalah jenis bukan produk.
- Nilai kandungan karbon berupa nilai spesifik dari pabrik tersebut
- Faktor emisi agen pereduksi dapat dilihat di IPCC GL 2006 tabel 4.3 halaman 4.38

Persamaan 4.15

Tier 2 Emisi CO_2 untuk produksi Ferroalloy

$$E_{CO2} = \sum_i \left(M_{\text{reducing agent, i}} \bullet EF_{\text{reducing agent, i}} \right) + \sum_h \left(M_{\text{ore,h}} \bullet CContent_{\text{ore, h}} \right) \frac{44}{12} + \sum_j \left(M_{\text{slag forming material, j}} \bullet CContent_{\text{slag forming material, j}} \right) \frac{44}{12} - \sum_k \left(M_{\text{product, k}} \bullet CContent_{\text{product, k}} \right) \frac{44}{12} - \sum_l \left(M_{\text{non product outgoing stream, l}} \bullet CContent_{\text{non product outgoing stream, l}} \right) \frac{44}{12}$$

dimana:

ECO_2	:	Emisi CO_2 dari produksi ferroalloy, ton
$M_{reducing\ agent,\ i}$	:	Berat agen pereduksi *i*, ton
$EF_{reducing\ agent,\ i}$	:	Faktor emisi agen pereduksi *i*, ton CO_2/ton agen pereduksi
$M_{ore,\ h}$	:	Berat bijih *h*, tones
$CContent_{ore,\ h}$	:	carbon content dalam bijih *h*, ton C/ton ore
$M_{slag\ forming\ material,\ j}$	:	Berat slag forming material *j*, ton
$CContent_{slag\ forming\ material,\ j}$	:	Kandungan karbon dalam slag forming material *j*, ton C/ton material
$M_{product,\ k}$	:	Berat produk *k*, ton
$C_{Contentproduct,\ k}$	:	Kandungan karbon dalam produk *k*, ton C/ton product
$M_{non\text{-}product\ outgoing\ stream,\ l}$	:	Berat non-produk pada stream yang keluar *l*, ton
$CContent_{non\text{-}product\ outgoing\ stream,\ l}$	:	carbon content dalam non-produk pada stream yang keluar *l*, ton C/ton

Metode Tier 3

Sama seperti metode Tier 2 hanya saja nilai kandungan karbon dalam agen pereduksi harus dihitung berdasarkan kandungan debu (*ash*), karbon tetap dan volatil. Lebih jauh kandungan karbon di bijih karbonat dan terak bahan pembentuk akan berbeda-beda. Nilai kandungan tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan pada tabel diatas. Pada persaam tersebut terdapat parameter 'karbon konten dalam mudah menguap'. Nilai ini perlu diperoleh melalui penelitian namun apabila tidak terdapat nilai baku yaitu 0,65 untuk batu bara dan 0,8 untuk terak.

Persamaan 4.16
Tier 3 Emisi CO_2 untuk produksi ferroalloy

$$E_{CO2} = \sum_i \left(M_{\text{reducing agent, i}} \bullet CContent_{\text{reducing agent, i}} \right) \frac{44}{12} + \sum_h \left(M_{\text{ore,h}} \bullet CContent_{\text{ore, h}} \right) \frac{44}{12} + \sum_j \left(M_{\text{slag forming material, j}} \bullet CContent_{\text{slag forming material, j}} \right) \frac{44}{12} - \sum_k \left(M_{\text{product, k}} \bullet CContent_{\text{product, k}} \right) \frac{44}{12} - \sum_l \left(M_{\text{non product outgoing stream, l}} \bullet CContent_{\text{non product outgoing stream, l}} \right) \frac{44}{12}$$

dimana:

E_{CO2}	:	Emisi CO_2 dari produksi ferroalloy, ton
$M_{\text{reducing agent, i}}$	:	Berat agen pereduksi *i*, ton
$CContent_{\text{reducing agent, i}}$		Kandungan karbon dalam agen pereduksi *i*, ton C/ton agen pereduksi
$EF_{\text{reducing agent, i}}$	:	Faktor emisi agen pereduksi *i*, ton CO_2/ton agen pereduksi
$M_{\text{ore, h}}$	:	Berat bijih *h*, tones
$CContent_{\text{ore, h}}$	:	carbon content dalam bijih *h*, ton C/ton ore
$M_{\text{slag forming material, j}}$	:	Berat slag forming material *j*, ton
$CContent_{\text{slag forming material, j}}$	:	Kandungan karbon dalam slag forming material *j*, ton C/ton material
$M_{\text{product, k}}$	:	Berat produk *k*, ton
$CContent_{\text{product, k}}$	:	Kandungan karbon dalam produk *k*, ton C/ton product
$M_{\text{non-product outgoing stream, l}}$	:	Berat non-produk pada stream yang keluar *l*, ton
$CContent_{\text{non-product outgoing stream, l}}$	:	carbon content dalam non-produk pada stream yang keluar *l*, ton C/ton

Contoh Perhitungan

Diketahui

Jumlah produksi Ferrosilicon 45% Si = 957,312 ton.

Faktor emisi Ferrosilicon 45% Si = 2,5 ton CO_2/ton.

CO_2 Emissions = Jumlah produksi Ferrosilicon 45% Si x Faktor emisi

= 957,312 ton x 2.5 ton CO_2/ton

= 2.393 ton CO_2

CO_2Emisi dikonversikeGigagrams CO_2 = 2.393 / 1000

= 2,393 atau sekitar 2,4 Gg CO_2

Tabel 4. 4 Worksheet contoh perhitungan emisi CO_2 dari sektor produksi Ferroalloy

Sektor	**IPPU**			
Kategori	**Industri Logam – Produksi Ferroalloy**			
Kode kategori	**2C2**			
Lembar	**1 dari 2 CO_2 Emisi**			
Jenis Ferroalloy [1), 2)] (please specify)	A Jumlah produksi Ferroalloy (ton ferroalloy produksi)	B Emisi Faktor (ton CO_2/ton ferroalloy produksi)	C CO_2 Emisi (ton CO_2)	D CO_2 Emisi (Gg CO_2)
			C = A * B	D = C/10^3
Ferrosilicon 45% Si	957,312	2,5	2393	2.4
Ferromanganese (7% C)	0	1.3	0	0.0
Silicomanganese	0	1.4	0	0.0
Total				**2.4**

1) For details of ferroalloy types, see Table 4.5 in Chapter 4 of Volume 3.
2) Insert additional rows if necessary.

Emisi CH_4

Metode Tier 1

Metode ini memprediksi emisi CH_4 dari jumlah produksi Si-alloy dan FeSi secara nasional. Nilai faktor emisi adalah faktor emisi baku dari IPC GL 2006 (tabel 4.7 halaman 4.39)

Persamaan 4.17
Tier 1 Emisi CH_4 untuk produksi Ferroalloy
$$E_{CH4} = \sum_i MP_i \bullet EF_i$$

dimana:

ECH_4	:	Emisi CH_4, ton
MPi	:	Produksi Si-alloy *i*, ton
EFi	:	Faktor emisi *default* Si-alloy jenis *i*, ton CO2/ton produksi Si-alloy

Metode Tier 2

Sama seperti metode Tier 1, namun pada metode tier 2 ini faktor emisi yang digunakan berdasar spesifik proses operasi dan data aktivitas yang digunakan sebaiknya spesifik pabrik tersebut. Namun data nasional dapat digunakan apabila penjelasan tentang proses diketahui.

Metode Tier 3

Metode ini membutuhkan pengumpulan, kompilasi dan agregasi data emisi spesifik fasilitas pada pabrik tersebut.

4.3. ProduksiAluminium

4.3.1 Deskripsi Kategori

Emisi dari produksi aluminium dihasilkan dari beberapa proses seperti:

- Karbon dioksida (CO_2) dari konsumsi anoda karbon dalam reaksi untuk mengkonversi oksida aluminium menjadi logam aluminium
- Emisi Perfluorokarbon(PFC) dari CF_4 dan C_2F_6 selama efek anoda.

Selain itu juga diemisikan sejumlah kecil emisi CO, SO2 dan NMVOC. Adapun SF_6 tidak diemisikan selama proses elektrolitik dan jarang digunakan dalam proses pembuatan aluminium. Selama operasi normal, aluminium dihasilkan di katoda dan karbon yang dikonsumsi pada anoda tiap reaksi pengurangan elektrolitik, sebagai berikut:

$2Al_2O_3 + 3C \rightarrow 4Al + 3CO_2$

4.3.2 Data yang diperlukan

Tabel 4. 5 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Aluminium

TIER	Data aktifitas	Faktor emisi
TIER 1 CO2	Statistik produksi	Baku (lihat IPCC GL 2006 halaman 4.47)
TIER 2 dan 3 CO2	Metode tingkat 2menggunakan data industry anoda komposisi rata-rata metode tingkat 3 menggunakan fasilitas khusus komposisi data untuk bahan anoda	dikumpulkan dari fasilitas operasi tersendiri untuk digunakan
TIER 1 PFCs	Statistik produksi	Baku (lihat IPCC GL 2006 halaman 4.54)
TIER 2 & 3 PFCs	Memanfaatkan catatan efek anoda sel per hari atau efek anoda tegangan lebih,dan data produksi aluminium	Baku (lihat IPCCGL2006 halaman4,54) atau berdasarkan kemiringan fasilitas tertentu atau anoda koefisien efek tegangan lebih PFCuntuk Tingkat 3

Emisi CO_2

Metode Tier 1

Metode ini hanya menghitung emisi CO_2 dari karakteritik teknologi *broad cell* (prebake dan Soderberg). Data yang digunakan berasal dari statistik produksi yaitu jumlah metal yang dihasilkan dan faktor emisi yang digunakan dari IPCC GL 2006 tabel 4.10 halaman 4.47 atau spesifik tingkat negara.

Persamaan 4.18
Tier 1 Emisi CO2 dari konsumsi anode atau pasta
$E_{CO2} = EF_P \bullet MP_P + EF_S \bullet MP_S$

dimana:

ECO_2	:	Emisi CO_2 dari anode dan/atau konsumsi pasta, ton CO_2
EFP MPi	:	Faktor emisi (Prebake technology) (ton CO_2/ton produksi Al)
MPP	:	Produksi logam dari proses Prebake, ton Al
EFS		Faktor emisi (Søderberg technology) ton CO_2/ton produksi Al
MPS		Produksi logam dari proses Søderberg (ton Al)

Metode Tier 2 dan Tier 3

Dihitung dengan menggunakan pendekatan neraca massa yang mengasumsikan bahwa kandungan karbon konsumsi anoda bersih atau konsumsi perekat akhirnya dipancarkan sebagai CO_2.Metode Tier 2menggunakan data industri komposisi rata-rata anoda, sedangkan metodeTier 3 menggunakan fasilitaskhusus komposisi data untuk bahan anoda.

Persamaan 4.19
Tier 2 dan 3 CO_2 emisi dari konsumsi *prebaked* anoda
$E_{CO2} = NAC \bullet MP \frac{100 - S_a - ASh_a}{100} \frac{44}{12}$

dimana:

ECO_2	:	Emisi CO_2 dari konsumsi *prebaked anode*, ton CO_2
MP	:	Produksi logam total, ton Al
NAC	:	Konsumsi neto anode per ton Al, ton C/ ton Al
S_a		Kandungan sulfur dalam *baked anodes sulphur content in baked anodes*, wt %
Ash_a		Kandungan abu dalam baked anodes, % berat

Persamaan 4.20

Tier 2 dan 3 Emisi dari *Pitch* Pembakaran *Volatile*

$$E_{CO2} = \left(GA - H_w - BA - WT\right)\frac{44}{12}$$

dimana:

ECO_2	:	Emisi CO_2 dari pitch volatiles combustion, ton CO_2
GA	:	Berat awal *green anodes*, ton
Hw	:	Kandungan hydrogen dalam *green anodes*, ton
BA		Produksi *baked anode*, ton
WT		Limbah tar yang terkumpul, ton

Persamaan 4.21

Tier 2 dan 3 CO2 Emisi dari *Bake Furnace Packing Material*

$$E_{CO2} = PCC \bullet BA \frac{100 - S_{pc} - ASh_{pc}}{100}\frac{44}{12}$$

dimana:

ECO_2	:	Emisi CO_2 dari *bake furnace packing material*, ton CO_2
PCC	:	Konsumsi *packing coke* (kokas), ton/ton BA
BA	:	Produksi *baked anode*, ton
Ash_{pc}	:	Kandungan abu dalam *packing coke*, % berat
S_{pc}	:	Kandungan sulphur dalam *packing coke*, % berat

Persamaan 4.22

Tier 2 dan 3 Emisi CO2 dari konsumsi pasta

$$E_{CO2} = \left(PC \bullet MP - \frac{CSM \bullet MP}{1000} - \frac{BC}{100} \bullet PC \bullet MP \frac{S_p + Ash_p + H_p}{100} - \frac{100 - BC}{100} PC \bullet MP \frac{PC + Ash_c}{100} - MP \bullet CD \right)\frac{44}{12}$$

dimana:

ECO_2	:	Emisi CO_2 dari konsumsi prebaked anode, ton CO_2
MP	:	Produksi logam total, ton Al

PC	:	Konsumsi pasta, ton/ ton Al
CSM	:	Emisi cyclohexane soluble matter, kg/ton Al
Ash_p	:	Kandungan binder dalam pasta, % berat
S_p	:	Kandungan sulphur dalam pitch, % berat
H_p	:	Kandungan hydrogen dalam pitch, % berat
Sc	:	Kandungan sulphur dalam calcined coke, % berat
Ash_c	:	Kandungan abu dalam calcined coke, % berat
CD	:	Karbon dalam debu yang dikumpulkan dari Søderberg cells, ton C/ton Al

Contoh perhitungan

Diketahui, jumlah aluminium dari *Prebake* = 240.000 ton.
Faktor emisi *Prebake Technology* = 1,56 ton CO_2/ton.
CO_2 Emisssionss = Diketahui, jumlah aluminium dari Prebake x Faktor emisi
= 240.000 ton x 1,56 ton CO_2/ton
= 374.400 ton.
CO2 Emisi dikonversi ke Gigagrams = 374,400 / 1000
= 374.4 Gg sekitar to 374 Gg.

Tabel 4. 6 Worksheet contoh perhitungan emisi CO_2 dari sektor produksi aluminium

Sektor	**IPPU**			
Kategori	**Industri Logam – Produksi Aluminium**			
Kode Kategori	**2C3**			
Lembar	**1 dari 3 Emisi CO_2**			
Jenis Teknologi	A Jumlah produksi aluminium (ton aluminium produksi)	B Emission Factor (ton CO_2/tonproduksi aluminium)	C CO_2 Emisi (ton)	D CO_2 Emisi (Gg)
			C = A * B	D = C/10^3
Prebake	240,000	1.56	374,400	374
Soderberg				
Total				**374**

Emisi PFC$_s$ (CF_4 and C_2F_6)

Metode Tier 1

Menggunakan jumlah produksi aluminium statistik produk dalam unit ton. Emisi faktor yang digunakan dari IPCC GL 2006 (tabel 4.15 halaman 4.54) atau spesifik yang berlaku di Indonesia.

Persamaan 4.23
Tier 1 Emisi PFC
$E_{CF4} = \sum_i \left(EF_{CF4,i} \bullet MP_i \right)$ dan $E_{C2F6} = \sum_i \left(EF_{C2F6,i} \bullet MP_i \right)$

dimana:

ECF_4	:	Emisi CF_4 dari produksi aluminium, kg CF_4
EC_2F_6	:	Emisi CF_2F_6 dari produksi aluminium, kg C_2F_6
$EFCF_{4,i}$	:	Faktor emisi C_2F_6 default menurut teknologi cell jenis *i*, kg C_2F_6/ton Al
$EFC_2F_{6,i}$	:	Faktor emisi C_2F_6 default menurut teknologi cell jenis *i*, kg C_2F_6/ton Al
MP_i	:	Produksi logam dari teknologi cell jenis *i*, ton Al

Metode Tier 2

Menggunakan metode kemiringan (*slope*) dan kelebihan tegangan. Metode kemiringan slope menggunakan data kemiringan koefisien untukCF_4 dan C_2F_6yang diperoleh dari penelitian, catatan efek anodaper sel-hari,produksi logam. Sedangkan untuk metode kelebihan tegangan data yang dibutuhkan adalah koefisien tegangan lebih untukCF_4,efek anodategangan lebih, proses produksi aluminium efisiensi arusdinyatakan dan produksi aluminium.

Persamaan 4.24
Tier 2 dan 3 Emisi PFC dengan metode slope
$E_{CF4} = S_{CF4} \bullet AEM \bullet MP$ dan $E_{C2F6} = EF_{CF4} \bullet FC2F6 / CF4$

dimana:

ECF_4	:	Emisi CF_4 dari produksi aluminium, kg CF_4
EC_2F_6	:	Emisi CF_2F_6 dari produksi aluminium, kg C_2F_6

SCF_4 : Slope koefisien untuk CF_4, (kg CF_4/ton Al)/(AE-Mins/cell-hari)
AEM : *Anode effect minutes* per cell-day, AE-Mins/cell-day
MP : Produksi logam, ton Al
$FC_2F_6/CF4$: Fraksi berat C_2F_6/CF_4, kg C_2F_6/kg CF_4

Persamaan 4.25
Tier 2 dan 3 Emisi PFC dengan Metode *Overvoltage*
$E_{CF4} = OVC \bullet \frac{AEO}{CE/100} \bullet MP$ dan $E_{C2F6} = E_{CF4} \bullet FC2F6 / CF4$

dimana:
ECF_4 : Emisi CF_4 dari produksi aluminium, kg CF_4
EC_2F_6 : Emisi CF_2F_6 dari produksi aluminium, kg C_2F_6
OVC : Overvoltage coefficient untuk CF_4, (kg CF_4/tonne Al)/mV
AEO : Anode effect overvoltage, mV
CE : Efisiensi arus pada proses produksi Al, persen (misal 95 persen)
MP : Produksi logam, ton Al
FC_2F_6/CF_4 : Fraksi berat C_2F_6/CF_4, kg C_2F_6/kg CF_4

Contoh perhitungan:

Diketahui,

Jumlah aluminiumdari proses CWPB = 240.000 ton.

Faktor emisi untuk CWPB = 0,253 kg CF_4/ton.

CF_4 Emissions = Jumlah aluminiumdari proses CWPB x Faktor emisi untuk CWPB

= 240.000 ton x 0.253 kg CF_4/ton

= 60.720 kg.

CF_4emisi konversike gigagrams = 60.720 / 10^6

= 0.06 Gg.

Tabel 4. 7 Worksheet contoh perhitungan emisi CF4 dari sektor produksi aluminium

Sektor	**IPPU**			
Kategori	**Industri Logam – Produksi Aluminum**			
Kode kategori	**2C3**			
Lembar	**2 dari 3 CF_4 Emisi**			
Jenis teknologi	A Jumlah produksi aluminium (ton produksi aluminium)	B Faktor emisi (kg CF_4/ton produksi aluminium)	C CF_4 Emisi (kg)	D CF_4Emisi (Gg)
			C = A * B	D = C/10^6
CWPB	240.000	0,253	60720	0.06
SWPB				
VSS				
HSS				
Total				**0.06**

Contoh perhitungan:

Diketahui,
Jumlah aluminium dari CWPB = 240.000 ton.
Emisi faktor CWPB = 0,0310 kg C_2F_6/ton.
C_2F_6Emisi = Jumlah aluminium dari CWPB x Faktor emisi
= 240.000 ton x 0,0310 kg C_2F_6/ton
= 7.440 kg.
C_2F_6 Emissions konversi ke Gigagram = 7.440 / 10^6 = 0,0074 Gg

Tabel 4. 8 Worksheet contoh perhitungan emisi **C_2F_6** dari sektor produksi aluminium

Sektor	**IPPU**			
Kategori	**Industri Logam – Produksi Aluminium**			
Kode kategori	**2C3**			
Lembar	**3 dari 3 Emisi C_2F_6**			
Jenis teknologi	A Jumlah produksi aluminium (ton produksi aluminium)	B Faktor emisi (kg C_2F_6/ton produksi aluminium)	C C_2F_6 Emisi (kg)	D C_2F_6 Emisi (Gg)
			C = A * B	D = C/10^6
CWPB	240,000	0.0310	7,440	0.0074
SWPB				
VSS				
HSS				
Total				**0.0074**
			GRAND TOTAL PFC	**0.0682**
			TOTAL CO2-eq	**837.53**

4.4. Produksi Magnesium

4.4.1 Deskripsi Kategori

Dalam industri magnesium ada sejumlah sumber emisi potensial dan gas. Jumlah dan jenis emisi dari industri magnesium akan mencerminkan bahan baku yang digunakan untuk produksi utama logam magnesium dan/atau jenis campuran gas penutup yang digunakan dalam pengecoran dan daur ulang untuk mencegah oksidasi magnesium cair.

Pada pengolahan bahan baku karbonat (magnesit dan dolomit) akan melepas CO_2 selama produksi. CO_2 yang dilepaskan selama kalsinasi karbonat berbasis bijih (dolomit/magnesit)–langkah pra-perlakuan ke proses utama elektrolitik/pengurangan termal (proses ini mirip dengan generasi CO_2 dalam industri mineral). Bijih yang mengandung magnesium yang melepaskan CO_2 selama kalsinasi adalah dolomite ($Mg•Ca\ (CO_3)_2$) dan magnesit ($MgCO_3$). Untuk setiap kilogram magnesium yang dihasilkan, secara teoritis 3,62kg (dolomit) atau 1,81kg (magnesit) masing-masing CO_2, dipancarkan selama kalsinasi.

4.4.2 Data yang diperlukan

Tabel 4. 9 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Magnesium

Data yang diperlukan	Data aktifitas	Faktor emisi
TIER1 (CO2)	data produksi nasional primer dan pengetahuan tentang jenis bahan baku yang digunakan di negara tersebut	Baku (lihat IPCC GL 2006 halaman 4.65)
TIER 2 (CO2)	perlu mengumpulkan data produksi magnesium primer dan data pada bahan baku dari karbonat setiap perusahaan/ pabrik	faktor emisi negara /perusahaan tertentu
TIER 3 (CO2)	emisi langsung diukur dan dilaporkan	Jika data emisi CO_2 diukur sebenarnya yang tersedia dari individu fasilitas magnesium primer,data ini dapat dikumpulkan dan digunakan langsung untuk memperhitungkan emisi nasional
TIER 1 (SF6)	jika mungkin,data produksi dipisahkan menjadi segmen-segmen menggunakanSF6, (misalnya, produksi	Baku (lihat IPCC GL 2006 halaman 4.66)

Data yang diperlukan	Data aktifitas	Faktor emisi
	primer, daur ulang, pengecoran billet,pengecoran cetakan , pengecoran gravitasi,dll) dan menerapkan faktor emisi spesifik segmen tersedia yang tersedia	
TIER 2 (SF6)	emisi SF6 yang dilaporkan (dan produk gas sekunder) atau total konsumsi SF_6 dari setiap pabrik	Konsumsi SF6 spesifik perusahaan
TEIR 3 (SF6)	emisi SF6 yang dilaporkan (dan produk gas sekunder) atau total konsumsi SF_6 dari setiap pabrik	Jika data pengukuran actual emisi tersedia dari fasilitas pengolahan magnesium tersendiri,data ini dapat dikumpulkan dan digunakan langsung untuk memperhitungkan emisi nasional

Emisi CO_2

Metode Tier 1

Metode ini menggunakan data jumlah produksi magnesium dari dolomit dan magnesit dalam unit ton. Data yang digunakan adalah data statistik nasional. Faktor emisi yang digunakan dari IPCC GL 2006 atau spesifik yang berlaku di Indonesia. IPCC GL 2006 menyediakan nilai baku yang berada pada tabel 4.19 halaman 4.65. Persamaan menghitung emisi CO_2 dapat dilihat pada tabel diatas Tier 1 emisi CO_2.

Persamaan 4.26

TIER 1 Emisi CO_2 dari produksi magnesium primer

$$E_{CO2} = \left(P_d \bullet EF_d + P_{mg} \bullet EF_{mg}\right)10^{-3} \quad \text{dan} \quad E_{C2F6} = E_{CF4} \bullet FC2F6 / CF4$$

dimana:

ECO_2 : Emisi CO_2 dari produksi magnesium primer, Gg

P_d : Produksi nasional magnesium primer dari dolomite, ton

P_{mg} : Produksi nasional magnesium primer dari magnesite, ton

EF_d : Faktor emisi CO_2 default dari produksi magnesium primer dari dolomite, ton CO_2/ton produksi Mg primer

EF_{mg} : Faktor emisi CO_2 default dari produksi magnesium primer dari magnesite, ton CO_2/ton produksi Mg primer

Metode Tier 2

Data yang digunakan metode ini adalah spesifikasi sesuai dengan pabrik. Data aktivitas utama adalam data produksi magnesium primer per pabrik dalam unit ton. faktor emisi yang digunakan dalam metode Tier 1 adalah faktor emisi spesifik yang berlaku pada pabrik tersebut.

Persamaan 4.27
TIER 2 Emisi CO_2 dari produksi magnesium primer
$$E_{CO2} = \sum_i (P_i \bullet EF_i) \bullet 10^{-3}$$

dimana:

ECO_2 : Emisi CO_2 dari produksi magnesium primer, Gg

Pi : Produksi magnesium primer di *plant I*, ton

EFi : Faktor emisi CO_2 pada *plant i* , ton CO_2/ton produksi Mg primer

Metode Tier 3

Jika data emisi CO_2 hasil pengukuran tersedia dari individu fasilitas magnesium primer pada tiap pabrik,maka data ini dapat dikumpulkan dan digunakan langsung untuk memperhitungkan emisi nasional.

Emisi SF_6

Metode Tier 1

Metode ini berdasarkan data jumlah pengecoran magnesium (*magnesium casting*) secara nasional dalam unit ton. faktor emsii yang digunakan adalah faktor emisi baku dari IPCC GL 2006 pada tabel 4.20 halaman 4.66.

Persamaan 4.28
Tier 1 Emisi SF_6 dari Casting Magnesium
$$E_{SF6} = MG_c \bullet EF_{SF6} \bullet 10^{-3}$$

dimana:

ESF_6	:	Emisi SF_6 dari magnesium *casting*, ton
MG_c	:	Kuantitas magnesium casting nasional, ton
EF_{SF6}	:	Faktor emisi SF_6 default dari magnesium *casting*, kg SF_6/ton Mg *casting*

Metode Tier 2

Metode ini didasarkan pada penggunaan SF_6 di peleburan dan pengecoran magnesium dalam unit ton. Data yang digunakan dapat berupa data nasional atau sub nasional yang dilaporkan oleh industri atau emisi SF_6 yang dilaporkan (dan produk gas sekunder) atau total konsumsi SF_6 dari setiap pabrik Jumlah penggunaan SF_6 ini sebanding dengan emisi SF_6.

Persamaan 4.29
Tier 2 Emisi SF_6 dari Casting Magnesium
$E_{SF6} = C_{SF6}$

dimana:

E_{SF6}	:	Emisi SF_6 dari magnesium *casting*, ton
C_{SF6}	:	Konsumsi SF_6 dalam magnesium *smelters* dan *foundries*, ton

Metode Tier 3

Jika data aktual pengukuran emisi tersedia dari fasilitas pengolahan magnesium tersendiri, data ini dapat dikumpulkan dan digunakan langsung untuk memperhitungkan emisi nasional. Emisi SF_6 yang dilaporkan (dan produk gas sekunder) atau total konsumsi SF_6 dari setiap pabrik.

4.5. Produksi Timbal

4.5.1 Deskripsi Kategori

Dalam proses sintering/peleburan, pencampuran sintering timbal terkonsentrasi dengan sinter yang didaur ulang. Batu kapur dan silika, oksigen, serta lumpur kandungan tinggi timbal untuk menghilangkan belerang dan logam mudah menguap melalui pembakaran.

Proses yang menghasilkan sinter panggang yang terdiri dari oksida timbal oksida logam lainnya, menghasilkan emisi sulfur dioksida (SO_2) dan energi karbondioksida (CO_2) gas alam yang digunakan untuk menyalakan oksida timbal. Sinte rpanggang kemudian dimasukkan dalam tanur tiup dengan bijih yang mengandung logam yang lain, udara, peleburan berdasarkan produk.

Proses pengambilan peleburan terjadi pada salah satu tanur tiup tradisional atau tungku peleburan imperial, dan pengurangan dari oksida timbal selama proses yang menghasilkan emisi CO_2.

4.5.2 Data yang diperlukan

Tabel 4. 10 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Timbal

TIER	Data aktifitas	Faktor emisi	Parameter lain
TIER 1	hanya membutuhkan jumlah timbal diproduksi di dalam negeri dan jika tersedia, jumlah yang dihasilkan oleh jenis tungku	Baku (lihat IPCC GL 2006 halaman 4.73)	-
TIER 2	hanya membutuhkan jumlah keseluruhan agen pereduksi dan bahan lain yang digunakan untuk proses produksi timbal dalam negeri	Baku (lihat IPCC GL 2006 halaman 4.73) Kandungan karbon baku (lihat IPCC GL 2006 halaman 4.74)	
TIER 3	Membutuhkan pengumpulan, kompilasi,dan agregasi emisi diukur spesifik fasilitas atau data kegiatan	Membutuhkan kandungan karbon dan produksi/ konsumsi tingkat massa untuk semua bahan proses dan perpindahan diluar lokasi	

Metode Tier 1

Metode ini hanya membutuhkan jumlah timbal diproduksi di dalam negeri dan jika tersedia, data jumlah yang dihasilkan oleh jenis tungku dan produksi timbal dari materi sekunder. Semua unit data aktivitas dalam ton.

Faktor emisi yang digunakan dari IPCC GL 2006. Untuk data aktivitas yang berupa total produksi timbal tanpa ada keterangan sumber (primer atau sekunder) dan jenis tungku maka nilai faktor emisi sebesar 0,52 ton CO_2/produksi timbal. Sedangkan data aktivitas produksi yang dikelompokkan dalam sumber dan jenis tungku menggunakan faktor emisi IPCC GL 2006 Tabel 4.21 halaman 4.73.

Persamaan 4.30
Tier 1 Emisi CO_2 dari produksi timbal
$E_{CO2} = DS \bullet EF_{DS} + ISF \bullet EF_{ISF} + S \bullet EF_S$

dimana:

ECO_2	:	Emisi CO_2 dari produksi timbal, ton
DS	:	Kuantitas timal yang diproduksi dengan *Direct Smelting*, ton
EF_{DS}	:	Faktor emisi untuk *Direct Smelting*, ton CO_2/ton produksi timbal
ISF	:	Kuantitas produksi timbal dari *Imperial Smelting Furnace*, ton
EF_{ISF}	:	Faktor emisi untuk *Imperial Smelting Furnace*, ton CO2/ton produksi timbal
S	:	Kuantitas timbal yang diproduksi dari bahan sekunder, ton
EF_S	:	Faktor emisi bahan sekunder, ton CO_2/ton produksi timbal

Metode Tier 2

Emisi dapat dihitung dengan menggunakan faktor emisi Negara tertentu berdasarkan penggunaan agen pereduksi, jenis tungkudan bahan proses lain yang menarik. Faktor dapat dikembangkan berdasarkan kandungan karbon yang dipakai untuk material tersebut.

Faktor emisi yang digunakan spesifik berlaku dinegara tersebut atau apabila tidak tersedia maka dapat menggunakan faktor emisi baku dari IPCC GL 2006 Tabel 4.21 halaman 4.73 dan untuk nilai kandungan karbon perlu dihitung an apabila tidak tersedia dapat menggunakan faktor emisi baku dari IPCC GL 2006 Tabel 4.22 halaman 4.74.

Metode Tier 3

Jika data aktual pengukuran langsung emisi CO_2 dari fasilitas utama tersedia, data ini dapat dikumpulkan dan digunakan langsung untuk memperhitungkan emisi nasional.

Contoh Perhitungan

Diketahui

Jumlahproduksi timbal = 36.634,56 ton.

Faktor emisi = 0,52 ton CO_2/ton.

CO_2Emisi = Jumlah produksi timbal x Faktor emisi

= 36.634 ton x 0,52 ton CO_2/ton

= 19.050 ton

CO_2emisi konversi ke gigagrams = 19.050 / 1000 = 19,050 gg.

Tabel 4. 11 Worksheet contoh perhitungan emisi CO2 dari sektor produksi Timbal

Sektor	**IPPU**			
Kategori	**Industri Logam – Produksi Timbal**			
Kategori kode	**2C5**			
Lembar	**1 dari1**			
Jenis teknologi Tolong spesifikasikan	A Jumlah produksi timbal (ton produksi timbal)	B Faktor emisi (kg CO_2/ton produksi timbal)	C CO_2 Emisi (kg)	D CO_2 Emisi (Gg)
			C = A * B	D = C/10^3
	36634.56	0.52	19050	19.050
Total				**19.050**

1) For details of source and furnace types, see Table 4.21 in Chapter 4 of Volume 3.
2) Insert additional rows if necessary.

4.6. Produksi Seng

4.6.1 Deskripsi Kategori

Ada tiga jenis produksi seng primer. Metode pertama adalah proses metalurgi yang disebut penyulingan elektro-termal. Proses ini digunakan untuk menggabungkan konsentrat panggang dan produk seng sekunder keumpan sinter yang dibakar untuk menghapus seng, halida, kadmium, dan kotoran lainnya. Seng oksida yang dihasilkan kaya sinter dikombinasikan dengan kokas metalurgi dalam tanur retort listrik yang mengurangi oksida seng dan menghasilkan uap seng yang ditangkap dalam kondensor vakum. Hasil pengurangan pelepasan non-energi karbondioksida (CO_2).

Metode kedua produksi seng adalah proses pyrometalurgi yang melibatkan penggunaan *Smelting Imperial* Tungku, yang memungkinkan untuk pengobatan simultan timbal dan seng konsentratnya. Hasil proses dalam simultan produksi timbal dan seng dan pelepasan emisi non-energi CO_2.

4.6.2 Data yang diperlukan

Tabel 4. 12 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Seng

TIER	Data aktifitas	Faktor emisi	Parameter lain
TIER 1	Jumlah seng diproduksi di dalam negeri, dan jika tersedia, jenis proses	Baku (lihat IPCC GL 2006 halaman 4.80)	
TIER 2	Perhitungan factor emisi Negara tertentu berdasarkan jumlah total agen pereduksi dan karbon lain yang mengandung material proses yang digunakan untuk produksi seng di negara tersebut	Perhitungan factor emisi Negara tertentu berdasarkan jumlah total agen pereduksi dan karbon lain yang mengandung material proses yang digunakan untuk produksi seng di negara tersebut	
TIER 3	pengumpulan, kompilasi, dan agregasi fasilitas data spesifik emisi diukur dan dikumpulkan di tingkat pabrik-	-	-

Metode Tier 1

Metode ini menggunakan data total produksi per jenis proses produksi seng. Namuan apabila data tidak tersedia dapat menggunakan data total produksi seng. Apabila data yang digunakan adalah data nasional statistik maka sebaiknya menggunakan faktor emisi baku pada tabel 4.24 halaman 4.80.

Persamaan 4.31
Tier 1 Emisi CO_2 dari produksi seng
$E_{CO2} = Zn \bullet EF_{default}$

dimana:

ECO_2 : Emisi CO_2 dari produksi seng, ton
Zn : Kuantitas produksi Zn, ton
EFdefault : Faktor emisi, ton CO_2/ton produksi seng

Persamaan 4.32
Tier 1 Emisi CO_2 dari produksi seng
$E_{CO2} = ET \bullet EF_{ET} + PM \bullet EF_{PM} + WK \bullet EF_{WK}$

dimana:

ECO_2 : Emisi CO_2 dari produksi Zn, ton
ET : Kuantitas Zn yang diproduksi dengan electro-thermic distillation, ton
EF_{ET} : Faktor emisi untuk electro-thermic distillation, ton CO_2/ton produksi Zn
PM : Kuantitas Zn yang diproduksi dengan proses pyrometallurgi (*Imperial Smelting Furnace Process*), ton
EF_{PM} : Faktor emisi untuk proses pyrometallurgi, ton CO_2/ton produksi Zn
WK : Kuantitas Zn yang diproduksi dengan proses Waelz Kiln, ton
EF_{WK} : Faktor emisi untuk proses Waelz Kiln, ton CO_2/ton produksi Zn

Metode Tier 2

Emisi dapat dihitung dengan menggunakan faktor emisi Negara tertentu berdasarkan statistic agregat pabrik pada penggunaan agen pereduksi, jenis tungku dan bahan proses lain yang menarik dikembangkan berdasarkan factor emisi baku yang berlaku untuk material tersebut.Perhitungan factor emisi Negara tertentu berdasarkan jumlah total agen pereduksi dan karbon lain yang mengandung material proses yang digunakan untuk produksi seng di negara tersebut.

Contoh Perhitungan

Diketahui:
Jumlah produksi seng = 71.873,444 ton,
Faktor emisi = 1,72 ton CO_2/ton,

CO_2 Emisi = Jumlah produksi seng x Faktor emisi
= 711.873,444 ton x 1,72 ton CO_2/ton
= 123.622 ton,
CO_2emisi konversi ke gigagrams = 123.622 / 1000 = 123,6 Gg

Tabel 4. 13 Worksheet contoh perhitungan emisi CO_2 dari sektor produksi seng

Sektor	**Industrial Processes and Product Use**			
Kategori	**Industri Logam – Produksi Seng**			
Kategory Kode	**2C6**			
Lembar	**1 dari 1**			
Jenis teknologi Tolong spesifikasikan	A Jumlah produksi seng (ton produksi seng)	B Faktor emisi (kg CO_2/ton produksi seng)	C CO_2 Emisi (kg)	D CO_2 Emisi (Gg)
			C = A * B	D = C/10^3
	71873.444	1.72	123622	123.6
Total				**123.6**

1) For details of process types, see Table 4.24 in Chapter 4 of Volume 3.
2) Insert additional rows if necessary.

V. EMISI GAS RUMAH KACA DARI PENGGUNAAN PRODUK NON-ENERGI BENTUKAN BAHAN BAKAR DAN PELARUT

5.1. Penggunaan Pelumas

5.1.1 Deskripsi Kategori

Pelumas sebagian besar digunakan dalam aplikasi industry dan transportasi. Pelumas yang diproduksi di kilang-kilang melalui pemisahan dari minyak mentah atau di fasilitas petrokimia. Yang mana dapat dibagi lagi menjadi (a)minyak motor dan minyak industri, dan (b) minyak gemuk, yang berbeda dalam hal karakteristik fisik (misalnya, viskositas), aplikasi komersial, dan keberadaan dalam lingkungan.

5.1.2 Data yang diperlukan

Tabel 5. 1 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Pelumas

TIER	Data aktifitas	Faktor emisi	Parameter lain
TIER 1 dan 2	Penggunaan Data dasar pelumas tentang produk non-energi yang digunakan di suatu Negara mungkin tersedia dari produksi, impor dan ekspor data dan pada penggunaan energi /non-energi	• Faktor emisi terdiri dari faktor kadar karbon tertentu (ton C /TJ) dikalikan dengan factor ODU. Sebuah perkalian lebih lanjut oleh 44/12 (rasio massa CO_2 /C) menghasilkan faktor emisi(dinyatakan sebagai ton CO_2/TJ). • Untuk faktor kandungan karbon baku pelumas adalah 20,0kg C/GJ pada Nilai Pemanasan Bawah	

Metode Tier 1 dan 2

Metode Tier 1 dan 2 memiliki pendekatan yang sama yaitu penggunaan pelumas dan karbon konten dari pelumas tersebut. Hanya saja Metode Tier 2 menggunakan data jumlah penggunaan pelumas yang spesifik berdasarkan jenisnya (Minyak pelumas baik untuk motor dan industri).

Nilai faktor emisi nya adalah nilai kandungan karbon yang dikalikan dengan nilai ODU. Kandungan karbon bakusebesar 20 kg C/GJ. Nilai ODU untuk jenis pelumas

dapat dilihat di Tabel 5.2 halaman 5.9 sedangkan nilai ODU baku sebesar 0,2. Untuk metode Tier 2 kandungan karbon yang digunakan adalah spesifik yang berlaku di Indonesia.

Persamaan 5.1

Rumus Dasar untuk menghitung emisi CO2 dari *Non-Energy Product Uses*

$$CO_2 Emissions = \sum_i (NEU_i \bullet CC_i \bullet ODU_i) \bullet 44/12$$

dimana:

Emisi CO_2	:	emisi CO_2 dari penggunaan produk non-energy, ton
NEU_i	:	Konsumsi non-energy bahan bakar jenis i, TJ
CC_i	:	Kandungan karbon spesific bahan bakar i, tonne C/TJ (=kg C/GJ)
ODU_i	:	Faktor ODU bahan bakar i, fraksi
44/12		Rasio massa CO_2/C

Persamaan 5.2

Tier 1 Emisi CO_2 dari penggunaan pelumas

$$CO_2 Emissions = LC \bullet CC_{Lubricant} \bullet ODU_{Lubricant} \bullet 44/12$$

dimana:

Emisi CO_2	:	emisi CO_2 dari penggunaan pelumas, ton
LC	:	Konsumsi pelumas, TJ
$CC_{Lubricant}$	:	Kandungan karbon dari pelumas (default), ton C/TJ (= kg C/GJ)
$ODU_{Lubricant}$	:	Faktor ODU factor (berdasarkan komposisi default minyak dan pelicin (grease)), fraksi
44/12		Rasio massa CO_2/C

Persamaan 5.3

Tier 2 Emisi CO_2 dari penggunaan pelumas

$$CO_2 Emissions = \sum_i (LC_i \bullet CC_i \bullet ODU_i) \bullet 44/12 \qquad \text{Equation 5.3}$$

dimana:

Emisi CO2	:	Emisi CO_2 dari penggunaan pelumas, ton
LC_i	:	Konsumsi pelumas jenis *i*, TJ
CC_i	:	Kandungan karbon dari pelumas jenis i, ton C/TJ (= kg C/GJ)
ODU_i	:	Faktor ODU pelumas jenis *i*, fraksi
44/12		Rasio massa CO_2/C

Contoh Perhitungan:
diketahui,
Jumlah konsumsi pelumas = 20.936,7759 TJ.
Kandungan karbon pelumas = 20 ton-C/TJ.
ODU Faktor = 0,2

CO_2 Emisi = Konsumsi jumlah pelicin x Kandungan karbon pelumas
x Fraksi ODU x 44/12
= 20.936,7759 TJ x 20 ton-C/TJ x 0,2 x (44/12)
= 307.073 tonne CO_2.
CO_2 emisi konversi ke gigagrams CO_2 = 307.073 / 1000
= 307,073 sekitar 307.1 Gg CO_2.

Tabel 5. 2 Worksheet contoh perhitungan emisi CO2 dari sektor penggunaan pelumas

Sektor	**IPPU**			
Kategori	**Penggunaan produk bahan bakar non-energi dan pelarut – Penggunaan pelumas**			
Kode kategori	**2D1**			
Lembar	**1 dari 1**			
A Jumlah konsumsi pelumas (TJ)	B Kandungan karbon pada pelumas (ton-C/TJ)	C ODU faktor (fraksi)	D CO_2 Emisi (ton CO_2)	E CO_2 Emisi (Gg CO_2)
			D = A * B * C * 44/12	E = D/10^3
20936,7759	20	0,2	307073	**307,1**

5.2. Penggunaan Lilin (Paraffin)

5.2.1 Deskripsi Kategori

Kategori, seperti yang didefinisikan di sini, termasuk produk seperti minyak jelly, lilin parafin dan lilinlainnya, termasu kozokerite (campuran dari hidrokarbon jenuh, padat pada suhu kamar).

Emisi dari penggunaan lilin berasal terutama ketika malam atau turunan dari paraffin yang dibakar selama penggunaan (misalnya, lilin), dan ketika lilin dibakar dengan atau tanpa pemulihan panas atau di pengolahan air limbah (untuk surfaktan).

5.2.2 Data yang diperlukan

Tabel 5. 3 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor produksi Lilin (Paraffin)

TIER	Data aktifitas	Faktor emisi	Parameter lain
TIER 1	Penggunaan lilin paraffin	faktor baku ODU	
TIER 2		Factor ODU negara tertentu untuk lilin berdasarkan pengetahuan nasional sutau pembakaran	

Metode Tier 1 dan 2

Metode Tier 1 dan 2 memiliki pendekatan yang sama yaitu penggunaan lilin dan karbon konten dari lilin tersebut. Hanya saja Metode Tier 2 menggunakan data jumlah penggunaan lilin yang spesifik berdasarkan jenisnya.

Nilai faktor emisi nya adalah nilai kandungan karbon yang dikalikan dengan nilai ODU. Kandungan karbon baku sebesar 20 kg C/GJ atau setara dengan 20 ton C/TJ. Nilai ODU baku sebesar 0,2. Untuk metode Tier 2 kandungan karbon yang digunakan adalah spesifik yang berlaku di Indonesia apabila tersedia jika tidak dapat menggunakan nilai baku. Sedangkan untuk nilai ODU digunakan nilai spesifik yang berlaku di Indonesia.

Persamaan 5.4
Tier 1 – Lilin (*waxes*)
$CO_2 Emissions = PW \bullet CC_{Wax} \bullet ODU_{Wax} \bullet 44/12$

dimana:

Emisi CO_2	:	Emisi CO_2 dari penggunaan lilin (*waxes*), ton
PW	:	Total konsumsi lilin, TJ
CC_{Wax}	:	Kandungan karbon dari lilin, ton C/TJ (= kg C/GJ)
ODU_{Wax}	:	Faktor ODU lilin, fraksi
44/12		Rasio massa CO_2/C

Persamaan 5.5
Tier 2 – Lilin (*waxes*)
$CO_2 Emissions = \sum_i (PW_i \bullet CC_i \bullet ODU_i) \bullet 44/12$

dimana:

Emisi CO_2	:	Emisi CO_2 dari penggunaan lilin (waxes), ton
PW	:	Total konsumsi lilin jenis i, TJ
CC_i	:	Kandungan karbon dari lilin jenis i, ton C/TJ (= kg C/GJ)
ODU_i	:	Faktor ODU lilin jenis i, fraksi
44/12		Rasio massa CO_2/C

Contoh perhitungan

Diketahui :

Jumlah konsumsi Paraffin Waxes = 1.334,60784 TJ.

Kandungan karbon Paraffin Waxes = 20 ton-C/TJ.

ODU Faktor = 0,2

CO_2 Emisi = Jumlah konsumsi Paraffin Waxes
x Kandungan karbon Paraffin Waxes x ODU Faktor
= 1.334,60784 TJ x 20 ton-C/TJ x 0,2 x (44/12)
= 19.574 ton CO_2

CO_2 Emissions converted to gigagrams CO_2 = 19.574 / 1000
= 19,574 sekitar 19.6 Gg CO_2.

Tabel 5. 4 Worksheet contoh perhitungan emisi CO_2 dari sektor penggunaan Lilin

Sektor	**IPPU**			
Kategori	**Penggunaan bahan bakar non energi dan pelarut – Penggunaan Lilin**			
Kategori Kode	**2D2**			
Lembar	**1 dari 1**			
A Jumlah konsumsi Paraffin Waxes (TJ)	B Kandungan karbon pada Paraffin Waxes (ton-C/TJ)	C ODU faktor (fraksi)	D CO_2 Emisi (ton CO_2)	E CO_2 Emisi (Gg CO_2)
			D = A * B * C * 44/12	E = D/10^3
1.334,60784	20	0,2	19.574	**19,6**

VI. EMISI GAS RUMAH KACA DARI INDUSTRI ELEKTRONIK

6.1 *Etching* dan Pembersihan CVD Semikonduktor, Display Kristal Cair, dan Fotovoltaik

6.1.1 Deskripsi Kategori

Industri elektronik saat ini mengemisikan baik FCs yang berupa gas pada suhu kamar dan FCs yang berupa cairan pada suhu kamar. Gas termasuk CF_4, C_2F_6, C_3F_8, c-C_4F_8, c-C_4F_8O, C_4F_6, C_5F_8, CHF_3, CH_2F_2, trifluoridanitrogen (NF_3), dan sulfurheksafluorida (SF_6). Gas tersebut digunakan dalam dua langkah penting dari manufaktur elektronik: (i) plasmaetsasilikon yang mengandung bahan dan (ii) pembersihan deposisi uap kimia (CVD) alat dinding ruang di mana silikon disimpan.

6.1.2 Data yang diperlukan

Tabel 6. 1 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor Etching dan Pembersihan CVD Semikonduktor, Display Kristal Cair, dan Fotovoltaik

TIER	Data aktifitas	Faktor emisi	Parameter lain
TIER 1	perlu menentukan total luas permukaan substrat elektronik yang diproses untuk tahun tertentu	Baku (lihat IPCC GL 2006 halaman 6.16)	δ= 1 jika Persamaan 6.1diterapkan pada industry PV dannol ketika Persamaan 6.1yang diterapkan baik industry semi konduktoratau TFT-FPD, tanpa dimensi
TIER 2a (Process gas-specific parameters)	data pembelian gas pada perusahaan atau tingkat pabrik	Baku (lihat IPCC GL 2006 halaman 6.20)	-
TIER 2b (Process type-specific parameters)	data pembelian gas pada perusahaan atau tingkat pabrik	Baku (lihat IPCC GL 2006 halaman 6.17, 6.18, 6.19)	

TIER	Data aktifitas	Faktor emisi	Parameter lain
TIER 3	Data pembelian gas pada tingkat perusahaan atau pabrik	produsen semi konduktor digunakan perusahaan atau nilai-nilai spesifik pabrik	Membutuhkan nilai-nilai perusahaan tertentu atau spesifik pabrik untuk semua parameter yang digunakan dalam persamaan untuk setiap proses tersendiri atau untuk setiap set kecil dari proses

Metode Tier 1

Metode ini digunakan apabila data spesifik perusahaan tidak ada. Metode ini didesain untuk memberikan sebuah estimasi agregasi untuk emisi FC meskipun metodologi ini ada untuk menghitung spesifik gas yang teremisikan. Estimasi agregasi untuk emisi FC dapat dilihat di **Table 6.2** 2006 IPCC GL halaman 6.16 dengan spesifik gas berupa CF_4, C_2F_6,CHF_3, C_3F_8, c-C_4F_8, NF_3, SF_6.

Data yang dibutuhkan berupa kapasitas desain pabrik dalam luas substrat yang diproses. Untuk nilai default kapasitas silikon dan kaca diperoleh dari 2006 IPCC GL di **Table 6.7** halaman 6.22. Nilai default Faktor utilisasi pabrik berkisar 76-91% dengan nilai rata-rata 82%. Untuk produksi semikonduktor nilai default Faktor utilisasi pabrik sebesar 80%. Begitu juga untuk produksi TFT-FPD, nilai faktor utilisasi pabrik diasumsikan 80%. Sedangkan untuk PV manufaktur nilainya sebesar 77-92% dengan nilai rata-rata 86%. Kapasitas produksi default untuk PV diperoleh dari 2006 IPCC GL di **Table 6.8** halaman 6.24. Faktor emisi yang digunakan adalah nilai default dari 2006 IPCC GL di **Table 6.2** halaman 6.16. Nilai C_{PV} diasumsikan sebesar 0,5.

Persamaan 6.1

Tier 1 Metode untuk Estimasi Emisi FC *of the set*

$$\{FC_i\}_n = \{EF_i \bullet C_u \bullet C_{d\square} \left[C_{PV} \bullet \delta + (1-\delta)\right]\}_n \ (i = 1,\ldots,n)$$

dimana:

$\{FC_i\}_n$: Emisi gas FC jenis *i*, massa gas *i*
Note: { }n menyatakan himpunan dari masing-masing kelompok produk (semiconductors, TFT-FPD or PV-cells) dan *n* menyatakan jumlah gas-gas yang termasuk dalam masing-masing himpunan (6 untuk semiconductors, 3 untuk TFT-FPD dan 2 untuk PV-cells)

EF_i : Faktor emis FC untuk gas *i* dinyatakan dalam emisi tahunan per meter persegi luas substrat, (mass of gas i)/m^2

C_u : Faktor utilisasi kapasitas pabrik, fraksi

C_d : Kapasitas desain pabrik, Gm^2 luas substrat yang diproses, kecuali untuk PV-cell yaitu dalam Mm^2

CPV : Fraksi PV manufacture yang menggunakan FCs, fraksi

δ : Berharga 1 jika Persamaan 6.1 diterapkan pada industri PV dan berharga nol jika diterapkan untuk industri semiconductor atau TFT-FPD, dimensionless

Metode Tier 2a

Metode ini berdasarkan pada data konsumsi gas spesifik perusahaan dan teknologi pengontrol. Total emisi sebandung dengan jumlah penggunaan gas FC pada proses produksi dan emisi by-product CF_4, C_2F_6,CHF_3 dan C_3F_8.

Data yang dibutuhkan adalah konsumsi gas FC per jenisnya. Selain itu dibutuhkan data laju penggunaan gas, fraksi volume gas yang digunakan dan fraksi gas yang tersisa yang diperoleh dari spesifik perusahaan. Faktor emisi diperoleh 2006 IPCC GL Table 6.3, 6.4, 6.5, dan 6,5 halaman 6.17-6.19.

Emisi dari penggunaan gas FC dihitung dengan menggunakan persamaan 6.2 sedangkan untuk emisi by product menggunakan persamaan 6.3 – 6.6 berikut

Persamaan 6.2
Tier 2a Metode untuk estimasi emisi FC
$E_i = (1-h) \bullet FC_i \bullet (1-U_i) \bullet (1-a_i \bullet d_i)$

dimana:

Ei : Emisi gas *i*, kg

FCi : Konsumsi gas *i,*(e.g., CF_4, C_2F_6, C_3F_8, c-C_4F_8, c-C_4F_8O, C_4F_6, C_5F_8, CHF_3, CH_2F_2, NF_3, SF_6), kg

h : Fraksi gas tersisa dalam wadah pengiriman bahan (*shipping container*) setelah digunakan, fraksi

Ui : Laju penggunaan gas *i* (fraksi yang ditransformasi dalam proses), fraksi

ai Fraksi volum gas *i* yang digunakan dalam proses yang dilengkapi teknologi kendali emisi, fraksi

Di Fraksi gas *i* yang dimusnahkan oleh alat kendali emisi, fraksi

Persamaan 6.3
Emisi CF_4 *BY-PRODUCT*
$$BPE_{CF4,1} = (1-h) \bullet B_{CF4,1} \bullet FC_i \bullet (1-a_i \bullet d_{CF4})$$

dimana:

$BPE_{CF4,i}$: Emisi CF_4 dari gas jenis *i* yang digunakan, kg

$B_{CF4,i}$: Faktor emisi, kg CF_4 /kg gas *i* yang digunakan

d_{CF4} : Fraksi CF_4 yang dimusnahkan oleh teknologi kendali emisi, fraksi

Persamaan 6.4
Emisi C_2F_6 *BY-PRODUCT*
$$BPE_{C2F6,1} = (1-h) \bullet B_{C2F6,1} \bullet FC_i \bullet (1-a_i \bullet d_{C2F6})$$

dimana:

$BPE_{C2F6,i}$: Emisi C_2F_6 dari gas jenis *i* yang digunakan, kg

$B_{C2F6,i}$: Faktor emisi, kg C_2F_6 /kg gas *i* yang digunakan

d_{C2F6} : Fraksi C_2F_6 yang dimusnahkan oleh teknologi kendali emisi, fraksi

Persamaan 6.5
Emisi CHF_3 *BY-PRODUCT*
$$BPE_{CHF3,1} = (1-h) \bullet B_{CHF3,1} \bullet FC_i \bullet (1-a_i \bullet d_{CHF3})$$

dimana:

$BPE_{CHF3,i}$: Emisi CHF_3 dari gas jenis *i* yang digunakan, kg

$B_{CHF3,i}$: Faktor emisi, kg CHF_3 /kg gas *i* yang digunakan

d_{CHF3} : Fraksi CHF_3 yang dimusnahkan oleh teknologi kendali emisi, fraksi

Persamaan 6.6

Emisi C_3F_8 *BY-PRODUCT*

$$BPE_{C3F8,1} = (1-h) \bullet B_{C3F8,1} \bullet FC_i \bullet (1-a_i \bullet d_{C3F8})$$

dimana:

$BPE_{C3F8,i}$	:	Emisi C_3F_8 dari gas jenis *i* yang digunakan, kg
$B_{C3F8,i}$	:	Faktor emisi, kg C_3F_8 /kg gas *i* yang digunakan
d_{C3F8}	:	Fraksi CH_3F_8 yang dimusnahkan oleh teknologi kendali emisi, fraksi

Metode Tier 2b

Metode ini membutuhkan data agregrasi kuantitas pada setiap gas yang dijadikan umpan dalam semua proses *etching* (etsa) dan proses pembersihan. Data yang dibutuhkan berupa fraksi gas tertinggal di kontainer setelah penggunaan, fraksi gas yang terdestruksi atau tertransformasi per jenis proses. Nilai default untuk penggunaan teknologi pengontrol emisi ini dapat dilihat di 2006 IPCC GL 2006 Tabel 6.6 halaman 6.20.

Total emisi diperoleh dari emisi total FC dan emisi *by gas product* spesifik. Nilai default faktor emisi *by gas product* diperoleh dari 2006 IPCC GL table 6.3-6.5 halaman 6.17-6.19. Nilai fraksi destruksi dapat dilihat di 2006 IPCC GL 2006 Tabel 6.6 halaman 6.20.

Total emisi Fc dihitung dari persamaan 6.7 sedangkan persamaan 6.8 hingga 6.11 menghitung emisi gas spesifik *by product*.

Persamaan 6.7

Tier 2b Metode untuk mengestimasi emisi FC

$$E_i = (1-h) \bullet \sum_p \left[FC_{i,p} \bullet \left(1-U_{i,p}\right) \bullet 1-a_{i,p} \bullet d_{i,p} \right]$$

dimana:

E_i		Emisi gas jenis *i*, kg
P	:	Jenis proses (etching vs. CVD chamber cleaning)
$FC_{i,p}$	:	Massa gas *i* diumpankan ke proses jenis *p* (e.g., CF4, C2F6, C3F8, c-C4F8, c-C4F8O, C4F6, C5F8, CHF3,

CH2F2, NF3, SF6), kg

H : Fraksi gas tersisa dalam wadah pengiriman bahan (shipping container) setelah digunakan, fraksi

$U_{i,p}$ Fraksi penggunaan masing-masing gas jenis *i* dan proses tipe *p* (fraksi yang dimusnahkan atau ditransformasi), fraksi

$a_{i,p}$: Fraksi volum gas jenis *i* yang diumpankan ke proses jenis *p* yang dilengkapi dengan teknologi pengendalian emisi, fraksi

$d_{i,p}$: Fraksi gas jenis *i* yang dimusnahkan oleh teknologi kendali emisi pada proses jenis *p* (jika lebih dari satu teknologi kendali emisi digunakan pada proses jenis *p*, gunakan rata-rata tertimbang dari teknologi-teknologi tersebut), fraksi

Persamaan 6.8

Emisi CF_4 BY-PRODUCT

$$BPE_{CF4,i} = (1-h) \bullet \sum_{p} \left[B_{CF4,i,p} \bullet FC_{i.p} \bullet (1 - a_{i.p} \bullet d_{CF4,p}) \right]$$

dimana:

$BPE_{CF4,i}$: Emisi CF_4 yang dikonversi dari gas jenis *i* yang digunakan, kg

$B_{CF4,i,p}$: Faktor emisi CF_4 dari gas jenis *i* pada proses jenis *p*, kg CF_4 /kg gas *i* yang digunakan

$d_{CF4,p}$: Fraksi CF_4 yang dimusnahkan oleh teknologi kendali emisi pada proses jenis *p*, fraksi

H : Fraksi gas tersisa dalam wadah pengiriman bahan (*shipping container*) setelah digunakan, fraksi

$a_{i,p}$: Fraksi volum gas jenis *i* yang diumpankan ke proses jenis *p* yang dilengkapi dengan teknologi pengendalian emisi, fraksi

Persamaan 6.9

Emisi C_2F_6 BY-PRODUCT

$$BPE_{C2F6,i} = (1-h) \bullet \sum_{p} [B_{C2F6,i,p} \bullet FC_{i,p}(1-a_{i.p} \bullet d_{C2F6,p})]$$

dimana:

$BPE_{C2F6,i}$: Emisi C_2F_6 yang dikonversi dari gas jenis *i* yang digunakan, kg

$B_{C2F6,i,p}$: Faktor emisi C_2F_6 dari gas jenis i pada proses jenis p, kg CF_4 /kg gas *i* yang digunakan

$F_{Ci,p}$: Massa gas *i* diumpankan ke proses jenis *p* (e.g., CF_4, C_2F_6, C_3F_8, c-C_4F_8, c-C_4F_8O, C_4F_6, C_5F_8, CHF_3, CH_2F_2, NF_3, SF_6), kg

$d_{C2F6,p}$: Fraksi C_2F_6 yang dimusnahkan oleh teknologi kendali emisi pada proses jenis *p*, fraksi

H : Fraksi gas tersisa dalam wadah pengiriman bahan (*shipping container*) setelah digunakan, fraksi

$a_{i,p}$: Fraksi volum gas jenis *i* yang diumpankan ke proses jenis *p* yang dilengkapi dengan teknologi pengendalian emisi, fraksi

Persamaan 6.10

Emisi CHF_3 By-product

$$BPE_{CHF3,i} = (1-h) \bullet \sum_{p} [B_{CHF3,i,p} \bullet FC_{i,p}(1-a_{i,p} \bullet d_{CHF3,p})]$$

dimana:

$BPE_{CHF3,i}$: Emisi CHF_3 yang dikonversi dari gas jenis *i* yang digunakan, kg

$B_{CHF3,i,p}$: Faktor emisi CHF_3 dari gas jenis *i* pada proses jenis *p*, kg CF_4 /kg gas *i* yang digunakan

$F_{Ci,p}$: Massa gas *i* diumpankan ke proses jenis *p* (e.g., CF_4, C_2F_6, C_3F_8, c-C_4F_8, c-C_4F_8O, C_4F_6, C_5F_8, CHF_3, CH_2F_2, NF_3, SF_6), kg

$d_{CHF3,p}$: Fraksi CHF_3 yang dimusnahkan oleh teknologi kendali emisi pada proses jenis *p*, fraksi

H : Fraksi gas tersisa dalam wadah pengiriman bahan (shipping container) setelah digunakan, fraksi

$a_{i,p}$: Fraksi volum gas jenis *i* yang diumpankan ke proses jenis *p* yang dilengkapi dengan teknologi pengendalian emisi, fraksi

Persamaan 6.11

BY-PRODUCT EMISSIONS OF C3F8

$$BPE_{C3F8,i} = (1-h) \bullet \sum_{p} [B_{C3F8,i,p} \bullet FC_{i,p}(1-a_{i,p} \bullet d_{C3F8,p})]$$

dimana:

BPEC3F8,i	:	Emisi C_3F_8 yang dikonversi dari gas jenis *i* yang digunakan, kg
BC3F8,i,p	:	Faktor emisi C_3F_8 dari gas jenis *i* pada proses jenis *p*, kg CF4 /kg gas *i* yang digunakan
FCi,p	:	Massa gas *i* diumpankan ke proses jenis *p* (e.g., CF4, C2F6, C3F8, c-C4F8, c-C4F8O, C4F6, C5F8, CHF3, CH2F2, NF3, SF6), kg
dC3F8,p	:	Fraksi C_3F_8 yang dimusnahkan oleh teknologi kendali emisi pada proses jenis p, fraksi
h	:	Fraksi gas tersisa dalam wadah pengiriman bahan (*shipping container*) setelah digunakan, fraksi
ai,p	:	Fraksi volum gas jenis *i* yang diumpankan ke proses jenis *p* yang dilengkapi dengan teknologi pengendalian emisi, fraksi

Persamaan 6.12

Total emisi FC

$$Total\ FC\ emissions = E_{NF3} + E_{CHF3} + E_{CF3} + BPE_{CF4,NF3}$$

Metode Tier 3

Prinsipnya sama dengan metode Tier 2b. Metode ini menggunakan persamaan 6.7 hingga 6.11 hanya saja data aktivitas berupa data sepesifik dari pabrik atau perusahaan atau tidak menggunakan data default.

Contoh Cara Perhitungan

1. Cara Perhitungan Kategori Integrated Circuit Or Semiconductor (2E1)

a. Ketahui data fraksi tahunan kapasitas produksi pabrik untuk senyawa fluorinated

b. Ketahui data kapasitas tahunan desain manufaktur per senyawa fluorinated dalam Gm^2 dari proses silikon

c. Tentukan faktor emisi, untuk default Tier 1 senyawa fluorinated dari proses silika seperti dibawah ini: (IPCC 2006, 6.16)

Tabel 6. 2 Faktor emisi senyawa fluorinated dari proses silika

Electronic Industry Sector	**CF_4**	**C_2F_6**	**CHF_3**	**C_3F_8**	**NF_3**	**SF_6**	**C_6F_{14}**
Semiconductors	0.9	1	0.04	0.05	0.04	0.2	N/A

Keterangan: satuan dalam kg FC/m^2

d. Lakukan konversi ekivalen CO_2 ke dalam ton CO_2/ton FC dengan menggunakan faktor konversi

e. Lakukan perhitungan emisi gas FC dengan cara mengalikan data yang diperoleh dari tahap (a) sampai dengan tahap (d) diatas, selanjutnya dikalikan dengan angka 1000 untuk menghasilkan FC emisidalam gigagrams CO_2 equivalent.

f. Cantumkan data dan tahapan perhitungan di atas, ke dalam lembar kerja (worksheet) sebagaimana dibawah ini

Tabel 6. 3 Worksheet perhitungan emisi senyawa fluorinated dari IC dan semikonduktor

Sektor	**IPPU**				
Kategori	**Industri Elektronik - Integrated Circuit (IC) atau Semikonduktor**				
Kode Kategori	**2E1**				
Lembar	**1 dari 1**				
Senyawa Fluorinated (FCs)	A Fraksi Kapasitas produksi pabrik tahunan [1)] (fraksi)	B Kapasitas tahunan desain Manufacturing [1)] (Gm^2 silikon di proses)	C *Tier 1* Faktor emisi Default FC [2)] (kg FC/m^2 silikon di proses)	D Konversi faktor CO_2 Equivalent [3)] (ton CO_2 /ton FC)	E FC Emissions [4)] (Gg CO_2 equivalent)
					E = A * B * C * D * 10^3
CF_4			0.9		

Sektor	**IPPU**				
Kategori	**Industri Elektronik - Integrated Circuit (IC) atau Semikonduktor**				
Kode Kategori	**2E1**				
Lembar	**1 dari 1**				
	A	B	C	D	E
C_2F_6			1		
CHF_3			0.04		
C_3F_8			0.05		
NF_3			0.04		
SF_6			0.2		
Total					

2. Cara Perhitungan Kategori TFT Flat Panel Display (2E2)

a. Ketahui data fraksi tahunan kapasitas produksi pabrik untuk senyawa fluorinated

b. Ketahui kapasitas tahunan desain manufaktur per senyawa fluorinated di kolom B dalam Gm2 dari proses kaca

c. Gunakan Tier 1 Default FC Emission Factor dalam satuan g FC/m^2sebagaimana pada table berikut (IPCC 2006, 6.16)

Tabel 6. 4 Faktor emisi senyawa fluorinated TFT Flat Panel Display

Electronic Industry Sector	**CF_4**	**C_2F_6**	**CHF_3**	**C_3F_8**	**NF_3**	**SF_6**	**C_6F_{14}**
TFT-FPDs	0.5	N/A	N/A	N/A	0.09	4	N/A

d. Lakukan konversi dengan menggunakan faktor konversi ekivalen CO2 dalam satuan ton CO2/ton FC

e Lakukan perhitungan untuk menghasilkan FC emisidengan mengalikan setiap data yang diperoleh dari tahapan (a) sampai dengan (d). Hasil perhitungan dikalikan angkan 1000untuk menghasilkan FC emisidalam gigagrams CO_2 equivalent.

f. Cantumkan data dan tahapan perhitungan di atas, ke dalam lembar kerja (worksheet) sebagaimana dibawah ini.

Tabel 6. 5 Worksheet perhitungan emisi senyawa fluorinated dari *TFT Flat Panel Display*

Sektor	**IPPU**				
Kategori	**Industri Elektronik – TFT Flat Panel Display**				
Kode Kategori	**2E2**				
Lembar	**1 dari 1**				
Senyawa Fluorinated (FCs)	A Fraksi Kapasitas produksi pabrik tahunan [1)] (fraksi)	B Kapasitas tahunan desain Manufacturing [1)] (Gm^2 silikon di proses)	C *Tier 1* Faktor emisi Default FC [2)] (kg FC/m^2 silikon di proses)	D Konversi faktor CO_2 Equivalent [3)] (ton CO_2 /ton FC)	E FC Emissions [4)] (Gg CO_2 equivalent)
					E = A * B * C * D
CF_4			0.5		
NF_3			0.9		
SF_6			4		
Total					

3. Cara Perhitungan Kategori Photovoltaics (2E3)

a. Ketahui data fraksi tahunan kapasitas produksi pabrik untuk senyawa fluorinated

b. Ketahui data kapasitas tahunan desain manufaktur per senyawa fluorinated dalam Gm2 dari proses kaca

c. Gunakan Tier 1 Default FC Emission Factor dalam satuan g FC/m^2berikut ini (IPCC 2006, 6.16)

Tabel 6. 6 Faktor emisi senyawa fluorinated untuk Photovoltaics

Electronic Industry Sector	**CF_4**	**C_2F_6**	**CHF_3**	**C_3F_8**	**NF_3**	**SF_6**	**C_6F_{14}**
PV-cells	5	0.2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

d. Lakukan konversi dengan menggunakan faktor konversi CO2 ekivalen dalam satuan ton CO_2/ton FC

e. Lakukan perhitungan untuk menghasilkan FC emisi dengan mengalikan data-data yang diperoleh dari tahap (a) sampai dengan tahap (d). Hasil perhitungan dikalikan angka 1000 untuk menghasilkan FC emisidalam gigagrams CO_2 equivalent.

f. Cantumkan data dan tahapan perhitungan di atas, ke dalam lembar kerja (worksheet) sebagaimana dibawah ini.

Tabel 6. 7 Worksheet perhitungan emisi senyawa fluorinated dari Photovoltaics

Sektor	**IPPU**		
Kategori	**Industri elektronik - Photovoltaics**		
Kode Kategori	**2E3**		
Lembar	**1 dari 2**		
Senyawa *Fluorinated* (FCs)	A Fraksi Kapasitas produksi pabrik tahunan [1)] (fraksi)	B Kapasitas tahunan desain Manufacturing [1)] (Mm^2 substrat yang diproses)	C Fraksi PV yang menggunakan senyawa *fluorinated* (fraksi)
CF_4			
C_2F_6			
Total			
Lembar	**2 dari 2**		
Fluorinated Compounds (FCs)	D Tier 1 Faktor Emisi Default FC [1)] ($g\ FC/m^2$ substrat yang diproses)	E Faktor konversi CO_2 Equivalent [2)] (ton CO_2 /ton FC)	F Emisi FC [3)] (Ekivalen Gg CO_2)
			F = A * B * C * D * E / 10^3
CF_4	5		
C_2F_6	0.2		
Total			

6.2. Fluida Pemindah Panas

6.2.1 Deskripsi Kategori

FC_S dikenal sebagai fluida pemindah panas, FC_S ini cair pada suhu kamar dan memiliki tekanan uap yang cukup tinggi. Kerugian penguapan berkontribusi pada total emisi FC. Kerugian penguapan ini terjadi selama pendinginan peralatan proses tertentu, selama pengujian perangkat semikonduktor dikemas dan selama fase uap aliran penyolderan komponen elektronik untuk papan sirkuit. Kerugian penguapan tidak terjadi ketika FC_S cair yang digunakan untuk mendingin kankomponen elektronik atau sistem selama operasi.

Pada aplikasi ini, Zat cair yang terkandung dalam sistem tertutup selama umur produk atau sistem. Lebih dari $20FC_S$ cair yang berbeda dipasarkan, sering sebagai campuran senyawa sepenuhnya fluorinated, ke Sektor elektronik karena CO_2 setara setiap cairan berbeda, masing-masing harus dilacak dan dilaporkan secara terpisah.

6.2.2 Data yang diperlukan

Tabel 6. 8 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor Fluida Pemindah Panas

TIER	Data aktifitas	Faktor emisi	Parameter lain
TIER 1	perlu menentukantotal luas permukaansubstratelektronikdiproses untuktahun tertentu	Baku (lihat IPCC GL 2006 halaman 6.16)	-
TIER 2	data pembeliangaspadaperusahaan atautingkat pabrik	-	-

Metode Tier 1

Metode ini dilakukan apabila data spesifik perusahaan mengenai fluida pemindah panas tdak tersedia. Metode ini memberikan sebuah estimasi dari emisi agregat - emisi rata-rata tertimbang di semua FC_S cair yang dinyatakan sebagai massa C_6F_{14}.

Data yang dibutuhkan adalah kapasitas desain dari industri semikonduktor dalam unit Gm. Nilai faktor utilisasi industri semikonduktor dalam unit fraksi sebesar 80%. Faktor emisi yang digunakan adlah nilai faktor emisi default dari 2006 IPCC GL Tabel 6.2 halaman 6.16.

Persamaan 6.13

TIER 1 METHOD FOR ESTIMATION OF TOTAL FC EMISSIONS FROM HEAT TRANSFER FLUIDS

$$FC_{liquid,total} = EF_l \bullet C_u \bullet C_d$$

dimana:

$FC_{liquid, total}$: Total emisi FC dinyatakan dalam massa C_6F_{14}, Mt C_6F_{14}

EF_l : Faktor emisi (emisi FC agregat per Gm^2 silicon yang dikonsumsi selama perioda perhitungan dinyatakan sebagai massa C_6F_{14}), Mt C_6F_{14}/Gm^2

C_u : Faktor utilisasi industri semikonduktor, fraksi

C_d : Kapasitas desain industri semikonduktor, Gm2

Metode Tier 2

Metode ini menggunakan pendekatan kesetimbangan massa yang dihitung dari penggunaan FC cair selama satu tahun. Metode ini menggunakan data aktivitas spesifik perusahaan. Data yang dibutuhkan berupa:

1. Netto pembelian FCi cair selama perioda inventory dalam unit liter
2. Kapasitas yang baru dipasang dalam unit liter
3. Kapasitas peralatan yang dihentikan operasinya dalam unit liter
4. Inventory FCi cair pada akhir perioda pelaporan dalam unit liter
5. Banyaknya FCi cair yang dikumpulkan dan dikirim keluar pabrik selama perioda pelaporan dalam unit liter

Persamaan 6.14 digunakan untuk menghitung emisi FC.

Persamaan 6.14

Tier 2 METHOD FOR ESTIMATION OF FC EMISSIONS FROM HEAT TRANSFER FLUIDS

$$FC_i = \rho_i \bullet \left[I_{i,t-1}(l) + P_{i,t}(l) - N_{i,t}(l) + R_{i,t}(l) - I_{i,t}(l) - D_{i,t}(l) \right]$$

dimana:

FC_i : Emisi FC*i*, kg

ρ_i : Densitas FC*i* cair, kg/liter

$I_{i,t-1}(l)$: inventory FC*i* cair pada akhir perioda terdahulu, liter

$P_{i,t}(l)$: Netto pembelian FC*i* cair selama perioda inventory, liter

$N_{i,t}(l)$: Kapasitas yang baru dipasang, liter

$R_{i,t}(l)$: Kapasitas peralatan yang dihentikan operasinya, liter

$I_{i,t}(l)$: Inventory FC*i* cair pada akhir perioda pelaporan, liter

$D_{i,t}(l)$: Banyaknya FC*i* cair yang dikumpulkan dan dikirim keluar pabrik selama perioda pelaporan, liter

Contoh Cara Perhitungan:

Kategori Heat Transfer Fluid (2E4)

a. Ketahui data fraksi tahunan kapasitas produksi pabrik per senyawa fluorinated.

b. Ketahui data kapasitas tahunan desain manufaktur di kolom B di Gm2 dari konsumsi silikon.

c. Gunakan faktor emisi default dengan satuan kg/m^2konsumsi silikon, sebagaimana pada Tabel dibawah ini.

Tabel 6. 9 Faktor emisi senyawa fluorinated kategori fluida pemindah panas

Electronic Industry Sector	**CF_4**	**C_2F_6**	**CHF_3**	**C_3F_8**	**NF_3**	**SF_6**	**C_6F_{14}**
Heat Transfer Fluids	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.3

d. Lakukan konversi dengan mengunakan faktor konversi CO2 ekivalen dalam ton CO2/ton FC

e. Lakukan perhitungan untuk menghasilkan FC emisi dengan mengalikan data-data yang diperoleh dari tahap (a) sampai dengan tahap (d). Hasil perhitungan dikalikan angka 1000 untuk menghasilkan FC emisidalam gigagrams CO_2 equivalent.

f. Cantumkan data dan tahapan perhitungan di atas, ke dalam lembar kerja (worksheet) sebagaimana dibawah ini.

Tabel 6. 10 Worksheet perhitungan emisi senyawa fluorinated dari sektor Fluida pemindah Panas

Sektor	**IPPU**				
Kategori	**Industri Elektronik – Fluida pemindah panas (*Heat Transfer Fluid*)**				
Kode Kategori	**2E4**				
Lembar	**1 dari 1**				
Senyawa Fluorinated (FCs)	A Fraksi Kapasitas produksi pabrik tahunan (fraksi)	B Kapasitas tahunan desain Manufacturing (Gm^2 konsumsi silikon)	C *Tier 1* Faktor emisi Default FC [1)] (kg C_6F_{14}/m^2 konsumsi silikon)	D Konversi faktor CO_2 Equivalent [2)] (ton CO_2 /ton C_6F_{14})	E FC Emissions [3)] (Gg CO_2 equivalent)
					E = A * B * C * D * 10^3
C_6F_{14}			0.3		

VII. EMISI GAS RUMAH KACA DARI PRODUK YANG DIGUNAKAN SEBAGAIPENGGANTI BAGI PENIPISAN OZON

7.1 Ozone Depletion Substances (ODS)

7.1.1 Deskripsi Kategori

Tabel 7. 1 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor senyawa penipis ozon

TIER	Data aktifitas	Faktor emisi	Parameter lain
TIER 1a	Data penjualan bahan kimia (country-spesific atau globally/regionally spesific)	Faktor Emisi komposit Baku atau faktor emisi spesifik berlaku di negara tersebut	
TIER 1b	• Data penjualan bahan kimia (country-spesific atau globally/regionally spesific) • Data penjualan peralatan bersejarah dan saat ini disesuaikan untuk impor / ekspor oleh aplikasi		
TIER 2a	• data penjualan kimia dan pola penggunaan oleh sub-aplikasi (country-spesific atau globally/regionally spesific)	Faktor Emisi Baku atau faktor emisi spesifik berlaku di negara tersebut	
TIER 2b	• Data penjualan bahan kimia dari sub-aplikasi (country-spesific atau globally/regionally spesific) • Data penjualan peralatan bersejarah dan saat ini disesuaikan untuk impor / ekspor oleh aplikasi		

Metode Tier 1a

Metode ini menggunakan pendekatan faktor emisi pada tingkat aplikasi. Data yang dibutuhkan adalah data pada tingkat aplikasi yaitu data konsumsi bahan kimia

tahunan. Konsumsi bahan kimia bersih dihitung menggunakan persamaan 7.1 berikut.

Persamaan 7.1
Perhitungan Konsumsi Neto Bahan Kimia Pada Suatu Aplikasi/Peralatan $Net\ Comsumption = Production + Imports - Exports - Destruction$

Emisi dihitung menggunakan persamaan 7.2A berikut.

Persamaan 7.2A
Perhitungan Konsumsi Neto Bahan Kimia Pada Suatu Aplikasi/Peralatan $Annual\ Emissions = Net\ Comsumption \bullet Composite\ EF$

dimana:

Net Consumption	Neto konsumsi untuk aplikasi/peralatan tertentu
Composite EF	Faktor emisi komposit dari aplikasi/peralatan

Apabila terdapat bahan kimia simpanan maka digunakan persamaan 7.2B berikut:

Persamaan 7.2B
Perhitungan Konsumsi Neto Bahan Kimia Pada Suatu Aplikasi/Peralatan Dengan Cadangan/Simpanan $Annual\ Emissions = Net\ Comsumption \bullet Composite\ EF_{FY} + Total\ Banked\ Chemical \bullet Composite\ EF_{B}$

dimana:

Net Consumption	:	Neto konsumsi untuk aplikasi/peralatan tertentu
Composite EFFY	:	Faktor emisi komposit dari aplikasi/peralatan pada tahun pertama
Total Banked Chemical	:	Simpanan/cadangan bahan kimia untuk aplikasi/peralatan
Composite EFB	:	Faktor emisi komposit dari aplikasi/peralatan yang disimpan

Faktor emisi berasal dari pengukuran aktual produk atau peralatan pada tingkat nasional selama berbagai tahapan siklus hidup keikutsertaannya.

Metode Tier 1b

Metode ini menghitung emisi dengan pendekatan kesetimbangan massa pada bagian perakitan, operasi dan disposal tetapi tidak bergantung pada faktor emisi.

Persamaan 7.3
Persamaan Umum Neraca Massa Untuk TIER 1b $Emissions = Annual\ Sales\ of\ New\ Chemical -$ $(Total\ Charge\ of\ New\ Equipment -$ $Original\ Total\ Charge\ of\ Retiring\ Equipment)$

Metode Tier 2a

Pendekatan metode ini adalah faktor emisi spesifik yang berlaku di negara tersebut pada sub-aplikasi pabrik yaitu perakitan, operasi dan disposal. Data yang dibutuhkan adalah jumlah konsumsi bahan kimia diketiga proses tersebut. Persamaan 7.4 digunakan untuk menghitung.

Persamaan 7.4
Persamaan Emisi Berdasarkan Daur Hidup Bahan $Total\ Emissions\ of\ Each\ PFC\ or\ HFC = Assembly / Manufacturing\ Emissions +$ $Operation\ Emissions + Disposal\ Emission$

Metode Tier 2b

Metode ini sama dengan Metode Tier 1b, hanya saja metode Tier 2b berlaku pada tingkat sub-aplikasi.

7.2. Pelarut (Non-Aerosol)

7.2.1 Deskripsi Kategori

HFC sekarang digunakan dalam aplikasi pelarut dalam tingkat yang jauh lebih rendah dibandingkan CFC-113 digunakan sebelum fase-out, dan PFC masih sangat jarang digunakan. HFC/PFC menggunakan pelarut terjadi di empat bidang utama sebagai berikut:Pembersihan Presisi; Pembersihan Elektronik; PembersihanLogam, aplikasi Deposisi.

HFC biasanya digunakan dalam bentuk campuran azeotropatau lainnya untuk pembersihan pelarut.ParaHFC paling umum digunakan adalah pelarut HFC-43-10mee, dengan beberapa penggunaanHFC-365mfc, HFC-245fa (sebagai aerosol solvent), dan heptafluorocyclopentane(US EPA, 2004b).

Secara umum, perfluorokarbon memiliki sedikit digunakan dalam pembersihan, karena mereka pada dasarnya lembam, memiliki GWPs sangat tinggi dan memiliki daya yang sangat sedikit untuk melarutkan minyak- kecualifluoro-minyak dan fluoro-gemuk bahkan untukpengendapanmaterial inisebagai pelumasdalam pembuatan*disk drive*.

7.2.2 Data yang diperlukan

Tabel 7. 2 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor Pelarut non-aerosol)

TIER	Data aktifitas	Faktor emisi	Parameter lain
TIER 1	Jumlahsetiap bahan kimiayang relevandijual sebagaipelarut dalamsuatu tahun tertentu	Faktor Emisi Baku *Lihat IPCC GL 2006 halaman 3.23	

Metode Tier 1

Metode ini menggunakan data jumlah penggunaan pelarut pada tahun inventarisasi dan tahun sebelumnya. Faktor emisi adalah nilai fraksi dari bahan kimia yang diemisikan dari pelarut pada tahun awal (inisial) Faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi standar 50% dari awal penggunaan / tahun untuk aplikasi pelarut.

Persamaan 7.5
Metoda Estimasi Emisi Dari Penggunaan Pelarut $Emissions_t = S_t \bullet EF + S_{t-1} \bullet (1 - EF) - D_{t-1}$

dimana:

Emissionst	:	Emisi dalam tahun *t*, ton
S_t	:	Kuantitas HFC and PFC terkandung dalam produk aerosol yang dijual di tahun *t*, ton
S_{t-1}	:	Kuantitas HFC and PFC terkandung dalam produk aerosol yang dijual di tahun *t*–1, ton
EF	:	Faktor emisi (= fraksi bahan kimia yang diemisikan pada tahun pertama), fraksi

Contoh Cara Perhitungan:

Cara Perhitungan Kategori Solvents (2F5)

a. Spesifikasikan Data kimia untuk perhitungan kategori ini

b. Ketahui data jumlah pelarut (HFCs/PFCs) yang terjual dalam satu tahun invetori dalam ton

c. Ketahui data jumlah pelarut (HFCs/PFCs) yang terjual pada tahun sebelumnya dalam ton

d. Ketahui data faktor emisi.

e. Cantumkan data-data pada tahap (a) sampai dengan (d) tersebut di atas pada lembar kerja (worksheet) di bawah ini.

Tabel 7. 3 Worksheet perhitungan emisi HFC dari sektor pelarut

Sektor		**IPPU**			
Kategori		**Penggunaan produk sebagai pengganti bahan yang penipiskan lapisan ozon (ODS) – Pelarut**			
Kode Kategori		**2F4**			
Lembar		**1 dari 1**			
A Jumlah pelarut (HFCs/PFCs) yang terjual pada tahun inventori Bahan Kimia [1), 2)] (tolong spesifikasi)	(ton)	B Jumlah pelarut (HFCs/PFCs) yang terjual d tahun sebelumnya (ton)	C Faktor emisi (Kehilangan pada tahun kini pemakaian) (fraksi)	D Emisi HFCs/PFCs dari pelarut (ton)	E Emisi dari HFCs/PFCs dari pelarut (Gg)
				D = A * C + B * (1 - C)	$E = D/10^3$

f. Lakukan perhitungan nilai emisi HFCs/PFCs dari pelarut dalam tondengan menggunakan persamaan "=(B11*D11)+C11*(1-D11)" pada kolom D untuk mengetahui nilai emisi HFCs/PFCs dari pelarut dalam ton

g. Masukkan persamaan "=E11/1000" di kolom E untuk mengkonversi unit gigagrams.

7.3. Aerosol (Propelan Dan Pelarut)

7.3.1 Deskripsi Kategori

Kebanyakan paket aerosol mengandung hidrokarbon (HC) sebagai propelan, tetapi dalam sebagian kecil dari total, HFC dan PFC dapat digunakan sebagai propelan atau pelarut. Emisi dari aerosol biasanya terjadi segera setelah produksi, rata-rata enam bulan setelah penjualan.

HFC yang saat ini digunakan sebagai propelan adalah HFC-134a, HFC-227ea, dan HFC-152a, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7.1. Zat HFC-245fa, HFC-365mfc, HFC-43-10mee dan PFC, perfluorohexane, digunakan sebagai pelarut dalam produk aerosol industri. Dari jumlah tersebut, HFC-43-10mee adalah yang paling banyak digunakan. 11HFC-365mfc juga diharapkan untuk digunakan dalam aerosol dalam waktu dekat (CH_2) 5CO(Sikloheksanon) + (CH2) 5CHOH (sikloheksanol) + wHNO_3 → HOOC(CH_2) 4COOH(Asamadipat) + +xN_2OyH_2O

7.3.2 Data yang diperlukan

Tabel 7. 4 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor Aerosol

TIER	Data aktifitas	Faktor emisi	Parameter lain
TIER 1	produksi aerosol Domestik dan produksi aerosol Impor	50 % dari nilai awal kuantitas produk aerosol	

Metode Tier 1

Metode ini menggunakan data HFC dan PFC yang terkandung dalam produk aerosol yang terjual pada tahun tertentu dan tahun sebelumnya. Unit yang digunakan adalah ton. Faktor emisi adalah nilai fraksi dari emisi bahan kimia selama 1 tahun. Nilai default faktor emisi adalah 50% dari nilai awal. Ini dapat diartikan bahwa setengah dari kimia tersebut lepas sendirinya pada tahun pertama dan yang tersisa lepas pada tahun selanjutnya .

Persamaan 7.6

Metoda Estimasi Emisi Dari Penggunaan Aerosol

$$Emissions_t = S_t \bullet EF + S_{t-1} \bullet (1 - EF)$$

dimana:

$Emissions_t$: Emisi dalam tahun *t*, ton
St : Kuantitas pelarut yang dijual di tahun *t*, ton
S_{t-1} : Kuantitas pelarut yang dijual di tahun *t*–1, ton
EF : Faktor emisi (= fraksi bahan kimia yang diemisikan oleh pelarut pada tahun awal penggunaannya), fraksi
D_{t-1} : Kuantitas pelarut yang dimusnahkan pada tahun *t*–1, ton

<u>Contoh Cara Perhitungan Kategori Aerosols (2F4):</u>

a. Spesifikasikan Data kimia untuk kategori ini

b. Ketahui data jumlah pelarut (HFCs/PFCs) yang terjual dalam satu tahun invetori dalam ton

c. Ketahui data jumlah pelarut (HFCs/PFCs) yang terjual pada tahun sebelumnya dalam ton

d. Cantumkan data-data pada tahap (a) sampai dengan (c) tersebut di atas pada lembar kerja (worksheet) di bawah ini

Tabel 7. 5 Worksheet perhitungan emisi HFC dari sektor Aerosol

Sektor		**IPPU**			
Kategori		**Penggunaan produk sebagai pengganti bahan yang penipiskan lapisan ozon (ODS) – Aerosol**			
Kode Kategori		**2F4**			
Lembar		**1 dari 1**			
A Jumlah pelarut (HFCs/PFCs) yang terjual pada tahun inventori Bahan Kimia [1), 2)]	(ton)	B Jumlah pelarut (HFCs/PFCs) yang terjual d tahun sebelumnya (ton)	C Faktor emisi (Kehilangan pada tahun kini pemakaian) (fraksi)	D Emisi HFCs/PFCs dari pelarut (ton)	E Emisi dari HFCs/PFCs dari pelarut (Gg)
(tolong spesifikasi)				D = A * C + B * (1 - C)	$E = D/10^3$

e. Masukkan faktor emisi di kolom C.

f. Masukkan persamaan "=(B11*D11)+C11*(1-D11)" pada kolom D untuk mengetahui nilai emisi HFCs/PFCs dari pelarut dalam ton

g. Masukkan persamaan "=E11/1000" di kolom E untuk mengkonversi unit gigagrams.

7.4. Agen Busa Peniup (*Foam Blowing Agents*)

7.4.1 Deskripsi Kategori

HFCyang digunakansebagai penggantiCFCdanHCFCdalambusa danterutama dalam aplikasiisolasi.Senyawayang sedangdigunakan termasukHFC-245fa, HFC-365mfc, HFC-227ea, HFC-134a, dan HFC-152a

7.4.2 Data yang diperlukan

Tabel 7. 6 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor agen busa peniup

TIER	Data aktifitas	Faktor emisi	Parameter lain
TIER 1	jumlah bahan kimia yang digunakan dalam pembuatan busa di suatu negara dan kemudian tidak diekspor, dan jumlah bahan kimia yang terkandung dalam busa diimpor ke negara itu.	Ditinjau rekan dan data negara tertentu terdokumentasi dengan baik berdasarkan penelitian lapangan pada setiap jenis busa(selter buka dan sel tertutup)	

Metode Tier 1

Ada 3 hal yang diperhitungkan dalam metode ini yaitu total HFC yang digunakan dalam proses manufaktur, jumlah HFC yang di tiuokan ke closed-cell pada tahun ini dan tahun sebelumnya dan data kerugian dekomisioning serta pencegahan emisi HFC dari rekoveri.

Faktor emisi untuk HFC yang digunakan adalah faktor emisi default yang bisa diperoleh dari 2006 IPCC GL tabel 7.6 dan 7.7 halaman 7.39. Sedangkan faktor emisi untuk HFC yang di tiup ke closed-cell dapat dilihat dari 2006 IPCC GL tabel 7.5 halaman 7.35

Persamaan 7.7

Pendekatan Faktor Emisi Untuk Busa

$$Emissions_t = M_t \bullet EF_{FYL} + Bank_t \bullet EF_{AL} + DL_t - RD_t$$

dimana:

Emissionst	:	Emisi dari closed-cell foam pada tahun *t*, ton
Mt	:	Kuantitas HFC yang digunakan dalam pembuatan closed-cell foam baru di tahun *t*, ton
EF_{FYL}	:	Faktor emisi tahun pertama, fraksi
Bankt	:	HFC ke dalam pembuatan closed-cell foam antara tahun t dan tahun *t-n*, ton
EF_{AL}	:	Faktor emisi kehilangan tahunan (annual loss), fraksi

Untuk OCF (one component foam) khususnya untuk closed-cell foam maka digunakan persamaan 7.8.

Persamaan 7.8

Metode Generik Perhitungan emisi dari *OPEN-CELLED FOAMS*

$$Emissions_t = M_t$$

dimana:

Emissionst	:	Emisi dari open-cell foam pada tahun *t*, ton
Mt	:	Kuantitas HFC yang digunakan dalam pembuatan open-cell foam baru di tahun *t*, ton

7.5. Pendinginan dan Penyejuk Udara (*Refrigerant*)

7.5.1 Deskripsi Kategori

Sistem Refrigerasi dan AC (RAC) dapat diklasifikasikan dalam enam sub-aplikasi domain atau kategori (UNEP-RTOC, 2003) meskipun kurang sub-aplikasi yang biasanya digunakan pada tingkat negara sekalipun. Kategori-kategori sesuai dengan sub-aplikasi yang mungkin berbeda dengan lokasi dan tujuan, dan tercantum di bawah ini:

- Pendinginan domestik (yakni, rumah tangga), Pendingin komersial termasuk berbagai jenis peralatan, dari mesin penjual otomatis untuk sistem pendinginan terpusat di supermarket,
- proses Industri termasuk chiller, penyimpanan dingin, dan pompa panas industri digunakan dalam makanan,

7.5.2 Data yang diperlukan

Tabel 7. 7 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor penyejuk udara

TIER	Data aktifitas	Faktor emisi	Parameter lain
TIER 1	Penjualan tahunan informasi refrigerant baru menggunakan informasi yang disediakan oleh produsen kimia	faktor emisi baku	
TIER 2	menggunakan data spesifik negara, berdasarkan informasi yang diberikan oleh produsen peralatan, penyedia layanan, perusahaan pembuangan,dan studi mandiri		

Metode Tier 1a dan 1 b

Metode ini menggunakan software dalam menghitung emisi. Data yang dibutuhkan adalah data produksi HFC-143a, data import dan ekspor, nilai-nilai seperti laju pertumbuhan dan sebaginya diperoleh dari asumsi yang terdapat di software tersebut.

Metode Tier 2b

Metode ini berdasarkan pada pendekatan kesetimbangan massa pada pendingin dan refrigeran. Emisi terjadi pada 4 tingkat yaitu pada *charging*, operasi, servis dan akhir pemakaian (*end-of-life*). Faktor emisi dapat dilihat pada 2006 IPCC GL tabel 7.9 halaman 7.52.

Persamaan 7.9

Penentuan Emisi Refrigeran Dengan Neraca Massa

$$Emissions = Annual\ Sales\ of\ New\ Refrigerant - Total\ Charge\ of\ New\ Equipment + Original\ Total\ Charge\ of\ Retiring\ Equipment - Amount\ of\ International\ Destruction$$

Metode Tier 2a

Sama seperti metode tier 2b, metode tier 2a menghitung emisi pada 4 tingkat secara terpisah. Total emisi adalah jumlah emisi di 4 tingkat tingkat tersebut. Tabel 7.9 halaman 7.52 di 2006 IPCC GL vol 3 IPPU memberitahukan nilai default faktor
emisi dari 4 tingkat tersebut.

Persamaan 7.10

Ringkasan Sumber-Sumber Emisi

$$E_{total,t} = E_{Containers,t} + E_{Charge,t} + E_{lifetime,t} + E_{end-of-life,t}$$

Persamaan 7.11

Sumber Emisi Dari Manajemen Wadah Refrigeran

$$E_{containers,t} = RM_t \bullet \frac{c}{100}$$

dimana:

Econtainers, t : Emissions dari seluruh wadah (container) HFC dalam tahun *t*, kg

RMt : Pasar HFC untuk peralatan-peralatan baru dan jasa perawatan refrigerasi pada tahun *t*, kg

c : Faktor emisi manajemen wadah HFC pada tahun pelaporan, persen

Persamaan 7.12

Sumber Emisi Saat Mengisi Peralatan Baru

$$E_{charge,t} = M_t \bullet \frac{k}{100}$$

dimana:

Echarge,t : Emisi selama pembuatan/pemasangan pada tahun *t*, kg

Mt : Kuantitas HFC yang diisikan ke dalam alat baru pada tahun *t*, kg

K Faktor emisi kehilangan HFC saat diisikan ke dalam alat baru, persen

Note:

Emisi terkait proses penyambungan dan pelepasan alat saat proses penggunaan diperhitungkan pada Persamaan 7.13.

Persamaan 7.13

Sumber Emisi Sepanjang Umur Peralatan

$$E_{lifetime,t} = B_t \bullet \frac{x}{100}$$

dimana:

$E_{lifetime,t}$: Kuantitas HFC yang diemisikan saat pengoperasian pada tahun *t*, kg

Bt : Kuantitas HFC yang disimpan pada sistem-sistem eksisting pada tahun *t*, kg

X Faktor emisi HFC (berdasarkan kebocoran rata-rata tahunan), percent

Persamaan 7.14

Emisi Pada Akhir Umur Alat

$$E_{end-of-life,t} = M_{t-d} \bullet \frac{p}{100} \bullet \left(1 - \frac{\eta_{rec,d}}{100}\right)$$

dimana:

Eend-of-life, t : Kuantitas HFC yang diemisikan pada sistem pembuangan pada tahun *t*, kg

Mt-d : Kuantitas HFC yang semula diisikan ke dalam sistem baru pada (*t-d*), kg

p : Isi residu HFC dalam peralatan yang dibuang, dinyatakan sebagai persen dari saat terisi penuh, percent

ηrec,d : Efisiensi pengambilan HFC sisa (*recovery*)

Dalam menentukan QA dan QC dapat menggunakan persamaan 7.15 dan 7.16 sebagai berikut:

Persamaan 7.15

Verifikasi Kajian Pasokan dan Permintaan

$$RN_t = \sum_{j=1}^{6}\left(S_{prod_t,j} \bullet m_{i,j}\right) + \sum_{j=1}^{6}\left(M_{t,j} \bullet k_j\right) + \sum_{j=1}^{6}\left(B_{i,j} \bullet x_j\right) + RM_t \bullet c$$

dimana:

RNt HFC refrigerant needs in year *t*, kg

j Counter dari 1 hingga 6 (atau jumlah sub-aplikasi yang dipilih untuk Tier 2)

Sprod_t,j Produksi nasional peralatan yang menggunakan HFC untuk sub-application domain *j* padatahun *t*, jumlah alat

mt,j Rata-rata isi awal HFC pada peralatan jenis *j*, kg

Mt,j Kuantitas HFC diisikan kedalam peralatan jenis *j* pada saat

		pembuatan di tahun *t*, kg
kj		Faktor emisi kehilangan HFC saat diisikan ke paralatan baru jenis *j*, fraksi
Bt,j		Kuantitas HFC tersimpan dalam sistem peralatan eksisting jenis *j* pada tahun *t*, kg
xj	:	Faktor emisi HFC pada peralatan jenis *j* selama operasi (memperhitungkan kebocoran saat penggunaan), fraksi
RMt	:	Pasar HFC untuk peralatan baru dan penggunaan seluruh refrigerasi pada tahun *t*, kg
c	:	Faktor emisi manajemen container HFC pada pasar refrigerant, fraksi

Persamaan 7.16

Perhitungan Pasar Refrigeran Tahunan

$$RD_t = R_{prod_t} - R_{exp_t} + R_{imp_t} + R_{recl_t} - R_{dest_t}$$

dimana:

Rprod_t	:	Produksi refrigeran HFC, kg
Rexp_t	:	Produk domestic refrigeran HFC yang diekspor pada tahun t, kg
Rimp_t	:	Impor refrigeran HFC pada tahun t, kg
Rrecl_t	:	Refrigeran HFC daur ulang pada tahun t dikurangi refrigeran HFC daur ulang yang belum terjual, kg
Rdest_t		Refrigeran HFC yang dimusnahkan pada tahun t, kg

7.6. Perlindungan Kebakaran

7.6.1 Deskripsi Kategori

Ada dua jenis umum peralatan perlindungan kebakaran yang menggunakan HFC dan/ atau PFC sebagai pengganti parsial untuk Halons. Peralatan dapat dijinjing (streaming), dan peralatan tetap (banjir). HFC, PFC dan baru-baru ini fluoroketone yang terutama digunakan sebagai pengganti Halons, biasanya halon1301, peralatan banjir. PFC memainkan peran awal pada penggantian halon 1301 namun penggunaannya saat ini terbatas pada pengisian sistem yang diinstal sebelumnya. HFC dalam peralatan yang dapat dijinjing, biasanya menggantikan halon1211, yang ada, tetapi penerimaan pasar yang sangat terbatas terutama karena biaya yang tinggi. PFC digunakan dalam alat pemadam dapat dijinjing barusaat ini terbatas pada sebagian kecil (beberapa persen) dalam campuran HCFC.

7.6.2 Data yang diperlukan

Tabel 7. 8 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor perlindungan kebakaran

TIER	Data aktifitas	Faktor emisi	Parameter lain
TIER 1	Data simpanan dari agen pada pelindung kebakaran	Software IPCC	

Metode Tier 1

Metode ini membutuhkan data simpanan agen pada pelindung kebakaran. Data simpanan terdiri dari data produksi, impor dan ekspor, data destruksi dan emisi atau lepasan agen dari peralatan.

Persamaan 7.17

Kebergantungan Terhadap Waktu Dari Emisi Dari Peralatan Pemadam kebakaran

$$Emissions_t = Bank_t + EF + RRL_t$$

dan

$$Bank_t = \sum_{i-t_0}^{t} \left(Production_i + Imports_i - Exports_i - Destruction_i - Emissions_i \right) - RRL_i$$

dimana:

$Emissions_t$	:	Emisi bahan kimia alat pemadam kebakaran pada tahun *t*, ton
$Bank_t$	:	Bahan kimia yang tersimpan dalam alat pemadam kebakaran pada tahun *t*, ton
EF	:	Fraksi bahan kimia dalam alat pemadam kebakaran yang diemisikan per tahun (tidak termasuk emisi dari alat yang tidak lagi digunakan), dimensionless
RRL_t	:	Emisi bahan kimia saat daur ulang atau pembuangan pada tahun *t*, ton

7.7. Aplikasi Lainnya

Metode Tier 1

Metode ini mengggunakan jumlah HFC dan PFC yang terjual pada tahun i dan tahun sebelumnya. Faktor emisiyang digunakan sama seperti pada penggunaan solvent dan aerosol. Untuk solvent, faktor emisi sebesar 0,5.

Persamaan 7.18
Kajian Emisi Dari Aplikasi/Peralatan Lain $Emissions_t = S_t \bullet EF + S_{t-1} \bullet (1 - EF)$

Data aplikasi yang mengeluarkan emisi lebih rendah, jika data tersedia maka dapat mengeluarkan kelompok peralatan dengan emisi rendah dari persamaan diatas menggunakan persamaan 7.19.

dimana:

Emissionst	:	Emisi pada tahun *t*, tones
St	:	Kuantitas HFC dan PFC terjual pada tahun *t*, ton
St–1	:	Kuantitas HFC dan PFC terjual pada tahun *t*–1, ton
EF	:	Faktor emisi (= fraksi bahan kimia yang diemisikan pada tahun pertama setelah alat dibuat/diproduksi), fraksi

Persamaan 7.19
Kajian Emisi Dari Bahan Kimia Dalam Wadah Lainnya $Emissions = Products\ Manufacturing\ Emissions + Product\ Life\ Emissions + Product\ Disposal\ Emissions$

dimana:

Product Manufacturing Emissions	:	Penjualan per tahun x Faktor Emisi pembuatan alat (manufacturing)
Product Life Emissions	:	Bahan yang tersimpan x Laju kebocoran
Product Disposal Emissions	:	Pembuangan per tahun x Faktor Emisi Pembuangan (*Disposal Emission Factors*)

Contoh Cara Perhitungan Kategori Other Application (2F6)

a. Spesifikasikan Data kimia untuk kategori ini

b. Ketahui data jumlah pelarut (HFCs/PFCs) yang terjual dalam satu tahun invetori dalam ton

c. Ketahui data jumlah pelarut (HFCs/PFCs) yang terjual pada tahun sebelumnya dalam ton

d. Cantumkan data-data pada tahap (a) sampai dengan (c) tersebut di atas pada lembar kerja (worksheet) di bawah ini.

Tabel 7.9 Worksheet perhitungan emisi HFC dari aplikasi lainnya

Sektor		**IPPU**			
Kategori		**Penggunaan produk sebagai pengganti bahan yang penipiskan lapisan ozon (ODS) – Aplikasi Lainnya**			
Kode kategori		**2F6**			
Lembar		**1 dari 1**			
A		B	C	D	E
A Jumlah (HFCs/PFCs) yang terjual pada tahun inventori Bahan Kimia [1), 2)] (tolong spesifikasi)	(ton)	B Jumlah (HFCs/PFCs) yang terjual d tahun sebelumnya (ton)	C Faktor emisi (Kehilangan pada tahun kini pemakaian) (fraksi)	D Emisi HFCs/PFCs dari (ton)	E Emisi dari HFCs/PFCs (Gg)
				D = A * C + B * (1 - C)	$E = D/10^3$
HFG					
HRF					
HTR					

e. Masukkan faktor emisi di kolom C.

f. Masukkan persamaan "=(B11*D11)+C11*(1-D11)" pada kolom D untuk mengetahui nilai emisi HFCs/PFCs dari pelarut dalam ton

g. Masukkan persamaan "=E11/1000" di kolom E untuk mengkonversi unit gigagrams.

VIII. EMISI GAS RUMAH KACA DARI PRODUKSI DAN PENGGUNAAN PRODUK LAINNYA

8.1. Peralatan Listrik

8.1.1 Deskripsi Kategori

Sulfur heksafluorida(SF_6) digunakan untuk isolasi listrikdan gangguansaat ini dalam peralatan yang digunakan dalam transmisi dan distribusi listrik. Emisi terjadi di setiap tahapan siklus hidup peralatan,termasuk produksi, instalasi, penggunaan, pelayanandan pembuangan. Sebagian besar SF6 digunakan dalam peralatan listrik digunakan dalam switch gear gas terisolasi dan gardu (SIG) dan pemutus sirkuit gas (GCB), meskipun beberapa SF_6 digunakan dalam jalur gas terisolasi tegangan tinggi (GIL), gas terisolasi luar ruangan instrumen transformator dan peralatan lainnya.

8.1.2 Data yang diperlukan

Tabel 8. 1 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor Peralatan listrik

TIER	Data aktifitas	Faktor emisi	Parameter lain
TIER 1	Konsumsi SF6 oleh Produsen peralatan: • Informasi dari produsen pada pembelian SF6, • Pengembalian SF6 ke produsen kimia, • Perubahan dalam persediaan SF6 dalam wadah Kapasitas papan nama peralatan baru dan yang tidak dipakai lagi: 1. Informasi dariprodusen peralatan/ importir pada total kapasitas terpasang peralatan yang mereka produksi atau impor dan ekspor, 2. Informasi dari utilitas pada total kapasitas terpasangperalatan yang	Baku (lihat IPCC GL 2006 halaman 8.15, 8.16)	Kapasitas papan nama yang tidak dipakai lagi = {(Kapasitas papan namabaru) / (1 +g)L} L = peralatan seumur hidup g = tingkat pertumbuhan

TIER	Data aktifitas	Faktor emisi	Parameter lain
	merekapasang danyang tidak dipakai lagi setiap tahun, atau 3. Jika informasidari (1) atau (2) tidak tersedia, informasi dari produsen kimia /importir pada penjualan SF6 merekau ntuk produsen peralatan		
TIER 2	Kuantitas dapat diperkirakan sebagaimana Tier-1	Umumnya dikembangkan berdasarkan data yang dikumpulkan dari perwakilan produsen dan utilitas yang melacak emisi berdasarkan tahap siklus hidup	-
TIER 3	Tingkat fasilitas: aliran gas harus dilacak dengan benar tingkat nasional: informasi dari fasilitas (produsen, pengguna, dan pembuang peralatan) harus dikumpulkan, diperiksa, menyimpulkan, dan jika perlu, ekstrapolasi untuk memasukkan perkiraan emisi dari fasilitas	Mengidentifikasi potensi titik kebocoran dan mekanisme kerugian dan menetapkan probabilitas dan tingkat emisi Daur Ulang: berdasarkan penilaian profesional Pemusnahan: berdasarkan tingkat efisiensi pemusnahan dari teknologi pemusnahan	-

Metode Tier 1

Metode Tier 1 membutuhkan data konsumsi SF_6 dari peralatan manufaktur dan/atau dari *nameplate* SF_6 kapasitas peralatan pada setiap tahap pada manufaktur. Adapun tahap-tahapnya adalah emisi dari manufaktur, emisi pada saat instalasi peralatan, emisi pada saat penggunaan peralatan dan emisi setelah peralatan dibuang. Persamaan 8.1 menjelaskan cara menghitung emisi total dan penjelasan berikut menjelaskan cara menghitung bagian tahapan proses manufaktur.

Persamaan 8.1

Metoda Faktor Emisi Default

$$Total\ Emissions = Manufacturing\ Emissions + Equipment\ Installation\ Emissions + Equipment\ Use\ Emissions + Equipment\ Disposal\ Emissions$$

dimana:

Manufacturing emissions	:	(Faktor emisi *Manufacturing*) x (*Konsumsi Total* SF_6)
Equipment installation emissions	:	(Faktor emisi instalasi) x (Kapasitas Pengisian)
Equipment use emissions	:	(faktor emisi penggunaan) x (Kapasitas Terpasang Peralatan) Catatan: faktor emisi penggunaan termasuk emisi karena kebocoran, saat digunakan, perawatan dan karena kegagalan
Equipment disposal emissions	:	(Kapasitas total alat yang tidak lagi digunakan) x (Fraksi SF_6 yang tertinggal saat tidak lagi digunakan)

Faktor emisi yang digunakan dari 2006 IPCC GL vol.3 IPPU table 8.2; 8.3 dan 8.4 halaman 8.15 dan 8.16.

Metode Tier 2

Prinsip utama dan persamaan yag digunakan pada metode Tier 2 sama dengan metode Tier 1. Hanya saja faktor emisi yang digunakan pada metode Tier 2 adalaha faktor emisi spesifik yang berlaku dinegara tersebut yang merupakan hasil pengembangan dari setiap manufaktur dan utilitas. Selain itu, emisi dari alat yang telah dibuang dihitung menggunakan persamaan 8.2

Persamaan 8.2

EQUIPMENT DISPOSAL EMISSIONS UNDER COUNTRY-SPECIFIC EMISSION FACTOR METHOD

$$Emissions_d = Ret \bullet Rem \bullet (1 - Recov \bullet REF \bullet Rec)$$

dimana:

Emissions$_d$	:	Emisi dari pembuangan alat
Ret	:	Kapasitas alat yang tidak lagi digunakan (retirement)
Rem	:	Fraksi SF6 yang tertinggal dalam alat saat tidak lagi digunakan
Recov	:	Fraksi peralatan yang SF6 nya diambil kembali (recovery) saat alat tidak lagi digunakan
REF	:	Efisiensi recovery
Rec		Fraksi SF6 yang didaur ulang atau dimusnahkan

Metode Tier 3

Metode ini menghitung emisi dengan menjumlahkan emisi dari peralatan di beberapa tahap seperti:

(1) Peralatan pada saat manufaktur
(2) Pemasangan peralatan
(3) Penggunaan peralatan
(4) Pembuangan dan penggunaan terakhir peralatan
(5) Emisi dari daur ulang dan destruksi SF_6

Cara menghitung total emisi dari ke 5 tahapan tersebut ditunjukkan pada persamaan 8.3

Persamaan 8.3

Emisi Total – Tier 3

$$Total\ Emissions = \sum Equipment\ Manufacturing\ Emissions + \sum Equipment\ Installation\ Emissions + \sum Equipment\ Use\ Emissions + \sum Equipment\ Disposal\ and\ Final\ Use\ Emissions + \sum Emissions$$

Emisi dari setiap tahapan tersebut pada persamaan 8.3 dapat dihitung menggunakan bebrapa persamaan seperti yang dirangkum dalam tabel berikut:

Tahapan	Persamaan yang digunakan

Equipment Manufacturing Emissions	Di facility level diperkirakan dari Persamaan 8.4A dan 8.4B.
Equipment Installation Emissions	Di facility level diperkirakan dari Persamaan 8.5A dan 8.5B.
Equipment Use Emissions	Di facility level diperkirakan dari Persamaan 8.6A dan 8.6B.
Equipment Disposal and Final Use Emissions	Di facility level diperkirakan dari Persamaan 8.7A dan 8.7B.
Emissions from SF6 Recycling and Destruction	Di facility level diperkirakan dari Persamaan 8.8 dan 8.9.

Berikut adalah persamaan-persamaan tahapan dalam menghitung total emisi. Persamaan 8.4a menghitung emisi di peralatan saat manufaktur menggunakan metode pendekatan kesetimbangan massa murni. Persamaan 8.4a ditunjukkan berikut:

Persamaan 8.4a

Emisi Total – Tier 3

$$Equipment\ Manufacturing\ Emissions = Decrease\ in\ SF_6\ Inventory + acquisitions\ of\ SF_6 - Disbursements\ of\ SF_6$$

dimana:

Decrease in SF_6 Inventory	:	SF_6 tersimpan dalam wadah di awal tahun – SF_6 tersimpan dalam wadah di akhir tahun
Acquisitions of SF_6	:	SF_6 dibeli dari produsen bahan kimia + SF_6 dikembalikan oleh pengguna alat atau distributor + SF_6 dikembalikan setelah daur ulang
Disbursements of SF_6	:	SF_6 di dalam peralatan baru yang dikirim ke customer + SF_6 dalam wadah yang dikirim ke pengguna alat + SF_6 dikembalikan ke suppliers + SF_6 yang dikirim ke luar untuk daur ulang + SF_6 yang dimusnahkan

Persamaan 8.4b menggunakan pendekatan hybrid dalam menghitung emisi dari tahap peralatan pada saat manufaktur. Pendekatan hybrid menggunakan faktor emisi spesifik yang berlaku dinegara tersebut.

Persamaan 8.4B

Emisi Saat Pembuatan (Manufacturing) – Hybrid

$$\textit{Equipment Manufacturing Emissions} = \textit{Equation}\,8.4A + \sum \textit{Nameplate capacity of equipment undergoing each process} * \bullet \textit{Emission factor for that process}$$

Emisi saat pemasangan alat, jumlah gas nya diperoleh dari kesetimbangan massa. Persamaan 8.5A menunjukkan secara matematis emisi pada tahap ini

Persamaan 8.5A

Emisi Saat Pemasangan Alat – Neraca Massa

$$\textit{Equipment Installation Emission} = SF_6 \textit{ used fill equipment} - \textit{Nameplate capacity of new equipment}$$

Kemudian nilai dari persamaan 8.5A ditambahkan dengan nilai kapasitas peralatan baru dilapangan yang telah dikalikan faktor emisi. Faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi spesifik negara atau spesifik fasilitas. Secara matematis perhitungan tersebut ditunjukkan pada persamaan 8.5B

Persamaan 8.5B

Emisi Saat Pemasangan Alat – Hybrid

$$\textit{Equipment Installation Emissions} = \textit{Equation}\ 8.5A + \sum \textit{Nameplate capacity of new equipment filled on site} \bullet \textit{Installation emission factor}$$

Emisi saat alat digunakan mengestimasi emisi dengan neraca massa seperti pada persamaan 8.6A

Persamaan 8.6A
Emisi Saat Alat Digunakan– Neraca Masa
$Equipment\ Use\ Emissions = SF_6\ used\ to\ recharge\ closed\ pressure\ equipment\ at\ servicing - SF_6 recovered\ from\ closed\ pressure\ equipment\ at\ servicing$

Emisi pada saat alat digunakan kemudian ditambahkan dengan kapasitas peralatan yang dikalikan dengan faktor emisi spesifik negara atau fasilitas.

Persamaan 8.6B
Emisi Saat Alat Digunakan– Hibrid
$Equipment\ Use\ Emissions = Equation 8.6A + \sum Nameplate\ capacity\ of\ equipment\ installed \bullet Use\ emission\ factor$

Persamaan 8.7A
Emisi Saat Pembuangan dan Penggunaan Akhir Alat – Neraca Massa
$Disposal\ and\ Final\ Use\ Emissions = Emissions\ from\ closed\text{-}pressure\ equipment + Emissions\ from\ sealed\text{-}pressure\ equipment(MB)$

Untuk Emisi Saat Pembuangan dan Penggunaan Akhir Alat – Neraca Massa (Persamaan 8.7A), nilai emisi dihitung menggunakan rumus yang ditabulasi berikut:

Tahap	**Persamaan**
Emisi dari peralatan closed-pressure (*Emission from closed-pressure equipment*)	Kapasitas nameplate dari peralatan closed-pressure yang sudah tidak digunakan – SF_6 yang direkoveri dari alat tersebut
Emisi dari peralatan sealed-pressure (*Emission from sealed-pressure equipment*	Kapasitas nameplate dari peralatan *sealed-pressure* yang sudah tidak digunakan – SF_6 yang direkoveri dari alat tersebut

Untuk Emisi Saat Pembuangan dan Penggunaan Akhir Alat – Hibdrid, menggunakan faktor emisi. Persamaan 8.7b merupakan persamaan matematisnya.

Persamaan 8.7B
Emisi Saat Pembuangan dan Penggunaan Akhir Alat – Hybrid
$Disposal\ and\ Final\ Use\ Emissions = Emissions\ from\ closed\ pressure\ equipment + Emissions\ from\ sealed\ pressure\ equipment(EF)$

Untuk menghitung nilai-nilai emisi pada peralatan *closed-pressure* dan *sealed-pressure* menggunakan rumus yang ditabulasi dalam tabel berikut:

Tahap	**Persamaan**
Emisi dari peralatan closed-pressure (*Emission from closed-pressure equipment*)	Kapasitas *nameplate* dari peralatan closed-pressure yang sudah tidak digunakan – SF_6 yang direkoveri dari alat tersebut
Emisi dari peralatan sealed-pressure (*Emission from sealed-pressure equipment*	Kapasitas *nameplate* dari peralatan *closed-pressure* yang sudah tidak digunakan – (Kapasitas *nameplate* dari peralatan *sealed-pressure* yang sudah tidak digunakan x Faktor emisi waktu paruh peralatan) x (1 – fraksi peralatan tidak digunakan yang SF_6 direkover x rekover efisiensi)

Emisi dari daur ulang SF6 dan destruksi masing-masing menggunakan persamaan 8.8 dan 8.9. Nilai faktor emisi yang digunakan adalah spesifik negara atau perusahaan.

Persamaan 8.8
Emisi Dari Daur Ulang SF6
$Emissions\ from\ Recycling = Recycling\ emission\ factor \bullet Quantity\ SF_6\ fed\ into\ recycling\ process$

Persamaan 8.9
Emisi Dari Pemusnahan SF6
$Emissions\ from\ Destruction = Destruction\ emission\ factor \bullet Quantity\ SF_6\ fed\ into\ destruction\ process$

Untuk kasus khusus, emisi pada saat penggunaan alat dapat dihitung pada level utilitas dengan menggunakan persamaan 8.10.

Persamaan 8.10
Emisi SF_6 Saat Penggunaan Alat – Neraca Massa $User\ emissions = Decrease\ in\ SF_6\ Inventory + Acquisitions\ of\ SF_6 - Dibursements\ of\ SF_6 - Net\ Increase\ in\ the\ Nameplate\ Capcity\ of\ Equipment$

Komponen pada persamaan 8.10 dapat dihitung dengan persamaan yang ditabulasi sebagai berikut:

Komponen	**Persamaan**
Penurunan dalam inventarisasi SF_6 (*Decrease in SF_6 inventory*)	SF_6 yang disimpan dalam kontainer pada awal tahun - SF_6 yang tersimpan di kontainer pad akhir tahun
SF_6 akusisi (*Acquisitions of SF_6*)	SF6 yang dibeli dari produsen bahan kimia atau distributor + SF_6 yang dibeli di manufaktur peralatan atau distributor + SF_6 yang kembali ke lapangan setelah didaur ulang
Pembayaran SF_6 (*Disbursemets of SF_6*)	SF_6 terkandung di peralatan yang dijual ke pihak lain + SF_6 yang kembali ke supplier + SF_6 yang dikirim ke *site* untuk didaur ulang + SF_6 yang dihancurkan
Penambahan bersih di kapasitas *nameplate* peralatan	Kapasitas *nameplate* dari peralatan baru - Kapasitas *nameplate* dari peralatan yang sudah tidak digunakan (*retire*)

Kapasitas alat yang tidak digunakan dapat diestimasi dengan menggunakan persamaan 8.11 .

Persamaan 8.11
Perkiraan Kapasitas Alat Yang Tidak Lagi Digunakan (Retirement) $Retiring\ Nameplate\ Capacity = New\ Nameplate\ Capacity / (1+g)^L$

dimana:

L : Umur alat

g : Laju pertumbuhan

Contoh Cara Perhitungan Kategori Electrical Equipment (2G1):

a. Ketahui data kapasitas Nameplate dari peralatan yang terinstal per jenis peralatan dalam ton SF_6

b. Cantumkan datapada tahap (a) tersebut di atas pada lembar kerja (worksheet) di bawah ini.

Tabel 8. 2 Worksheet perhitungan emisi SF6 dari sektor peralatan elektronik

Sektor	**IPPU**		
Kategori	**Pembuatan Produk-produk lain dan penggunaannya – Peralatan Elektronik**		
Kode Kategori	**2G1**		
Sheet	**1 dari 5 Emisi manufaktur dari SF_6 1)**		
Jenis Peralatan	A Total Konsumsi SF_6 oleh Peralatan Manufaktur (ton SF_6)	B Faktor emiei manufaktur 2) (fraksi)	C Emisi Manufaktur (ton SF_6)
			C = A * B
Sealed-Pressure			
Closed-Pressure			
Gas-Insurated Transformers			
Total			

c. Masukkan faktor emisi manufaktur di kolom B.

Tabel 8. 3 Faktor emisi SF6 dari peralatan elektronik

Region/Phase	**Fraction for Sealed Pressure**	**Fraction for Closed Pressure**	**Fraction for Gas Insulated Transformers**
Europe	0.07	0.085	N/A
Japan	0.29	0.29	0.29

d. Masukkan persamaan "=B11*C11" di kolom C untuk menghitung nilai emisi dari manufaktur dalam ton SF_6.

8.2. SF_6 dan PFC dari Penggunaan Produk Lainnya

8.2.1 Deskripsi Kategori

SF_6 dan PFC yang digunakan dalam aplikasi militer, khususnya SF6 digunakan dalam sistem radar udara, misalnya, AWACS (Peringatandan SistemKontrol Udara), dan PFC digunakan sebagai cairan perpindahan panas dalam aplikasi berdaya elektronik tinggi. SF6 digunakan dalam peralatan di universitas dan penelitian akselerator partikel. SF_6 digunakan dalam peralatandi akseleratorpartikelindustri dan medis. Penggunaan Adiabatik SF_6 dan beberapa PFC mengeksploitasi permeabilitas rendah gas ini melalui karet. Secara historis, SF_6 telah menjadi gas dominan dalam aplikasi ini, namun, PFC dengan berat molekul yang sama(seperti C_3F_8) baru-baru ini digunakan juga. Aplikasi dengan jangka waktu penundaan 3 tahun termasuk ban mobil atau, sol sepatu olahraga dan bola tenis.

SF_6 digunakan dalam jendela anti suara (double-glazed). Sekitar sepertiga dari jumlah total SF6 dibeli dilepaskan selama perakitan (yaitu, mengisi dari jendelakacaganda). Untuk stok gas yang tersisa di dalam jendela (kapasitas), tingkat kebocoran tahunan sebesar 1 persen diasumsikan (termasuk kerusakan kaca). Dengan demikian, sekitar 75 persen dari stok awal tetap pada akhir 25 tahun masa pakai. Penerapan SF6 di jendela dimulai pada 1975, sehingga pembuangan baru mulai terjadi.

PFC digunakan sebagai cairan perpindahan panas dalam aplikasi komersial dan konsumen. PFC digunakan dalam kosmetik dan dalam aplikasi medis. Kegunaan lain misalnya gas-udara perunut dalam penelitian dan detektor kebocoran.

8.2.2 Data yang digunakan

Tabel 8. 4 Data Aktifitas dan Parameter Emisi yang dibutuhkan setiap TIER pada sektor dari penggunaan produk lainnya

TIER	Data aktifitas	Faktor emisi	Parameter lain
Emisi SF6 dari universitas dan penelitian Akselerator Partikel			
TIER 1	Jumlah akselerator partikel universitas dan penelitian di negara tersebut = Jumlah akselerator partikel universitas dan penelitian	FaktorEmisiSF6akseleratorpartikeluniversitasdan penelitian=0,07, rata-ratatingkatakseleratorpartikeltahunan	Faktor Penggunaan SF6 = 0,33 sekitar sepertiga dari universitas dan penelitian akselerator partikel menggunakan

TIER	Data aktifitas	Faktor emisi	Parameter lain
	di negara ini. Metode kasar tidak memerlukan negara untuk menentukan jumlah akselerator yang menggunakan SF6.	universitas dan penelitianemisi sebagai sebagian kecil darijumlah yang dibebankan.	SF6 sebagai isolator. Faktor Muatan SF6 = 2400 kg, SF6, muatan SF6 rata-rata dalam sebuah akselerator partikel universitas dan penelitian.
TIER 2	Pengguna tersendiri muatan percepatan=SF_6 yang terkandung dalam masing-masing universitas dan penelitian akselerator.	Faktor Emisi SF_6 universitas dan penelitian partikel akselerator=0,07, universitas dan penelitian partikel akselerator tingkat emisi rata-rata tahunan sebagai sebagian kecil dari jumlah yang dibebankan	-

Metode Tier 1

Metode ini menggunakan kuantitas universitas dan penelitian partikel akselerator yang ada di negara tersebut. Persamaan 8.11 merupakan persamaan matematis untuk menghitung emisi dari sub sektor ini.

Persamaan 8.11

$$Emisi = N \times Faktor\ penggunaan\ SF_6 \times Faktor\ \ charge\ SF_6 \times Faktor\ emisi$$

Dimana:

N = jumlah universitas atau penelitian partikel akselerator
Faktor penggunaan SF6 = 0,33 (nilai default)
Faktor charge SF6 = 2400 kg (nilai default)
Faktor emisi = 0,07 (nilai default)

Metode Tier 2

Metode ini menggunakan pendekatan per individu universitas atau penelitian partikel akselerasi.

Persamaan 8.12
$$Emisi = faktor\ emisi \times \sum individu\ charge\ akselarator$$

Dimana
Faktor emisi default yang digunakan adalahn 0,07
$\sum individu\ charge\ akselarator$ = SF_6 terkandung dalam setiap universitas dan penelitian partikel akselerasi

Contoh Cara Perhitungan:

Kategori SF_6dan PFCs dari Other Product Uses (2G2) – SF_6 Emissions from Industrial and Medical Particle Accelerators

a. Ketahui data jumlah partikel akselator yang menggunakan SF6 dari deskripsi proses di negara tersebut.

b. Cantumkan datapada tahap (a) tersebut di atas pada lembar kerja (worksheet) di bawah ini.

Tabel 8. 5 Worksheet perhitungan emisi SF_6 dan PFCs dari penggunaan produk lainnya

Sektor	**IPPU**				
Kategori	**Pembuatan Produk-produk lain dan penggunaannya - SF_6 dan PFCs dari penggunaan produk lainnya**				
Kode Kategori	**2G2**				
Sheet	**3 dari 7 SF_6 Emisi dari partikel akselerator industri dan medis**				
Deskripsi proses	A Jumlah partikel akselerator yang menggunakan SF_6 pada Deskripsi Proses di negara (banyak)	B SF_6 Faktor *Charge* (kg SF_6/particle accelerator)	C SF_6 Faktor Emisi (fraksi)	D SF_6 Emisi (kg)	E SF_6 Emisi (Gg)
				D = A * B * C	E = D/10^6
Industrial Accelerator (High Voltage: 0.3-23 MV)					
Industrial Accelerator (Low Voltage: <0.3 MV)					
Medical					
Total					

c. Masukkan nilai faktor charge SF6 di kolom B kg SF_6/particle accelerator.Apabila tidak terdapat dapat menggunakan dari IPCC : (IPCC 2006, 8.30)

Proses Deskripsi	**Faktor *Charge***
Industrial Particle Accelerators – high voltage (0.3-23 MV)	1300
Industrial Particle Accelerators – low voltage (<0.3 MV)	115
Medical (Radiotherapy)	0.5

d. Masukkan faktor emisi di kolom C.

Proses Deskripsi	**Faktor emisi**
Industrial Particle Accelerators – high voltage (0.3-23 MV)	0.07
Industrial Particle Accelerators – low voltage (<0.3 MV)	0.013
Medical (Radiotherapy)	2.0

e. Masukkan persamaan "=B35*C35*D35" di kolom D untuk menghitung SF_6emisidi kg.

d. Masukkan persamaan "=E35/10^6" dikolom E untuk mengkonversi units ke gigagrams.

DAFTAR PUSTAKA

IPCC (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 3*, 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 theNational Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Miwa K., Srivastava N. and Tanabe K.(eds). IGES, Japan.

LAMPIRAN 1.
Deskripsi Kategori Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Proses Industri dan Penggunaan Produk

Lampiran 1. 1 Deskripsi Kategori Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Proses Industri dan Penggunaan Produk

Kode	Kategori	Deskripsi Kategori
(1)	(2)	(3)
2	**PROSES INDUSTRI DAN PENGGUNAAN PRODUK (*INDUSTRIAL PROCESSES AND PRODUCT USE*)**	
2 A	Industri Mineral (*Mineral Industry)*	
2 A 1	Produksi semen (*Cement Production*)	Proses terkait emisi dari produksi bermacam-macam tipe semen (ISIC: D2694).
2 A 2	Produksi kapur (*Lime Production*)	Proses terkait emisi dari produksi bermacam-macam tipe kapur (ISIC: D2694).
2 A 3	Produksi kaca (*Glass Production*)	Proses terkait emisi dari produksi bermacam-macam tipe kaca (ISIC: D2610).
2 A 4	Proses produksi industri lainnya yang menggunakan karbonat (*Other Process Uses of Carbonates*)	Termasuk *limestone* (batu kapur), dolomite dan karbonat lain. Contoh industri keramik. Emisi berasal dari penggunaan *limestone* (batu kapur), dolomite dan karbonat lain harus disertakan dalam kategori sumber industri yang mengemisi. Untuk itu, contoh dimana karbonat digunakan sebagai flux atau produksi besi dan baja, emisi harus dilaporkan dibawah kategori 2C1 "besi dan baja produksi" bukan dibawah sub kategori disini
2 A 4 a	Keramik (*Ceramics*)	Emisi terkait proses produksi bata dan atap ubin, *vitrified clay pipes*, *refractory products*, *expanded clay products*, *wall and floor tiles*, t*able and ornamental ware* (*household ceramics*), *sanitary ware*, *technical ceramics*, dan *inorganic bonded abrasives* (ISIC: D2691, D2692 and D2693).
2 A 4 b	Penggunaan lain dari soda ash (*Other Uses of Soda Ash*)	Harus termasuk emisi dari penggunaan soda abu (*ash*) yang tidak disertakan pada kategori lain. Contoh soda abu(*ash*) yang digunakan untuk untuk kaca harus dilaporkan pada 2A3
2 A 4 c	Produksi Non Metallurgical Magnesia (*Non Metallurgical Magnesia Production*)	Sumber kategori ini harus menyertakan emisi dari produksi magnesia yang tidak termasuk dalam kategori manapun. Contohnya produksi magnesia yang digunakan untuk produk utama dan produk sekunder produksi magnesium, emisinya harus dilaporkan dalam sumber kategori tekait dalam produksi logam.

Lampiran 1.1 Lanjutan

2 A 4 d	Lainnya (*Other*)	Emisi terkait proses dibawah kategori ini harus termasuk penggunaan bermacam-macam karbonat seperti penggunaan *limestone* (batu kapur), dolomite dan karbonat lain, kecuali untuk penggunaan yang telah masuk dalam kategori-kategori di atas dan penggunaan untuk fluxes atau agen terak pada industri metal dan kmia, atau pengapuran lahan pertanian dan wetland di AFOLU (ISIC D269).
2 A 5	Lainnya (*Other*)	
2 B	Industri Kimia *(Chemical Industry*)	
2 B 1	Produksi amonia (*Ammonia Production*)	Amonia adalah industri kimia utama dan memproduksi material paling penting. Gas ammonia digunakan untuk pemupukan secara langsung, untuk proses pemanasan, *paper pulping*, pabrik asam nitrat dan ester asam nitrat dan nitro compound manufacture, peledakan dan sebagai refrigerant. Amines, amides dan berbagai jenis campuran organic yang menggunakan amonia seperti urea. Gas rumah kaca yang dihasilkan dalam proses produksi ammonia adalah CO_2. CO_2 yang digunakan dalam produksi UREA, downstream process, harus di subtracted dari pembangkitan CO_2 dan perhitungan untuk sektor AFOLU
2 B 2	Produksi asam nitrat (*Nitric Acid Production*)	Asam nitrat digunakan terutama sebagai bahan mentah pembuatan pupuk berbasis nitrogen. Asam nitrat juga digunakan dalam memproduksi adipic acid dan untuk bahan peledak. Untuk peregangan logam dan proses ferrous logam. Gas rumah kaca utama yang dihasilkan adalah NO.
2 B 3	Produksi Asam Adipic (*Adipic Acid Production*)	Adipic acid digunakan dalam jumlah besar di dalam pembutanan serat sintetis, *coatings*, plastik, busa urethane, elastomers and pelumas sintetis. Produksi Nylon 6.6 dihitung untuk penggunaan asam acidipic dalam jumlah besar. Gas rumah kaca yang diemisi dalam proses ini adalah NO.
2 B 4	Produksi asam Caprolactam, Glyoxal and Glyoxylic (*Caprolactam, Glyoxal and Glyoxylic Acid Production*)	Sebagian besar produksi tahunan caprolactam (NH(CH2)5CO) digunakan untuk monomer pada serat nylon-6 dan plastik dengan proporsi substansial dari penggunaan serat di pabrik karpet. Semua proses komersil untuk pabrik caprolactam berasal dari toluene atau benzene.

Lampiran 1.1 Lanjutan

2 B 5	Produksi Carbide (*Carbide Production*)	Produksi karbida dapat menghasilkan emisi CO_2, CH_4 CO dan SO_2. Silikon karbida adalah abrasif buatan yang signifikan. Hal ini dihasilkan dari pasir silika atau kuarsa dan kokas minyak bumi. Kalsium karbida digunakan dalam produksi asetilena, dalam pembuatan sianamida (penggunaan dalam jumlah kecil), dan sebagai reduktan dalam tungku busur listrik baja yang terbuat dari kalsium karbonat (kapur) dan karbon yang mengandung reduktor (kokas minyak bumi).
2 B 6	Produksi Titanium Dioksida (*Titanium Dioxide Production*)	Penggunaan utama adalah dalam pembuatan cat antara lain kertas, plastik, karet, keramik, kain, meliputi lantai, tinta cetak, dan lain-lain. Proses produksi utama adalah rute klorida, sehingga menghasilkan emisi CO_2 secara signifikan. Kategori ini juga mencakup produksi rutil sintetik menggunakan proses Bekher, dan titanium produksi terak, yang keduanya adalah pengurangan proses menggunakan bahan bakar fosil dan mengakibatkan emisi CO_2. Rutil sintetis merupakan masukan utama untuk produksi TiO_2 menggunakan rute klorida.
2 B 7	Produksi Soda Ash (*Soda Ash Production*)	Soda abu (natrium karbonat, Na_2CO_3) adalah padatan kristal putih yang digunakan sebagai bahan baku dalam jumlah besar industri termasuk pembuatan kaca, sabun dan deterjen, produksi pulp and paper dan pengolahan air. Emisi CO_2 dari produksi soda abu bervariasi tergantung pada proses manufaktur. Empat proses yang berbeda dapat digunakan untuk memproduksi soda abu. Tiga dari proses ini, monohidrat, natrium sesquicarbonate (Trona) dan karbonasi langsung, disebut sebagai proses alamiah. Yang keempat, proses Solvay, diklasifikasikan sebagai proses sintetis.
2 B 8	Produksi Petrokimia dan Carbon Black (*Petrochemical and Carbon Black Production*)	
2 B 8 a	Methanol	Produksi metanol meliputi produksi metanol dari bahan baku bahan bakar fosil [gas alam, minyak bumi, batubara] dengan menggunakan steam reforming atau proses oksidasi parsial. Produksi metanol dari bahan baku biogenik (misalnya, dengan fermentasi) tidak termasuk dalam

Lampiran 1.1 Lanjutan

		kategori sumber ini.
2 B 8 b	Ethylene	Produksi etilena meliputi produksi etilen dari bahan baku bahan bakar fosil yang berasal di pabrik petrokimia dengan proses uap retak. Produksi etilen dari situasi proses dalam batas-batas dari kilang minyak bumi tidak termasuk dalam kategori ini sumber. Gas rumah kaca yang dihasilkan dari produksi etilena adalah karbon dioksida dan metana
2 B 8 c	Ethylene Dichloride and Vinyl Chloride Monomer	Etilen diklorida dan vinil klorida monomer produksi meliputi produksi etilena diklorida oleh oksidasi langsung atau oxychloination etilena, dan produksi monomer vinil klorida dari etilena diklorida. Gas rumah kaca yang dihasilkan dari produksi produksi etilena diklorida dan vinil klorida monomer produksi adalah karbon dioksida dan metana.
2 B 8 d	Ethylene Oxide	Etilen oksida produksi meliputi produksi etilen oksida dengan reaksi etilen dan oksigen oleh oksidasi katalitik. Gas rumah kaca yang dihasilkan dari produksi etilen oksida adalah karbon dioksida dan metana.
2 B 8 e	Acrylonitrile	Produksi akrilonitril meliputi produksi akrilonitril dari ammoxidation propilena, dan produksi terkait asetonitril dan hidrogen sianida dari proses ammoxidation. Gas rumah kaca yang dihasilkan dari produksi akrilonitril adalah karbon dioksida dan metana.
2 B 8 f	*Carbon Black*	Produksi karbon hitam antara lain produksi karbon hitam dari bahan baku bahan bakar fosil yang diturunkan (minyak bumi atau *coal-derived* bahan baku karbon hitam, gas alam, asetilena). Produksi karbon hitam dari bahan baku biogenik tidak termasuk dalam kategori ini sumber.
2 B 9	Produksi Fluorochemical *(Fluorochemical Production*)	
2 B 9 a	By-product Emissions	Produksi fluorochemical meliputi range lengkap fluorochemicals, yang produk utamanya adalah gas-gas rumah kaca. Emisi mencakup HFC, PFC, SF6 dan semua lainnya halogenasi gas dengan potensi pemanasan global yang tercantum dalam laporan IPCC penilaian. Yang paling signifikan oleh-produk emisi adalah bahwa HFC-23 dari pembuatan HCFC-22 dan ini dijelaskan secara terpisah.

Lampiran 1.1 Lanjutan

2 B 9 b	Emisi Fugitive *(Fugitive Emissions*)	Produksi fluorochemical dalam konteks ini adalah terbatas pada HFC, PFC, SF6 dan lainnya halogenasi gas dengan potensi pemanasan global yang tercantum dalam laporan IPCC.
2 B 10	Lainnya (*Other*)	Misalnya, gas dengan potensi pemanasan global yang tercantum dalam laporan penilaian IPCC yang tidak termasuk dalam setiap kategori di atas bisa dilaporkan di sini, jika gas tersebut diperkirakan.
2 C	Industri Logam (*Metal Industry*)	
2 C 1	Produksi besi dan baja (*Iron and Steel Production*)	Karbon dioksida adalah emisi gas rumah kaca utama yang dihasilkan dari produksi besi dan baja. Sumber-sumber emisi karbon dioksida termasuk yang berasal dari *carbon-containing reducing agen* (agen pereduksi yang mengandung karbon) seperti kokas dan batubara bubuk, dan, dari mineral seperti batu gamping dan dolomit ditambahkan.
2 C 2	Produksi Ferroalloys (*Ferroalloys Production*)	Ferroalloys produksi meliputi pengurangan emisi dari produksi primer metalurgi dari ferroalloys paling umum, yaitu ferro-silikon, silikon logam, ferro-mangan, mangan silikon, dan ferro-kromium, tidak termasuk yang berkaitan dengan emisi penggunaan bahan bakar. Dari paduan produksi ini, karbon dioksida (CO2), nitrous oxide (N2O), dan metana (CH4) yang berasal dari bijih- dan bahan baku reduktan, dihasilkan.
2 C 3	Produksi Alumunium (*Aluminium Production*)	Produksi Aluminium meliputi produksi primer dari aluminium, kecuali emisi terkait dengan penggunaan bahan bakar. Emisi karbon dioksida hasil dari reaksi reduksi electroche mical alumina dengan anoda berbasis karbon. Tetrafluoromethane (CF4) dan hexafluoroethane (C2F6) juga diproduksi sering. Tidak ada gas rumah kaca yang dihasilkan dalam daur ulang dari aluminium selain dari bahan bakar menggunakan untuk hasil peleburan logam. Sulfur heksafluorida (SF6) emisi tidak berhubungan dengan produksi aluminium primer, namun *casting* (pengecoran) beberapa paduan mengandung magnesium tinggi tidak menghasilkan emisi SF6 dan emisi ini dicatat dalam Bagian 2C4, Produksi Magnesium.
2 C 4	Produksi Magnesium (*Magnesium Production*)	Produksi magnesium mencakup emisi GRK terkait baik produksi primer magnesium maupun perlindungan oksidasi logam magnesium selama

Lampiran 1.1 Lanjutan

		pengolahan (daur ulang dan *casting*), tidak termasuk yang berkaitan dengan emisi penggunaan bahan bakar. Dalam produksi utama magnesium, karbon dioksida (CO_2) yang dipancarkan selama kalsinasi bahan dolomit dan magnesit mentah. Produksi primer magnesium karbonat dari non-bahan baku tidak memancarkan karbon dioksida. Dalam pengolahan magnesium cair, tutup gas yang mengandung karbon dioksida (CO_2), sulfur heksafluorida (SF6), yang hydrofluorocarbon HFC 134a atau keton fluorinated FK 5-1-12 (C3F7C (O) C2F5) dapat digunakan. Dekomposisi termal parsial dan / atau reaksi antara senyawa dan magnesium cair menghasilkan senyawa sekunder seperti perfluorokarbon (PFC), yang dipancarkan di samping untuk menutupi konstituen yang tidak bereaksi gas.
2 C 5	Produksi Lead (*Lead Production*)	Produksi timah meliputi produksi dengan proses sintering / peleburan serta peleburan langsung. Hasil emisi karbon dioksida sebagai produk dari penggunaan berbagai berbasis karbon mengurangi agen di kedua proses produksi.
2 C 6	Produksi Seng (*Zinc Production*)	Produksi seng mencakup emisi dari kedua produksi primer dari bijih seng serta pemulihan seng dari logam bekas, tidak termasuk emisi yang terkait dengan penggunaan bahan bakar. Setelah kalsinasi, logam seng diproduksi melalui salah satu dari tiga metode; destilasi 1-elektro-termis, 2-pyrometallurgical peleburan atau 3-elektrolisis. Jika metode 1 atau 2 digunakan, karbon dioksida (CO_2) adalah dipancarkan. Metode 3 tidak mengakibatkan emisi karbon dioksida. Pemulihan dari skrap logam seng sering menggunakan metode yang sama seperti produksi primer akan mengemisikan CO_2.
2 C 7	Lainnya (*Other*)	
2 D	Produk-produk Non Energi dan Penggunaan Solvent/ Pelarut (*Non-Energy Products from Fuels and Solvent Use*)	Penggunaan produk minyak dan batubara yang berasal dari minyak terutama ditujukan untuk tujuan selain pembakaran.
2 D 1	Penggunaan pelumas (*Lubricant Use*)	Minyak pelumas, heat transfer oils , cutting oils and *greases* (lemak)
2 D 2	Penggunaan lilin Paraffin (*Paraffin Wax Use*)	Minyak yang berasal dari lilin seperti petroleum jelly, lilin parafin dan lilin lainnya.

Lampiran 1.1 Lanjutan

2 D 3	Penggunaan Pelarut (*Solvent Use*)	NMVOC emisi dari penggunaan pelarut misalnya dalam aplikasi cat, pembersih degreasing dan kering harus terkandung di sini. Emisi dari penggunaan HFC dan PFC sebagai pelarut harus dilaporkan di bawah 2F5.
2 D 4	Lainnya (*Other*)	Misalnya, CH4, emisi CO dan NMVOC dari produksi aspal dan digunakan, serta emisi NMVOC dari penggunaan produk kimia lain selain pelarut harus terkandung di sini, jika relevan.
2 E	Industri Elektronik (*Electronics Industry*)	
2 E 1	Sirkuit atau Semi Konduktor Terpadu (*Integrated Circuit or Semiconductor*)	Emisi CF4, C2F6, C3F8, c-C4F8, C4F6, C4F8O, C5F8, CHF3, CH2F2, NF3 dan SF6 dari penggunaan gas-gas dalam manufaktur Integrated Circuit (IC) , yang tergantung pada produk (misalnya, memori atau perangkat logika) dan produsen peralatan.
2 E 2	Panel Display TFT Flat *(TFT Flat Panel Display)*	Penggunaan dan emisi didominasi CF4, CHF3, NF3 dan SF6 selama fabrikasi film tipis transistor (TFTs) pada substrat kaca untuk pembuatan display panel datar. Selain gas ini, C2F6, C3F8 dan c-C4F8 juga dapat digunakan dan dihasilkan selama pembuatan of thin and smart displays.
2 E 3	Photovoltaics	Photovoltaic cell manufacture may use and emit CF4 and C2F6 among others.
2 E 4	Perpindahan Panas Fluida (*Heat Transfer Fluid*)	Perpindahan panas cairan, yang meliputi beberapa senyawa karbon sepenuhnya terfluorinasi (baik dalam bentuk murni atau dalam campuran) dengan enam atau lebih atom karbon, digunakan dan dipancarkan selama IC, pengujian manufaktur dan perakitan. Mereka digunakan dalam pendingin, penguji suhu *shock* dan uap *solder* pada fase *reflow*
2 E 5	Lainnya (*Other*)	
2 F	Penggunaan produk yang mengandung senyawa pengganti bahan perusak ozon (*Product Uses as Substitutes for Ozone Depleting Substances)*	
2 F 1	Refigerasi dan Pendingin Udara (*Refrigeration and Air Conditioning*)	Kategori ini dimanfaatkan teknologi yang berbeda seperti penukar panas, perangkat ekspansi, pipings dan kompresor. Aplikasi Utama adalah pendingin domestik, refrigerasi komersial, proses industri, pendinginan transportasi, penyejuk udara stasioner, sistem airconditioning mobile.

Lampiran 1.1 Lanjutan

		Untuk semua aplikasi ini, berbagai HFC selektif menggantikan CFC dan HCFC. Sebagai contoh, di negara maju, HFC-134a telah menggantikan CFC-12 dalam pendingin domestik dan sistem mobile air conditioning, dan campuran dari HFC seperti R-407C (HFC-32/HFC-125/HFC-134a) dan R-410A (HFC-32/HFC-125) mengganti HCFC-22 terutama di AC stasioner. Lainnya, zat non HFC digunakan untuk menggantikan CFC dan HCFC seperti iso-butana dalam pendingin domestik atau amonia dalam pendingin industri. HFC-152a juga sedang dipertimbangkan untuk mobile air conditioning di beberapa daerah.
2 F 1 a	Refiregerasi dan Pendingin Udara (AC) Tidak Bergerak (*Refrigeration and Stationary Air Conditioning*)	Aplikasi utama adalah refrigerasi domestik, refrigerasi komersial, proses industri, penyejuk udara stasioner.
2 F 1 b	Pendingin Udara (AC) Bergerak (*Mobile Air Conditioning*)	Aplikasi utama adalah transport refrigeran, sistem penyejuk udara bergerak
2 F 2	Bahan Blowing Busa (*Foam Blowing Agents*)	HFC digunakan sebagai pengganti CFC dan HCFC dalam busa, khususnya di closed-cell insulation applications. Senyawa yang sedang digunakan termasuk HFC-245fa, HFC-365mfc, HFC-227ea, HFC-134a, dan HFC-152a. Proses dan aplikasi berbagai HFC yang digunakan antara lain insulation boards and panels, pipe sections, sprayed systems and onecomponent gap filling foams. Untuk open-cell foams, seperti integral skin products for automotive steering wheels and facias, emisi HFC digunakan sebagai blowing agen yang mungkin terjadi selama proses manufaktur. Dalam closedcell foam, emisi tidak hanya terjadi selama tahap manufaktur, tetapi biasanya meluas ke fase in-use dan sering sebagian besar emisi terjadi pada fase *end of- life (de-commissioning losses*). Dengan demikian, emisi dapat terjadi selama periode hingga 50 tahun atau bahkan lebih lama.
2 F 3	Alat Pemadam Kebakaran (*Fire Protection*)	Ada dua jenis umum peralatan perlindungan api (pemadam kebakaran) yang menggunakan bahan gas rumah kaca sebagai pengganti Halons: peralatan *portable* (*streaming*) dan tetap (*flooding*) . Depleting non-ozon, industri gas HFC, PFC dan fluoroketone yang terutama digunakan

Lampiran 1.1 Lanjutan

		sebagai pengganti untuk Halons, biasanya halon 1301, di *flooding equipment*. PFC memainkan peran awal dalam halon 1301 tetapi penggunaannya terbatas untuk penambahan sistem diinstal sebelumnya. HFC dalam peralatan portabel, biasanya menggantikan halon 1211, telah mencapai penerimaan pasar tetapi sangat terbatas terutama disebabkan biaya tinggi. Menggunakan PFC di alat pemadam portabel baru saat ini terbatas pada sejumlah kecil (beberapa persen) dalam campuran HCFC.
2 F 4	Arerosol (*Aerosols*)	Kebanyakan paket aerosol sekarang mengandung hidrokarbon (HC) sebagai propelan, tetapi, dalam sebagian kecil dari total HFC dan PFC digunakan sebagai propelan atau pelarut. Emisi dari aerosol biasanya terjadi segera setelah produksi, rata-rata enam bulan setelah penjualan. Selama penggunaan aerosol, 100% dari bahan kimia dipancarkan. Lima sumber utama adalah inhaler dosis terukur (MDI), produk perawatan pribadi (misalnya perawatan rambut, deodoran, krim cukur), produk rumah tangga (misalnya udara-penyegar, oven dan kain pembersih), produk industri (misalnya semprotan pembersih khusus seperti yang untuk operasi kontak listrik, pelumas, pipa-freezer) dan produk umum lainnya (string konyol misalnya, inflators ban, claxons), meskipun di beberapa daerah penggunaan produk umum seperti dibatasi. HFC yang saat ini digunakan sebagai propelan adalah HFC 134a, HFC 227ea, dan HFC 152a. Substansi HFC 43 10mee dan PFC, perfluorohexane, digunakan sebagai pelarut dalam produk aerosol industri.
2 F 5	Pelarut (*Solvent*)	Pelarut*:* digunakan sebagai pengganti untuk bahan perusak (terutama CFC-113). Jenis HFC yang digunakan adalah HFC-365mfc dan HFC-43-10mee. Penggunaan pengganti terfluorinasi jauh lebih luas dari bahan perusak ozon mereka mengganti. *Re-capture* dan *re-use* lebih banyak digunakan. Area utama penggunaan adalah presisi pembersih, membersihkan elektronik, pembersih logam dan aplikasi deposisi. Emisi dari aerosol yang mengandung pelarut harus dilaporkan dibawah kategori 2f4 "Aerosol" daripada dalam kategori ini.
2 F 6	Aplikasi Lainnya (*Other*	Sifat bahan perusak ozon telah mnejadikannya

Lampiran 1.1 Lanjutan

	Applications)	banyak digunakan dalam berbagai aplikasi *niche* yang tidak tercakup dalam sub-kategori sumber. Ini termasuk pengujian elektronik, perpindahan panas, cairan dielektrik dan aplikasi medis. Sifat HFC dan PFC sama-sama menarik dalam beberapa sektor dan mereka telah diadopsi sebagai pengganti. Ada juga beberapa kegunaan sejarah PFC, serta penggunaan muncul dari HFC, dalam aplikasi ini. Aplikasi ini memiliki tarif kebocoran mulai dari 100% pada tahun memancarkan aplikasi menjadi sekitar 1% per tahun.
2 G	Produk Manufacture lain dan Penggunaannya (*Other Product Manufacture and Use*)	
2 G 1	Peralatan listrik (*Electrical Equipment*)	Peralatan listrik yang digunakan dalam transmisi dan distribusi tenaga listrik di atas 1 kV. SF_6 digunakan dalam switch gear gas insulated (GIS), gas sirkuit pemutus (GCB), gas terisolasi transformer (GIT), gas terisolasi baris (GIL), transformator instrumen luar gas terisolasi, *reclosers*, *switch*, unit cincin utama dan peralatan lainnya .
2 G 1 a	Peralatan listrik pabrik (*Manufacture of Electrical Equipment*)	Peralatan listrik pabrik
2 G 1 b	Penggunaan peralatan listrik (*Use of Electrical Equipment*)	Penggunaan peralatan listrik
2 G 1 c	Pembuangan peralatan listrik (*Disposal of Electrical Equipment*)	Pembuangan peralatan listrik
2 G 2	SF6 dan PFCs dari penggunaan produk lain (*SF6 and PFCs from Other Product Uses*)	SF6 dan PFCs dari penggunaan produk lain
2 G 2 a	Aplikasi Peralatan Militer (*Military Applications*)	Aplikasi militer termasuk AWACS, pesawat pengintai militer jenis E-3A Boeing. Dalam AWACS (dan pesawat pengintai mungkin lainnya), SF6 digunakan sebagai gas isolasi dalam sistem radar.
2 G 2 b	Akselerator (*Accelerators*)	Akselerator partikel digunakan untuk tujuan penelitian (di universitas dan lembaga penelitian), untuk aplikasi industri (di silang polimer untuk isolasi kabel dan untuk bagian karet dan selang), dan medis (radioterapi) aplikasi.
2 G 2 c	Lainnya (*Other*)	Sumber ini termasuk menggunakan adiabatik,

Lampiran 1.1 Lanjutan

		kaca kedap suara, PFC digunakan sebagai cairan perpindahan panas dalam aplikasi konsumen dan komersial, PFC yang digunakan dalam aplikasi kosmetik dan medis, dan PFC dan SF6 digunakan sebagai pelacak.
2 G 3	Penggunaan Produk yang mengandung N2O (*N2O from Product Uses*)	Penggunaan Produk yang mengandung N_2O
2 G 3 a	Aplikasi peralatan medis (*Medical Applications*)	Sumber ini mencakup emisi penguapan nitrogen oksida (N_2O) yang dihasilkan dari aplikasi medis (anestesi digunakan, penggunaan analgesik dan menggunakan hewan). N_2O digunakan selama anestesi untuk dua alasan: a) sebagai anestesi dan analgesik dan sebagai b) gas pembawa untuk anestesi yang mudah menguap seperti hidrokarbon terfluorinasi isoflurane, sevofluran dan desflurane.
2 G 3 b	Propelant dalam produk-produk aerosol (*Propellant for Pressure and Aerosol Products*)	Sumber ini mencakup emisi menguapkan nitrogen oksida (N_2O) yang dihasilkan dari penggunaan bahan pembakar dalam produk aerosol terutama di industri makanan. Penggunaan khusus biasanya untuk membuat krim kocok, dimana cartridge diisi dengan N_2O digunakan untuk meledakkan krim ke busa.
2 G 3 c	Lainnya (*Other*)	
2 G 4	Lainnya (*Other*)	
2 H	Lainnya (*Other*)	
2 H 1	Industri Pulp dan Kertas (*Pulp and Paper Industry*)	
2 H 2	Industri Makanan dan Minuman (*Food and Beverages Industry*)	
2 H 3	Lainnya (*Other*)	

LAMPIRAN 2.

Tabel Pelaporan (*Common Reporting Format*) Hasil Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Proses Industri dan Penggunaan Produk

Lampiran 2. 1 Tabel Sektoral Kegiatan Proses Industri dan Penggunaaan Produk

Category		CO_2	CH_4	N_2O	HFCs	PFCs	SF_6	Other halogenated gases with CO_2 equivalent conversion factors [1]	Other halogenated gases without CO_2 equivalent conversion factors [2]	NO_x	CO	NMVOCs	SO_2
		(Gg)			CO_2 equivalents (Gg)					(Gg)			
2 INDUSTRIAL PROCESSES AND PRODUCT USE													
2A	**Mineral Industry**												
2A1	Cement Production												
2A2	Lime Production												
2A3	Glass Production												
2A4	Other Process Uses of Carbonates												
2A4a	Ceramics												
2A4b	Other Uses of Soda Ash												
2A4c	Non Metallurgical Magnesia Production												
2A4d	Other (please specify) [3]												
2A5	Other (please specify) [3]												
2B	**Chemical Industry**												
2B1	Ammonia Production												
2B2	Nitric Acid Production												
2B3	Adipic Acid Production												
2B4	Caprolactam, Glyoxal and Glyoxylic Acid Production												
2B5	Carbide Production												
2B6	Titanium Dioxide Production												
2B7	Soda Ash Production												
2B8	Petrochemical and Carbon Black Production												
2B8a	Methanol												
2B8b	Ethylene												
2B8c	Ethylene Dichloride and Vinyl Chloride Monomer												
2B8d	Ethylene Oxide												
2B8e	Acrylonitrile												
2B8f	Carbon Black												
2B9	Fluorochemical Production												
2B9a	By-product Emissions [4]												
2B9b	Fugitive Emissions [4]												
2B10	Other (please specify) [3]												
2C	**Metal Industry**												
2C1	Iron and Steel Production												
2C2	Ferroalloys Production												
2C3	Aluminium Production												
2C4	Magnesium Production [5]												
2C5	Lead Production												
2C6	Zinc Production												
2C7	Other (please specify) [3]												
2D	**Non-Energy Products from Fuels and Solvent Use** [6]												
2D1	Lubricant Use												
2D2	Paraffin Wax Use												
2D3	Solvent Use [7]												
2D4	Other (please specify) [3], [8]												
2E	**Electronics Industry**												
2E1	Integrated Circuit or Semiconductor [9]												
2E2	TFT Flat Panel Display [9]												
2E3	Photovoltaics [9]												
2E4	Heat Transfer Fluid [10]												
2E5	Other (please specify) [3]												
2F	**Product Uses as Substitutes for Ozone Depleting Substances**												
2F1	Refrigeration and Air Conditioning												
2F1a	Refrigeration and Stationary Air Conditioning												

Lampiran 2.1 (Lanjutan) Tabel Sektoral Kegiatan Proses Industri dan Penggunaaan Produk

Category	CO_2	CH_4	N_2O	HFCs	PFCs	SF_6	Other halogenated gases with CO_2 equivalent conversion factors [1]	Other halogenated gases without CO_2 equivalent conversion factors [2]	NO_x	CO	NMVOCs	SO_2
	(Gg)			CO_2 equivalents (Gg)				(Gg)				
2F1b Mobile Air Conditioning												
2F2 Foam Blowing Agents												
2F3 Fire Protection												
2F4 Aerosols												
2F5 Solvents												
2F6 Other Applications [3]												
2G Other Product Manufacture and Use												
2G1 Electrical Equipment												
2G1a Manufacture of Electrical Equipment												
2G1b Use of Electrical Equipment												
2G1c Disposal of Electrical Equipment												
2G2 SF_6 and PFCs from Other Product Uses												
2G2a Military Applications												
2G2b Accelerators												
2G2c Other (please specify)[3]												
2G3 N_2O from Product Uses												
2G3a Medical Applications												
2G3b Propellant for Pressure and Aerosol Products												
2G3c Other (please specify)[3]												
2G4 Other (please specify)[3]												
2H Other												
2H1 Pulp and Paper Industry												
2H2 Food and Beverages Industry												
2H3 Other (please specify) [3]												

Lampiran 2. 2 Tabel Basis Data Sektor: 2A Industri Mineral (*Mineral Industry*), 2B (2B1-2B8, 2B10) Industri Kimia (*Chemical Industry*) - CO2, CH4 and N2O

Categories	Activity data			Emissions						
	Production/Consumption quantity			CO_2 (Gg)			CH_4 (Gg)		N_2O (Gg)	
	Description (1)	Quantity	Unit (2)	Emissions (3)	Information Item Captured and Stored (4)	(memo) Other Reduction (5)	Emissions (3)	Information Item Reduction (6)	Emissions (3)	Information Item Reduction (6)
2A Mineral Industry										
2A1 Cement production										
2A2 Lime production										
2A3 Glass Production										
2A4 Other Process Uses of Carbonates(7)										
2A4a Ceramics										
2A4b Other Uses of Soda Ash										
2A4c Non Metallurgical Magnesia Production										
2A4d Other										
2A5 Other (please specify) (8)										
2B Chemical Industry										
2B1 Ammonia Production										
2B2 Nitric Acid Production										
2B3 Adipic Acid Production										
2B4 Caprolactam, Glyoxal and Glyoxylic Acid Production										
2B5 Carbide Production										
2B6 Titanium Dioxide Production										
2B7 Soda Ash Production										
2B8 Petrochemical and Carbon Black Production										
2B8a Methanol										
2B8b Ethylene										
2B8c Ethylene Dichloride and Vinyl Chloride Monomer										
2B8d Ethylene Oxide										
2B8e Acrylonitrile										
2B8f Carbon Black										
2B10 Other (please specify) (8)										

Lampiran 2. 3 Tabel Basis Data Sektor: 2B (2B9 - 2B10) Industri Kimia (*Chemical Industry*) HFCs, PFCs, SF6 dan gas halogenasi lainnya

Categories		HFC-23	HFC-32	HFC-41	HFC-125	HFC-134	HFC-134a	HFC-143	HFC-143a	HFC-152	HFC-152a	HFC-161	HFC-227ea	HFC-236cb	HFC-236ea	HFC-236fa	HFC-245ca	HFC-245fa	HFC-365mfc	HFC-43-10mee	Other HFCs [2] (please specify)	Total HFCs	CF_4	C_2F_6	C_3F_8	C_4F_{10}	c-C_4F_8	C_5F_{12}	C_6F_{14}	Other PFCs [2] (please specify)	Total PFCs	SF_6	Other halogenated gases [2] (please specify)
CO_2 equivalent conversion factors [1] [Source of the factor:]																																	
Emissions in original mass unit (tonne)																																	
2B9	Fluorochemical Production																																
2B9a	By-product Emissions [3]																																
	(information) Reduced amount [4]																																
2B9b	Fugitive Emissions [3]																																
	(information) Reduced amount [4]																																
2B10	Other (please specify) [5]																																
Emissions in CO_2 equivalent unit (Gg-CO_2)																																	
2B9	Fluorochemical Production																																
2B9a	By-product Emissions																																
2B9b	Fugitive Emissions																																
2B10	Other (please specify) [5]																																

Lampiran 2. 4 Tabel Basis Data Sektor: 2C Industri Logam (*Metal Industry*) CO_2, CH_4 and N_2O

Categories	Activity Data			Emissions						
	Production/Consumption quantity			CO_2 (Gg)			CH_4 (Gg)		N_2O (Gg)	
	Description [1]	Quantity	Unit [2]	Emissions [3]	(information) Captured and Stored [4]	(information) Other Reduction [5]	Emissions [3]	(information) Reduction [6]	Emissions [3]	(information) Reduction [6]
2C Metal Industry										
2C1 Iron and Steel Production										
2C2 Ferroalloys Production										
2C3 Aluminium Production										
2C4 Magnesium Production										
2C5 Lead Production										
2C6 Zinc Production										
2C7 Other (please specify) [7]										

Lampiran 2. 5 Tabel Basis Data Sektor: 2C (2C3, 2C4, 2C7) Industri Logam (*Metal Industry*) HFCs, PFCs, SF6 dan gas halogenasi lainnya

Categories	HFC-134a	Other HFCs [2] (please specify)	Total HFCs	CF_4	C_2F_6	C_3F_8	C_4F_{10}	$c\text{-}C_4F_8$	C_5F_{12}	C_6F_{14}	Other PFCs [2] (please specify)	Total PFCs	SF_6	Other halogenated gases [2] (please specify)
CO_2 equivalent conversion factors [1] [Source of the factor:]														
Emissions in original mass unit (tonne)														
2C3 Aluminium Production [3]														
(information) Reduced amount [4]														
2C4 Magnesium Production [3]														
(information) Reduced amount [4]														
2C7 Other Metals (please specify) [5]														
(information) Reduced amount [4]														
Emissions in CO_2 equivalent unit (Gg-CO_2)														
2C3 Aluminium Production														
2C4 Magnesium Production														
2C7 Other (please specify) [5]														

Lampiran 2. 6 Tabel Basis Data Sektor: 2D Produk non-energi (*Non-Energy Products*) dari penggunaan bahan bakar dan pelarut, CO_2, CH_4 dan N_2O

Categories	Activity Data			Emissions		
	Production/Consumption quantity			CO_2	CH_4	N_2O
	Description	Quantity	Unit	(Gg)	(Gg)	(Gg)
2D Non-Energy Products from Fuels and Solvent Use						
2D1 Lubricant Use	Lubricant consumption		tonne			
2D2 Paraffin Wax Use	Wax consumption		tonne			
2D3 Solvent Use						
2D4 Other						
Product (please specify)						
Product (please specify)						
Product (please specify) [1]						

[1] Tambahkan baris pada worksheet apabila diperlukan

Lampiran 2. 7 Tabel Basis Data Sektor: 22E Industri Elektronik (*Electronics Industry*) HFCs, PFCs, SF_6, NF_3 dan gas halogenasi lainnya

Categories	CO_2 [2]	N_2O [2]	HFC-23	HFC-32	Other HFCs [3] (please specify)	Total HFCs	CF_4	C_2F_6	C_3F_8	c-C_4F_8	Other PFCs [3] (please specify)	Total PFCs	SF_6	NF_3	Other halogenated gases [3] (please specify)
CO_2 equivalent conversion factors [1] [Source of the factor:]															
Emissions in original mass unit (tonne)															
2E Electronics Industry															
2E1 Integrated Circuit or Semiconductor															
2E2 TFT Flat Panel Display															
2E3 Photovoltaics															
2E4 Heat Transfer Fluid															
2E5 Other (please specify) [4]															
Emissions in CO_2 equivalent unit (Gg-CO_2)															
2E Electronics Industry															
2E1 Integrated Circuit or Semiconductor															
2E2 TFT Flat Panel Display															
2E3 Photovoltaics															
2E4 Heat Transfer Fluid															
2E5 Other (please specify) [3]															

Lampiran 2. 8 Tabel Basis Data Sektor: 2F Penggunaan produk sebagai pengganti bahan penipis ozon (*Product Uses as Substitutes for Ozone Depleting Substances*) HFCs, PFCs dan gas halogenasi lainnya

Categories	CO_2 [2]	HFC-23	HFC-32	HFC-125	HFC-134a	HFC-143a	HFC-152a	HFC-227ea	HFC-236fa	HFC-245fa	HFC-365mfc	HFC-43-10mee	Other HFCs [3] (please specify)	Total HFCs	CF_4	C_2F_6	C_3F_8	C_4F_{10}	Other PFCs [3] (please specify)	Total PFCs	Other halogenated gases [3] (please specify)
CO_2 equivalent conversion factors[1] [Source of the factor:]																					
Emissions in original mass unit (tonne)																					
2F Product Uses as Substitutes for Ozone Depleting Substances																					
2F1 Refrigeration and Air Conditioning																					
2F1a Refrigeration and Stationary Air Conditioning																					
2F1b Mobile Air Conditioning																					
2F2 Foam Blowing Agents																					
2F3 Fire Protection																					
2F4 Aerosols																					
2F5 Solvents																					
2F6 Other Applications[4]																					
Emissions in CO_2 equivalent unit (Gg-CO_2)																					
2F Product Uses as Substitutes for Ozone Depleting Substances																					
2F1 Refrigeration and Air Conditioning																					
2F1a Refrigeration and Stationary Air Conditioning																					
2F1b Mobile Air Conditioning																					
2F2 Foam Blowing Agents																					
2F3 Fire Protection																					
2F4 Aerosol																					
2F5 Solvents																					
2F6 Other Applications[4]																					

Lampiran 2. 9 Basis Data Sektor: 2G (2G1, 2G2, 2G4) Produk manufaktur lainnya dan penggunaannya (*Other Product Manufacture and Use*) – PFCs, SF6 dan gas halogenasi lainnya

Categories	CF_4	C_2F_6	C_3F_8	C_4F_{10}	$c\text{-}C_4F_8$	C_5F_{12}	C_6F_{14}	Other PFCs [2] (please specify)	Total PFCs	SF_6	Other halogenated gases [2] (please specify)
CO_2 equivalent conversion factors [1] [Source of the factor:]											
Emissions in original mass unit (tonne)											
2G Other Product Manufacture and Use											
2G1 Electrical Equipment											
2G1a Manufacture of Electrical Equipment [3]											
(information) Reduced amount [4]											
2G1b Use of Electrical Equipment [3]											
(information) Reduced amount [4]											
2G1c. Disposal of Electrical Equipment [3]											
(information) Reduced amount [4]											
2G2 SF_6 and PFCs from Other Product Uses											
2G2a Military Applications [3]											
(information) Reduced amount [4]											
2G2b Accelerators [3]											
University and Research Particle Accelerators [3]											
(information) Reduced amount [4]											
Industrial and Medical Particle Accelerators [3]											
(information) Reduced amount [4]											
2G2c Other (please specify) [3], [5]											
(information) Reduced amount [4], [5]											
2G4 Other (please specify) [3], [5], [6]											
(information) Reduced amount [4], [5], [6]											
Emissions in CO_2 equivalent unit (Gg-CO_2)											
2G Other Product Manufacture and Use											
2G1 Electrical Equipment											
2G1a Manufacture of Electrical Equipment											
2G1b Use of Electrical Equipment											
2G1c Disposal of Electrical Equipment											
2G2 SF_6 and PFCs from Other Product Uses											
2G2a Military Applications (AWACS)											
2G2b Accelerators											
University and Research Particle Accelerators											
Industrial and Medical Particle Accelerators											
2G2c Other (please specify) [5]											
2G4 Other (please specify) [5], [6]											

Lampiran 2. 10 Basis Data Sektor: 2G (2G3, 2G4) Produk manufaktur lainnya dan penggunaannya (*Other Product Manufacture and Use*) – N_2O, CO_2 dan CH_4

Categories		Activity Data			Emissions					
					N_2O (Gg)		CO_2 (Gg)		CH_4 (Gg)	
		Description	Quantity	Unit	Emissions [1]	(information) Reduction [2]	Emissions [1]	(information) Reduction [2]	Emissions [1]	(information) Reduction [2]
2G3	N_2O from Product Uses									
2G3a	Medical Applications	N_2O supplied		tonne						
2G3b	Propellant for Pressure and Aerosol Products	N_2O supplied		tonne						
2G3c	Other (please specify) [3]	N_2O supplied		tonne						
2G4	Other (please specify) [3]									

Lampiran 2. 11 Basis Data Sektor: 2H Lainnya

Categories		Activity Data		Emissions					
				CO_2 (Gg)		CH_4 (Gg)		N_2O (Gg)	
		Quantity	Unit	Emissions [1]	(information) Reduction [2]	Emissions [1]	(information) Reduction [2]	Emissions [1]	(information) Reduction [2]
2H	Other								
2H1	Pulp and Paper Industry								
2H2	Food and Beverages Industry								
2H3	Other (please specify) [3]								

Lampiran 2. 12 Basis Data Sektor: Gas rumah kaca tanpa faktor konversi CO_2 ekivalen

Categories		(please specify)	(please specify)	(please specify)	(please specify)	(please specify) [1]
Emissions in original mass unit (tonne)						
Total						
2B Chemical Industry						
2B9	Fluorochemical Production					
2B9a	By-product Emissions					
2B9b	Fugitive Emissions					
2B10	Other (please specify) [2]					
2C Metal Industry						
2C4	Magnesium Production					
2C7	Other (please specify) [2]					
2E Electronics Industry						
2E1	Integrated Circuit or Semiconductor					
2E2	TFT Flat Panel Display					
2E3	Photovoltaics					
2E4	Heat Transfer Fluid					
2E5	Other (please specify) [2]					
2F Product Uses as Substitutes for Ozone Depleting Substances						
2F1	Refrigeration and Air Conditioning					
2F1a	Refrigeration and Stationary Air Conditioning					
2F1b	Mobile Air Conditioning					
2F2	Foam Blowing Agents					
2F3	Fire Protection					
2F4	Aerosols					
2F5	Solvents					
2F6	Other Applications (please specify) [2]					
2G. Other Product Uses						
2G1	Electrical Equipment					
2G1a	Manufacture of Electrical Equipment					
2G1b	Use of Electrical Equipment					
2G1c	Disposal of Electrical Equipment					
2G2	SF_6 and PFCs from Other Product Uses					
2G2a	Military Applications (AWACS)					
2G2b	Accelerators					
2G2c	Other (please specify) [2]					
2G4	Other (please specify) [2]					

LAMPIRAN 3.
Lembar Kerja (Worksheet)
Penghitungan Emisi GRK
Proses Industri dan Penggunaan Produk

Lampiran 3. 1 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor industri mineral, kategori 2A1 - Produksi semen

Sector	**Industrial Processes and Product Use**		
Category	**Mineral Industry – Cement Production**		
Category Code	**2A1**		
Sheet	**1 of 2**		
Individual Type of Cement Produced [1)]	A Mass of Individual Type of Cement Produced (tonne)	B Clinker Fraction in Cement (fraction)	C Mass of Clinker in the Individual Type of Cement Produced (tonne)
			C = A * B
Total			
1) Insert additional rows if more than two types of cement are produced.			

Lampiran 3.1 Lanjutan

Sector		**Industrial Processes and Product Use**			
Category		**Mineral Industry – Cement Production**			
Category Code		**2A1**			
Sheet		**2 of 2**			
D Imports for Consumption of Clinker (tonne)	E Exports of Clinker (tonne)	F Mass of Clinker Produced in the Country (tonne)	G Emission Factor for the Clinker in the Particular Cement (tonne CO_2/ tonne clinker)	H CO_2 Emissions (tonne CO_2)	I CO_2 Emissions (Gg CO_2)
		F = C - D + E		H = F * G	$I = H/10^3$
0	3,407,239	34,183,840	0.869	29,705,757	**29,706**

Lampiran 3. 2 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor industri mineral, kategori 2A2 - Produksi kapur

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Mineral Industry – Lime Production**			
Category Code	**2A2**			
Sheet	**1 of 1**			
Type of Lime Produced[1), 2)]	A Mass of Lime Produced (tonne)	B Emission Factor for Lime Production (tonne CO_2/ tonne lime)	C CO_2 Emissions (tonne CO_2)	D CO_2 Emissions (Gg CO_2)
			C = A * B	D = C/10^3
Total				

1) Insert additional rows if more than two types of cement are produced.
2) When country-specific information on lime production by type is not available, apply the default emission factor to national level lime production data. (See Equation 2.8 in Chapter 2 of this volume.)

Lampiran 3. 3 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor industri mineral, kategori 2A3 - Produksi kaca

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Mineral Industry – Glass Production**			
Category Code	**2A3**			
Sheet	**1 of 1**			
A	B	C	D	E
Total Glass Production	Emission Factor for Glass Production	Average Annual Cullet Ratio	CO_2 Emissions	CO_2 Emissions
(tonne)	(tonne CO_2/ tonne glass)	(fraction)	(tonne CO_2)	(Gg CO_2)
			D = A * B * (1 - C)	E = D/10^3

Lampiran 3. 4 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor industri mineral, kategori 2A4 - proses produksi laimmua yang mengginakan karbonat

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Mineral Industry – Other Process Uses of Carbonates**			
Category Code	**2A4**			
Sheet	**1 of 1**			
Type of Use	A Mass of Carbonate Consumed (tonne)	B Emission Factor for Carbonate Consumption [3), 4)] (tonne CO_2/ tonne carbonate)	C CO_2 Emissions (tonne CO_2)	D CO_2 Emissions (Gg CO_2)
			C = A * B	D = C/10^3
Ceramics				
Other Uses of Soda Ash				
Non Metallurgical Magnesia Production				
Other [2)]				

Lampiran 3. 5 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor industri kimia, kategori 2B1 - Produksi amonia

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Chemical Industry - Ammonia Production**			
Category Code	**2B1**			
Sheet	**1 of 2**			
A Amount of Ammonia Produced (tonne)	B Fuel Requirement for Ammonia Production (GJ/tonne ammonia produced)	C Carbon Content of Fuel (kg C/GJ)	D Carbon Oxidation Factor of Fuel (fraction)	E CO_2 Generated (kg CO_2)
				E = (A * B * C * D) * 44/12

Lampiran 3.5 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**		
Category	**Chemical Industry - Ammonia Production**		
Category Code	**2B1**		
Sheet	**2 of 2**		
F Amount of Urea Produced (kg)	G CO_2 Recovered for Urea Production (kg CO_2)	H CO_2 Emissions (kg CO_2)	I CO_2 Emissions (Gg CO_2)
	G = F * 44/12	H = E - G	I = H/10^6

* Jumlah urea sudah terhitung pada jumlah ammonia yang dihasilkan sudah termasuk penggunaan ammonia bagi produksi urea

Lampiran 3. 6 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor industri kimia, kategori 2B2 - Produksi asam nitrat

Sector	**Industrial Processes and Product Use**		
Category	**Chemical Industry - Nitric Acid Production**		
Category Code	**2B2**		
Sheet	**1 of 1**		
A Amount of Nitric Acid Production (tonne)	B Emission Factor (kg N_2O/tonne nitric acid produced)	C N_2O Emissions (kg)	D N_2O Emissions (Gg)
		C = A * B	D = C/10^6

Lampiran 3. 7 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor industri kimia, kategori 2B3 - Produksi asam adipat

Sector	**Industrial Processes and Product Use**		
Category	**Chemical Industry - Adipic Acid Production**		
Category Code	**2B3**		
Sheet	**1 of 1**		
A Amount of Adipic Acid Production (tonne)	B Emission Factor (kg N_2O/tonne adipic acid produced)	C N_2O Emissions (kg)	D N_2O Emissions (Gg)
		C = A * B	D = C/10^6

Belum ada plant Adipic Acid di Indonesia

Lampiran 3. 8 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor industri kimia, kategori 2B4 - Produksi Caprolactam, Glyoxal and Glyoxylic Acid

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Chemical Industry - Caprolactam, Glyoxal and Glyoxylic Acid Production**			
Category Code	**2B4**			
Sheet	**1 of 1**			
Chemical	A Amount of Chemical Production (tonne)	B Emission Factor (kg N_2O/tonne chemical produced)	C N_2O Emissions (kg)	D N_2O Emissions (Gg)
			C = A * B	$D = C/10^6$
Caprolactam				
Glyoxal				
Glyoxylic Acid				
Total				

Lampiran 3. 9 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor industri kimia, kategori 2B5 - Produksi Karbida

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Chemical Industry - Carbide Production**			
Category Code	**2B5**			
Sheet	**1 of 6 CO_2 Emissions (calculation based on raw material used)**			
Type of Carbide Produced	A Raw Material (Petroleum Coke) Consumption (tonne)	B Emission Factor [1)] (tonne CO_2/tonne raw material used)	C CO_2 Emissions (tonne CO_2)	D CO_2 Emissions (Gg CO_2)
			C = A * B	$D = C/10^3$
Silicon Carbide (SiC)				
Calcium Carbide (CaC_2)				

1) The emission factor needs to be adjusted to account for the carbon contained in the product. See Section 3.6.2.1 of Volume 3.
Note: Inventory compilers should use either this sheet (1 of 6) or the next sheet (2 of 6), not both.

Lampiran 3.9 Lanjutan

Sektor	**Proses Industri dan Penggunaan Produk**			
Kategori	**Industri Kimia – Produksi Carbide**			
Kode Kategori	**2B5**			
Lembar	**2 dari 6 Emisi CO_2 (dihitung berdasarkan produksi Carbide)**			
Type of Carbide Produced	A Carbide Produced (tonne)	B Emission Factor (tonne CO_2/tonne carbide produced)	C CO_2 Emissions (tonne CO_2)	D CO_2 Emissions (Gg CO_2)
			C = A * B	D = C/10^3
Silicon Carbide (SiC)				
Calcium Carbide (CaC_2)				
Note: Inventory compilers should use either this sheet (2 of 6) or the previous sheet (1 of 6), not both.				

Lampiran 3.9 Lanjutan

Sektor	**Proses Industri dan Penggunaan Produk**		
Kategori	**Industri Kimia – Produksi Carbide**		
Kode Kategori	**2B5**		
Lembar	**3 dari 6 Emisi CO_2 dari penggunaan CaC_2 pada produksi Acetylene**		
A Calcium Carbide Used in Acetylene Production (tonne)	B Emission Factor (tonne CO_2/tonne carbide used)	C CO_2 Emissions (tonne CO_2)	D CO_2 Emissions (Gg CO_2)
		C = A * B	D = C/10^3

Lampiran 3.9 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**		
Category	**Chemical Industry - Carbide Production**		
Category Code	**2B5**		
Sheet	**4 of 6 CO_2 Emissions (Total)**		
A CO_2 Emissions from Silicon Carbide (SiC) Production ($Gg\ CO_2$)	B CO_2 Emissions from Calcium Carbide (CaC_2) Production ($Gg\ CO_2$)	C CO_2 Emissions from Use of CaC_2 in Acetylene Production ($Gg\ CO_2$)	D Total CO_2 Emissions ($Gg\ CO_2$)
From D in Sheet 1 of 6 or D in Sheet 2 of 6	From D in Sheet 1 of 6 or D in Sheet 2 of 6	From D in Sheet 3 of 6	D = A + B + C

Lampiran 3.9 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**		
Category	**Chemical Industry - Carbide Production**		
Category Code	**2B5**		
Sheet	**5 of 6 CH_4 Emissions from Silicon Carbide (SiC) Production (calculation based on raw material used)**		
A Raw Material (Petroleum Coke) Consumption (tonne)	B Emission Factor (kg CH_4/tonne raw material used)	C CH_4 Emissions (kg)	D CH_4 Emissions (Gg)
		C = A * B	D = C/10^6
Note: Inventory compilers should use either this sheet (5 of 6) or the next sheet (6 of 6), not both.			

Lampiran 3.9 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**		
Category	**Chemical Industry - Carbide Production**		
Category Code	**2B5**		
Sheet	**6 of 6 CH_4 Emissions from Silicon Carbide (SiC) Production (calculation based on carbide produced)**		
A Carbide Produced (tonne)	B Emission Factor (kg CH_4/tonne carbide produced)	C CH_4 Emissions (kg)	D CH_4 Emissions (Gg)
		C = A * B	D = C/10^6
Note: Inventory compilers should use either this sheet (6 of 6) or the previous sheet (5 of 6), not both.			

Lampiran 3. 10 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor industri kimia, kategori 2B6 - Produksi Titanium Dioksida

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Chemical Industry - Titanium Dioxide Production**			
Category Code	**2B6**			
Sheet	**1 of 1**			
Type of production	A Amount of Production (tonne)	B Emission Factor (tonne CO_2/tonne produced)	C CO_2 Emissions (tonne CO_2)	D CO_2 Emissions (Gg CO_2)
			C = A * B	D = C/10^3
Titanium Slag				
Synthetic Rutile				
Rutile TiO_2				
Total				

Lampiran 3. 11 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor industri kimia, kategori 2B6 - Produksi Titanium Dioksida

Sector	**Industrial Processes and Product Use**		
Category	**Chemical Industry - Soda Ash Production**		
Category Code	**2B7**		
Sheet	**1 of 2 Natural Soda Ash (calculation based on trona used)**		
A Amount of Trona Utilised (tonne)	B Emission Factor (tonne CO_2/tonne trona utilised)	C CO_2 Emissions (tonne CO_2)	D CO_2 Emissions (Gg CO_2)
		C = A * B	D = C/10^3
Note: Inventory compilers should use either this sheet (1 of 2) or the next sheet (2 of 2), not both.			

Lampiran 3.11 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**		
Category	**Chemical Industry - Soda Ash Production**		
Category Code	**2B7**		
Sheet	**2 of 2 Natural Soda Ash (calculation based on production)**		
A Amount of Natural Soda Ash Produced (tonne)	B Emission Factor (tonne CO_2/tonne natural soda ash produced)	C CO_2 Emissions (tonne CO_2)	D CO_2 Emissions (Gg CO_2)
		C = A * B	D = C/10^3
Note: Inventory compilers should use either this sheet (2 of 2) or the previous sheet (1 of 2), not both.			

Lampiran 3. 12 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor industri kimia, kategori 2B8 - Produksi Petrokimia dan *Blackcarbon*

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Chemical Industry - Petrochemical and Carbon Black Production**			
Category Code	**2B8**			
Sheet	**1 of 12 CO_2 Emissions from Methanol Production**			
Type of Process/Type of Feedstock [1), 2)]	A Amount of Methanol Produced (tonne)	B Emission Factor (tonne CO_2/tonne methanol produced)	C CO_2 Emissions (tonne CO_2)	D CO_2 Emissions (Gg CO_2)
			C = A * B	D = C/10^3
Type of Process = [ ] (please specify)				
Feedstock = [ ] (please specify)				
Type of Process = [ ] (please specify)				
Feedstock = [ ] (please specify)				
Total				

1) For details of process types and feedstock types, see Table 3.12 in Chapter 3 of Volume 3. For the default process type and the default feedstock, see Table 3.11 in Chapter 3 of Volume 3.
2) Insert additional rows if necessary.

Lampiran 3.12 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**		
Category	**Chemical Industry - Petrochemical and Carbon Black Production**		
Category Code	**2B8**		
Sheet	**2 of 12 CH_4 Emissions from Methanol Production**		
A Amount of Methanol Produced (tonne)	B Emission Factor (kg CH_4/tonne methanol produced)	C CH_4 Emissions (kg)	D CH_4 Emissions (Gg)
		C = A * B	D = C/10^6

Lampiran 3.12 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**				
Category	**Chemical Industry - Petrochemical and Carbon Black Production**				
Category Code	**2B8**				
Sheet	**3 of 12 CO_2 Emissions from Ethylene Production**				
Type of Feedstock [1), 2)] (please specify)	A Amount of Ethylene Produced (tonne)	B Emission Factor (tonne CO_2/tonne ethylene produced)	C Geographic Adjustment Factor [3)] (%)	D CO_2 Emissions (tonne CO_2)	E CO_2 Emissions (Gg CO_2)
				D = A * B * C/100	E = D/10^3
Total					

1) For details of feedstock types, see Table 3.14 in Chapter 3 of Volume 3. For the default feedstock, see Table 3.11 in Chapter 3 of Volume 3.
2) Insert additional rows if necessary.
3) For geographic adjustment factors, see Table 3.15 in Volume 3.

Lampiran 3.12 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Chemical Industry - Petrochemical and Carbon Black Production**			
Category Code	**2B8**			
Sheet	**4 of 12 CH_4 Emissions from Ethylene Production**			
Type of Feedstock [1), 2)] (please specify)	A Amount of Ethylene Produced (tonne)	B Emission Factor (kg CH_4/tonne ethylene produced)	C CH_4 Emissions (kg)	D CH_4 Emissions (Gg)
			C = A * B	D = C/10^6
Total				

1) For details of feedstock types, see Table 3.14 in Chapter 3 of Volume 3. For the default feedstock, see Table 3.11 in Chapter 3 of Volume 3.
2) Insert additional rows if necessary.

Lampiran 3.12 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Chemical Industry - Petrochemical and Carbon Black Production**			
Category Code	**2B8**			
Sheet	**5 of 12 CO_2 Emissions from Ethylene Dichloride/Vinyl Chloride Monomer Production**			
Type of Process [1), 2)] (please specify)	A Amount of Ethylene Dichloride (EDC) or Vinyl Chloride Monomer (VCM) Produced [3)] (tonne EDC produced) or (tonne VCM produced)	B Emission Factor (tonne CO_2/tonne EDC produced) or (tonne CO_2/tonne VCM produced)	C CO_2 Emissions (tonne CO_2)	D CO_2 Emissions (Gg CO_2)
			C = A * B	$D = C/10^3$
Total				

1) For details of process types, see Table 3.17 in Chapter 3 of Volume 3. For the default process type, see Table 3.11 in Chapter 3 of Volume 3.
2) Insert additional rows if necessary.
3) Inventory compilers should use either EDC production or VCM production (not both) as activity data.

Lampiran 3.12 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Chemical Industry - Petrochemical and Carbon Black Production**			
Category Code	**2B8**			
Sheet	**6 of 12 CH_4 Emissions from Ethylene Dichloride/Vinyl Chloride Monomer Production**			
Type of Process [1), 2)] (please specify)	A Amount of Ethylene Dichloride (EDC) or Vinyl Chloride Monomer (VCM) Produced [3)] (tonne EDC produced) or (tonne VCM produced)	B Emission Factor (kg CH_4/tonne EDC produced) or (kg CH_4/tonne VCM produced)	C CH_4 Emissions (kg)	D CH_4 Emissions (Gg)
			C = A * B	D = C/10^6
Total				

1) For details of process types, see Tables 3.11 and 3.19 in Chapter 3 of Volume 3. For the default process type, see Table 3.11 in Chapter 3 of Volume 3.
2) Insert additional rows if necessary.
3) Inventory compilers should use either EDC production or VCM production (not both) as activity data.

Lampiran 3.12 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Chemical Industry - Petrochemical and Carbon Black Production**			
Category Code	**2B8**			
Sheet	**7 of 12 CO_2 Emissions from Ethylene Oxide Production**			
Type of Process [1), 2)] (please specify)	A Amount of Ethylene Oxide Produced (tonne ethylene oxide produced)	B Emission Factor (tonne CO_2/tonne ethylene oxide produced)	C CO_2 Emissions (tonne CO_2)	D CO_2 Emissions (Gg CO_2)
			C = A * B	$D = C/10^3$
Total				

1) For details of process types, see Table 3.20 in Chapter 3 of Volume 3. For the default process type, see Table 3.11 in Chapter 3 of Volume 3.
2) Insert additional rows if necessary.

Lampiran 3.12 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Chemical Industry - Petrochemical and Carbon Black Production**			
Category Code	**2B8**			
Sheet	**8 of 12 CH_4 Emissions from Ethylene Oxide Production**			
Type of Process [1), 2)] (please specify)	A Amount of Ethylene Oxide Produced (tonne ethylene oxide produced)	B Emission Factor (kg CH_4/tonne ethylene oxide produced)	C CH_4 Emissions (kg)	D CH_4 Emissions (Gg)
			C = A * B	$D = C/10^6$
Total				

1) For details of process types, see Table 3.21 in Chapter 3 of Volume 3. For the default process type, see Table 3.11 in Chapter 3 of Volume 3.
2) Insert additional rows if necessary.

Lampiran 3.12 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Chemical Industry - Petrochemical and Carbon Black Production**			
Category Code	**2B8**			
Sheet	**9 of 12 CO_2 Emissions from Acrylonitrile Production**			
Type of Process [1), 2)] (please specify)	A Amount of Acrylonitrile Produced (tonne acrylonitrile produced)	B Emission Factor (tonne CO_2/tonne acrylonitrile produced)	C CO_2 Emissions (tonne CO_2)	D CO_2 Emissions (Gg CO_2)
			C = A * B	D = C/10^3
tt				
tt				
Total				

1) For details of process types, see Table 3.22 in Chapter 3 of Volume 3. For the default process type, see Table 3.11 in Chapter 3 of Volume 3.
2) Insert additional rows if necessary.

Lampiran 3.12 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Chemical Industry - Petrochemical and Carbon Black Production**			
Category Code	**2B8**			
Sheet	**10 of 12 CH_4 Emissions from Acrylonitrile Production**			
Type of Process [1), 2)] (please specify)	A Amount of Acrylonitrile Produced (tonne acrylonitrile produced)	B Emission Factor (kg CH_4/tonne acrylonitrile produced)	C CH_4 Emissions (kg)	D CH_4 Emissions (Gg)
			C = A * B	D = C/10^6
Total				

1) For details of process types, see Table 3.22 in Chapter 3 of Volume 3. For the default process type, see Table 3.11 in Chapter 3 of Volume 3.
2) Insert additional rows if necessary.

Lampiran 3.12 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Chemical Industry - Petrochemical and Carbon Black Production**			
Category Code	**2B8**			
Sheet	**11 of 12 CO_2 Emissions from Carbon Black Production**			
Type of Process [1), 2)] (please specify)	A Amount of Carbon Black Produced (tonne carbon black produced)	B Emission Factor (tonne CO_2/tonne carbon black produced)	C CO_2 Emissions (tonne CO_2)	D CO_2 Emissions (Gg CO_2)
			C = A * B	D = C/10^3
Total				

1) For details of process types, see Table 3.23 in Chapter 3 of Volume 3. For the default process type, see Table 3.11 in Chapter 3 of Volume 3.
2) Insert additional rows if necessary.

Lampiran 3.12 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Chemical Industry - Petrochemical and Carbon Black Production**			
Category Code	**2B8**			
Sheet	**12 of 12 CH_4 Emissions from Carbon Black Production**			
Type of Process [1), 2)] (please specify)	A Amount of Carbon Black Produced (tonne carbon black produced)	B Emission Factor (kg CH_4/tonne carbon black produced)	C CH_4 Emissions (kg)	D CH_4 Emissions (Gg)
			C = A * B	D = C/10^6
Total				

1) For details of process types, see Table 3.24 in Chapter 3 of Volume 3. For the default process type, see Table 3.11 in Chapter 3 of Volume 3.
2) Insert additional rows if necessary.

Lampiran 3. 13 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor industri kimia, kategori 2B9 - Produksi *Fluorochemical*

Sector	**Industrial Processes and Product Use**		
Category	**Chemical Industry - Fluorochemical Production**		
Category Code	**2B9**		
Sheet	**1 of 3 HFC-23 Emissions from HCFC-22 Production**		
A Amount of HCFC-22 Produced (kg)	B Emission Factor (kg HFC-23/ kg HCFC-22 produced)	C HFC-23 Emissions (kg)	D HFC-23 Emissions (Gg)
		C = A * B	D = C/10^6

Lampiran 3.13 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Chemical Industry - Fluorochemical Production**			
Category Code	**2B9**			
Sheet	**2 of 3 By-product Emissions from Production of Other Fluorinated Compounds**			
Fluorinated Compound Emitted as By-product and Principal Fluorinated Compound Produced (Please specify such as "xxx from yyy production") [1)]	A Amount of Principal Fluorinated Compound Produced (kg)	B Byproduct Emission Factor [2)] (kg by-product gas emitted/kg F-compound produced)	C Emissions (kg)	D Emissions (Gg)
			C = A * B	D = C/10^6

1) Insert additional rows if necessary.
2) For sources that are not key categories, fugitive and by-product emissions are considered the same and those emissions are calculated using the next sheet (3 of 3).

Lampiran 3.13 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Chemical Industry - Fluorochemical Production**			
Category Code	**2B9**			
Sheet	**3 of 3 Fugitive Emissions from Production of Other Fluorinated Compounds**			
Fluorinated Compound Produced (Please specify) 1)	A Amount of Fluorinated Compound Produced (kg)	B Fugitive Emission Factor 2) (kg fugitive gas emitted/kg F-compound produced)	C Emissions (kg)	D Emissions (Gg)
			C = A * B	$D = C/10^6$

1) Insert additional rows if necessary.
2) For sources that are not key categories, fugitive and by-product emissions are considered the same. For Tier 1, in the absence of abatement measures, a default emission factor of 0.5 percent of production, not counting losses in transport and transfer of materials, is suggested for HFCs and PFCs.

Lampiran 3. 14 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor industri logam, kategori 2C1 - Produksi Besi dan Baja

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Metal Industry - Iron and Steel Production**			
Category Code	**2C1**			
Sheet	**1 of 2 CO_2 Emissions**			
Type of Steelmaking Method, etc	A Amount of Steel or Iron Production (tonne crude steel produced, pig iron, DRI, sinter or pellet)	B Emission Factor (tonne CO_2/tonne production)	C CO_2 Emissions (tonne CO_2)	D CO_2 Emissions (Gg CO_2)
			C = A * B	D = C/10^3
Basic Oxygen Furnace				
Electric Arc Furnace				
Open Hearth Furnace				
Pig Iron Production (not converted into steel)				
Direct Reduced Iron (DRI) Production				
Sinter Production				
Pellet Production				
TOTAL				

Lampiran 3.14 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Metal Industry - Iron and Steel Production**			
Category Code	**2C1**			
Sheet	**2 of 2 CH_4 Emissions**			
Type of Production	A Amount of Production (tonne sinter, DRI or pig iron)	B Emission Factor (kg CH_4/tonne production)	C CH_4 Emissions (kg)	D CH_4 Emissions (Gg)
			C = A * B	D = C/10^6
Sinter Production				
Direct Reduced Iron (DRI) Production				
Pig Iron Production				
TOTAL				

Lampiran 3. 15 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor industri logam, kategori 2C2 - Produksi *Ferroalloy*

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Metal Industry - Ferroalloys Production**			
Category Code	**2C2**			
Sheet	**1 of 2 CO_2 Emissions**			
Type of Ferroalloy [1), 2)] (please specify)	A Amount of Ferroalloy Production (tonne ferroalloy produced)	B Emission Factor (tonne CO_2/tonne ferroalloy produced)	C CO_2 Emissions (tonne CO_2)	D CO_2 Emissions (Gg CO_2)
			C = A * B	D = C/10^3
Total				

1) For details of ferroalloy types, see Table 4.5 in Chapter 4 of Volume 3.
2) Insert additional rows if necessary.

Lampiran 3.15 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Metal Industry - Ferroalloys Production**			
Category Code	**2C2**			
Sheet	**2 of 2 CH_4 Emissions**			
Type of Ferroalloy [1), 2)] (please specify)	A Amount of Ferroalloy Production (tonne ferroalloy produced)	B Emission Factor (kg CH_4/tonne ferroalloy produced)	C CH_4 Emissions (kg)	D CH_4 Emissions (Gg)
			C = A * B	D = C/10^6
Total				

1) For details of ferroalloy types, see Table 4.7 in Chapter 4 of Volume 3.
2) Insert additional rows if necessary.

Lampiran 3. 16 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor industri logam, kategori 2C3 - Produksi Aluminium

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Metal Industry - Aluminium Production**			
Category Code	**2C3**			
Sheet	**1 of 3 CO_2 Emissions**			
Type of Technology	A Amount of Aluminium Production (tonne aluminium produced)	B Emission Factor (tonne CO_2/tonne aluminium produced)	C CO_2 Emissions (tonne)	D CO_2 Emissions (Gg)
			C = A * B	D = C/10^3
Prebake				
Soderberg				
Total				

Lampiran 3.16 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Metal Industry - Aluminium Production**			
Category Code	**2C3**			
Sheet	**2 of 3 CF_4 Emissions**			
Type of Technology	A Amount of Aluminium Production (tonne aluminium produced)	B Emission Factor (kg CF_4/tonne aluminium produced)	C CF_4 Emissions (kg)	D CF_4 Emissions (Gg)
			C = A * B	D = C/10^6
CWPB				
SWPB				
VSS				
HSS				
Total				

Lampiran 3.16 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Metal Industry - Aluminium Production**			
Category Code	**2C3**			
Sheet	**3 of 3 C_2F_6 Emissions**			
Type of Technology	A Amount of Aluminium Production (tonne aluminium produced)	B Emission Factor (kg C_2F_6/tonne aluminium produced)	C C_2F_6 Emissions (kg)	D C_2F_6 Emissions (Gg)
			C = A * B	D = C/10^6
CWPB				
SWPB				
VSS				
HSS				
Total				

Lampiran 3. 17 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor industri logam, kategori 2C4 - Produksi Magnesium

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Metal Industry - Magnesium Production**			
Category Code	**2C4**			
Sheet	**1 of 2 CO_2 Emissions from Primary Production**			
Raw Material Source	A Amount of Primary Magnesium Production (tonne primary magnesium produced)	B Emission Factor (tonne CO_2/tonne primary magnesium produced)	C CO_2 Emissions (tonne)	D CO_2 Emissions (Gg)
			C = A * B	D = C/10^3
Dolomite				
Magnesite				
Total				

Lampiran 3.17 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**		
Category	**Metal Industry - Magnesium Production**		
Category Code	**2C4**		
Sheet	**2 of 2 SF_6 Emissions from Magnesium Casting Processes**		
A Amount of Magnesium Casting (tonne magnesium casting)	B Emission Factor (kg SF_6/tonne magnesium casting)	C SF_6 Emissions (kg)	D SF_6 Emissions (Gg)
		C = A * B	D = C/10^6

Note: As regards HFC 134-a, FK 5-1-12 and their decomposition products (e.g., PFCs), no Tier 1 method is provided because the industrial experience in using these compounds (HFC 134-a and FK 5-1-12) for magnesium protection purposes is yet very limited. However, if the greenhouse gas emission from the use of magnesium cover gases is a national key category, it is good practice, for inventory preparation purposes, to collect direct measurements of these greenhouse gas emissions.

Lampiran 3. 18 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor industri logam, kategori 2C5 - Produksi Timbal

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Metal Industry - Lead Production**			
Category Code	**2C5**			
Sheet	**1 of 1**			
Source and Furnace Type [1), 2)] (please specify)	A Amount of Lead Production (tonne lead produced)	B Emission Factor (tonne CO_2/tonne lead produced)	C CO_2 Emissions (tonne)	D CO_2 Emissions (Gg)
			C = A * B	D = C/10^3
Total				

1) For details of source and furnace types, see Table 4.21 in Chapter 4 of Volume 3.
2) Insert additional rows if necessary.

Lampiran 3. 19 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor industri logam, kategori 2C6 - Produksi Seng

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Metal Industry - Zinc Production**			
Category Code	**2C6**			
Sheet	**1 of 1**			
Type of Process [1), 2)] (please specify)	A Amount of Zinc Production (tonne zinc produced)	B Emission Factor (tonne CO_2/tonne zinc produced)	C CO_2 Emissions (tonne)	D CO_2 Emissions (Gg)
			C = A * B	D = C/10^3
Total				

1) For details of process types, see Table 4.24 in Chapter 4 of Volume 3.
2) Insert additional rows if necessary.

Lampiran 3. 20 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor Penggunaan produk bahan bakar non-energi dan pelarut , kategori 2D1 – Penggunaan pelumas

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Non-Energy Products from Fuels and Solvent Use - Lubricant Use**			
Category Code	**2D1**			
Sheet	**1 of 1**			
A Amount of Lubricant Consumed (TJ)	B Lubricant Carbon Content (tonne-C/TJ)	C Fraction Oxidized During Use (ODU factor) (fraction)	D CO_2 Emissions (tonne CO_2)	E CO_2 Emissions (Gg CO_2)
			D = A * B * C * 44/12	E = D/10^3

Lampiran 3. 21 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor Penggunaan produk bahan bakar non-energi dan pelarut , kategori 2D1 – Penggunaan Lilin (*wax*)

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Non-Energy Products from Fuels and Solvent Use - Paraffin Wax Use**			
Category Code	**2D2**			
Sheet	**1 of 1**			
A Amount of Paraffin Waxes Consumed (TJ)	B Paraffin Waxes Carbon Content (tonne-C/TJ)	C Fraction Oxidized During Use (ODU factor) (fraction)	D CO_2 Emissions (tonne CO_2)	E CO_2 Emissions (Gg CO_2)
			D = A * B * C * 44/12	E = D/10^3

Lampiran 3. 22 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor industri elektronik , kategori 2E1 – *Integrated Circuit* (IC) atau Semikonduktor

Sector	**Industrial Processes and Product Use**				
Category	**Electronics Industry - Integrated Circuit or Semiconductor**				
Category Code	**2E1**				
Sheet	**1 of 1**				
Fluorinated Compounds (FCs)	A Fraction of Annual Plant Production Capacity Utilization [1] (fraction)	B Annual Manufacturing Design Capacity [1] (Gm^2 of silicon processed)	C Tier 1 Default FC Emission Factor [2] (kg FC/m^2 of silicon processed)	D CO_2 Equivalent Conversion Factor [3] (tonne CO_2 /tonne FC)	E FC Emissions [4] (Gg CO_2 equivalent)
					$E = A * B * C * D * 10^3$
CF_4			0,9		
C_2F_6			1		
CHF_3			0,04		
C_3F_8			0,05		
NF_3			0,04		
SF_6			0,2		
Total					

1) The same value should be entered in each row.
2) In using Tier 1, inventory compilers should not modify, in any way, the set of the FCs assumed here. Inventory compilers should not combine emissions estimated using Tier 1 method with emissions estimated using the Tier 2 or 3 methods. Neither may inventory compilers change the values of any factors in this column.
3) Typically, global warming potential (100 year time horizon) identified in the IPCC Assessment Report can be used. These factors should be the same as those used for other sectors/categories to ensure that they are all internally consistent in the inventory.
4) The Tier 1 method, unlike the Tier 3 or 2 methods, is designed to give an aggregated estimate of FC emissions although its methodology appears to produce gas-specific emissions.

Lampiran 3. 23 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor industri elektronik , kategori 2E2 – *TFT Flat Panel Display*

Sector	**Industrial Processes and Product Use**				
Category	**Electronics Industry - TFT Flat Panel Display**				
Category Code	**2E2**				
Sheet	**1 of 1**				
Fluorinated Compounds (FCs)	A Fraction of Annual Plant Production Capacity Utilization [1] (fraction)	B Annual Manufacturing Design Capacity [1] (Gm^2 of glass processed)	C Tier 1 Default FC Emission Factor [2] (g FC/m^2 of glass processed)	D CO_2 Equivalent Conversion Factor [3] (tonne CO_2 /tonne FC)	E FC Emissions [4] (Gg CO_2 equivalent)
					E = A * B * C * D
CF_4			0,5		
NF_3			0,9		
SF_6			4		
Total					

1) The same value should be entered in each row.
2) In using Tier 1, inventory compilers should not modify, in any way, the set of the FCs assumed here. Inventory compilers should not combine emissions estimated using Tier 1 method with emissions estimated using the Tier 2 or 3 methods. Neither may inventory compilers change the values of any factors in this column.
3) Typically, global warming potential (100 year time horizon) identified in the IPCC Assessment Report can be used. These factors should be the same as those used for other sectors/categories to ensure that they are all internally consistent in the inventory.
4) The Tier 1 method, unlike the Tier 3 or 2 methods, is designed to give an aggregated estimate of FC emissions although its methodology appears to produce gas-specific emissions.

Lampiran 3. 24 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor industri elektronik , kategori 2E3 – Photovoltaics

Sector	**Industrial Processes and Product Use**		
Category	**Electronics Industry - Photovoltaics**		
Category Code	**2E3**		
Sheet	**1 of 2**		
Fluorinated Compounds (FCs)	A Fraction of Annual Plant Production Capacity Utilization [1)] (fraction)	B Annual Manufacturing Design Capacity [1)] (Mm^2 of substrate processed)	C Fraction of PV manufacture that uses fluorinated compounds (fraction)
CF_4			
C_2F_6			
Total			

1) The same value should be entered in each row.

Lampiran 3.24 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**		
Category	**Electronics Industry - Photovoltaics**		
Category Code	**2E3**		
Sheet	**2 of 2**		
Fluorinated Compounds (FCs)	D Tier 1 Default FC Emission Factor [1)] (g FC/m^2 of substrate processed)	E CO_2 Equivalent Conversion Factor [2)] (tonne CO_2 /tonne FC)	F FC Emissions [3)] (Gg CO_2 equivalent)
			$F = A * B * C * D * E / 10^3$
CF_4	5		
C_2F_6	0,2		
Total			

1) In using Tier 1, inventory compilers should not modify, in any way, the set of the FCs assumed here. Inventory compilers should not combine emissions estimated using Tier 1 method with emissions estimated using the Tier 2 or 3 methods. Neither may inventory compilers change the values of any factors in this column.
2) Typically, global warming potential (100 year time horizon) identified in the IPCC Assessment Report can be used. These factors should be the same as those used for other sectors/categories to ensure that they are all internally consistent in the inventory.
3) The Tier 1 method, unlike the Tier 3 or 2 methods, is designed to give an aggregated estimate of FC emissions although its methodology appears to produce gas-specific emissions.

Lampiran 3. 25 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor industri elektronik , kategori 2E3 – Fluida Pemindah Panas (*Heat Transfer Fluid*)

Sector	**Industrial Processes and Product Use**				
Category	**Electronics Industry - Heat Transfer Fluid**				
Category Code	**2E4**				
Sheet	**1 of 1**				
Fluorinated Compounds (FCs)	A Fraction of Annual Plant Production Capacity Utilization (fraction)	B Annual Manufacturing Design Capacity (Gm^2 of silicon consumed)	C Tier 1 Default FC Emission Factor [1] (kg C_6F_{14}/m^2 of silicon consumed)	D CO_2 Equivalent Conversion Factor [2] (tonne CO_2 /tonne C_6F_{14})	E FC Emissions [3] (Gg CO_2 equivalent)
					E = A * B * C * D * 10^3
C_6F_{14}			0,3		

1) Tier 1 default emission factor assumes heat transfer fluids have the same GWP and C_6F_{14} represents a suitable proxy. Inventory compilers should not change this value in using Tier 1 method.
2) Typically, global warming potential (100 year time horizon) identified in the IPCC Assessment Report can be used. These factors should be the same as those used for other sectors/categories to ensure that they are all internally consistent in the inventory.
3) The Tier 1 method, unlike the Tier 3 or 2 methods, is designed to give an aggregated estimate of FC emissions although its methodology appears to produce gas-specific emissions.

Lampiran 3. 26 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor penggunaan produk pengganti zat-zat yang menipiskan lapisan ozon (ODS) , kategori 2F4 – Aerosol

Sector	**Industrial Processes and Product Use**
Category	**Product Uses as Substitutes for Ozone Depleting Substances - Aerosols**
Category Code	**2F4**
Sheet	**1 of 1**

A Quantity of HFCs/PFCs Contained in Aerosol Products Sold in Inventory Year		B Quantity of HFCs/PFCs Contained in Aerosol Products Sold in Prior Year	C Emission Factor (Loss of Current Year's Use)	D Emissions of HFCs/PFCs from Aerosol Products	E Emissions of HFCs/PFCs from Aerosol Products
Chemical [1), 2)] (please specify)	(tonne)	(tonne)	(fraction)	(tonne)	(Gg)
				D = A * C + B * (1 - C)	$E = D/10^3$

1) For chemicals that are used for this application, see Table 7.1 in Chapter 7 of Volume 3.
2) Insert additional rows if necessary.

Lampiran 3. 27 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor penggunaan produk pengganti zat-zat yang menipiskan lapisan ozon (ODS) , kategori 2F5 – Pelarut (*solvent*)

Sector		**Industrial Processes and Product Use**			
Category		**Product Uses as Substitutes for Ozone Depleting Substances - Solvents**			
Category Code		**2F5**			
Sheet		**1 of 1**			
A Quantity of Solvents (HFCs/PFCs) Sold in Inventory Year		B Quantity of Solvents (HFCs/PFCs) Sold in Prior Year	C Emission Factor (Loss of Current Year's Use)	D Emissions of HFCs/PFCs from Solvents	E Emissions of HFCs/PFCs from Solvents
Chemical [1), 2)] (please specify)	(tonne)	(tonne)	(fraction)	(tonne)	(Gg)
				D = A * C + B * (1 - C)	$E = D/10^3$

1) For chemicals that are used for this application, see Table 7.1 in Chapter 7 of Volume 3.
2) Insert additional rows if necessary.

Lampiran 3. 28 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor penggunaan produk pengganti zat-zat yang menipiskan lapisan ozon (ODS) , kategori 2F6 – Penggunaan lainnya

Sector	**Industrial Processes and Product Use**
Category	**Product Uses as Substitutes for Ozone Depleting Substances - Other Applications**
Category Code	**2F6**
Sheet	**1 of 1**

A Quantity of HFCs/PFCs Sold in Inventory Year		B Quantity of HFCs/PFCs Sold in Prior Year	C Emission Factor (Loss of Current Year's Use)	D Emissions of HFCs/PFCs from Other Applications	E Emissions of HFCs/PFCs from Other Applications
Chemical [1), 2)] (please specify)	(tonne)	(tonne)	(fraction)	(tonne)	(Gg)
				D = A * C + B * (1 - C)	$E = D/10^3$
HFG					
HRF					
HTR					

1) For chemicals that are used for this application, see Table 7.1 in Chapter 7 of Volume 3.
2) Insert additional rows if necessary.

Lampiran 3. 29 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor Pembuatan produk lain dan penggunaannya , kategori 2G1 – Peralatan Listrik

Sector	**Industrial Processes and Product Use**		
Category	**Other Product Manufacture and Use - Electrical Equipment**		
Category Code	**2G1**		
Sheet	**1 of 5 Manufacturing Emissions of SF_6 1)**		
Type of Equipment	A Total SF_6 Consumption by Equipment Manufacturers (tonne SF_6)	B Manufacturing Emission Factor 2) (fraction)	C Manufacturing Emissions (tonne SF_6)
			C = A * B
Sealed-Pressure			
Closed-Pressure			
Gas-Insurated Transformers			
Total			

1) Emissions of PFCs can be estimated by the same calculation procedure.
2) Default emission factors depend on region for which emissions are being estimated. See Tables 8.2 through 8.4 in Chapter 8 of this volume.

Lampiran 3.29 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**		
Category	**Other Product Manufacture and Use - Electrical Equipment**		
Category Code	**2G1**		
Sheet	**2 of 5 Equipment Installation Emissions of SF_6 1)**		
Type of Equipment	D Total Nameplate Capacity of New Equipment Filled on Site (not at the factory) (tonne SF_6)	E Installation Emission Factor 2) (fraction)	F Equipment Installation Emissions (tonne SF_6)
			F = D * E
Sealed-Pressure			
Closed-Pressure			
Gas-Insurated Transformers			
Total			

1) Emissions of PFCs can be estimated by the same calculation procedure.
2) Default emission factors depend on region for which emissions are being estimated. See Tables 8.2 through 8.4 in Chapter 8 of this volume.

Lampiran 3.29 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**		
Category	**Other Product Manufacture and Use - Electrical Equipment**		
Category Code	**2G1**		
Sheet	**3 of 5 Equipment Use Emissions of SF_6 1)**		
Type of Equipment	G Total Nameplate Capacity of Installed Equipment (tonne SF_6)	H Use Emission Factor 2), 3) (fraction)	I Equipment Use Emissions (tonne SF_6)
			I = G * H
Sealed-Pressure			
Closed-Pressure			
Gas-Insurated Transformers			
Total			

1) Emissions of PFCs can be estimated by the same calculation procedure.
2) Default emission factors depend on region for which emissions are being estimated. See Tables 8.2 through 8.4 in Chapter 8 of this volume.
3) The 'use emission factor' includes emissions due to leakage, servicing, maintenance, and equipment failures.

Lampiran 3.29 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**		
Category	**Other Product Manufacture and Use - Electrical Equipment**		
Category Code	**2G1**		
Sheet	**4 of 5 Equipment Disposal Emissions of SF_6 1)**		
Type of Equipment	J Total Nameplate Capacity of Retiring Equipment (tonne SF_6)	K Fraction of SF_6 Remaining at Retirement 2) (fraction)	L Equipment Disposal Emissions (tonne SF_6)
			L = J * K
Sealed-Pressure			
Closed-Pressure			
Gas-Insurated Transformers			
Total			

1) Emissions of PFCs can be estimated by the same calculation procedure.
2) Default emission factors depend on region for which emissions are being estimated. See Tables 8.2 through 8.4 in Chapter 8 of this volume.

Lampiran 3.29 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**	
Category	**Other Product Manufacture and Use - Electrical Equipment**	
Category Code	**2G1**	
Sheet	**5 of 5 Total Emissions of SF_6 1)**	
Type of Equipment	M Total Emissions (tonne SF_6)	N Total Emissions (Gg SF_6)
	M = C + F + I + L	$N = M/10^3$
Sealed-Pressure		
Closed-Pressure		
Gas-Insurated Transformers		
Total		
1) Emissions of PFCs can be estimated by the same calculation procedure.		

Lampiran 3. 30 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor Pembuatan produk lain dan penggunaannya , kategori 2G2 – SF_6 dan PFCs dari penggunaan produk lainnya

Sector	**Industrial Processes and Product Use**		
Category	**Other Product Manufacture and Use - SF_6 and PFCs from Other Product Uses**		
Category Code	**2G2**		
Sheet	**1 of 7 SF_6 Emissions from Military Applications (AWACS)**		
A National AWACS Fleet (number of AWACS)	B Emission Factor (kg SF_6/plane)	C SF_6 Emissions (kg)	D SF_6 Emissions (Gg)
		C = A * B	D = C/10^6

Lampiran 3.30 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**				
Category	**Other Product Manufacture and Use - SF_6 and PFCs from Other Product Uses**				
Category Code	**2G2**				
Sheet	**2 of 7 SF_6 Emissions from University and Research Particle Accelerators**				
A Number of University and Research Particle Accelerators in the Country (number)	B SF_6 Use Factor (fraction)	C SF_6 Charge Factor (kg SF_6/particle accelerator)	D SF_6 Emission Factor (fraction)	E SF_6 Emissions (kg)	F SF_6 Emissions (Gg)
				E = A * B * C * D	F = E/10^6

Lampiran 3.30 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**				
Category	**Other Product Manufacture and Use - SF_6 and PFCs from Other Product Uses**				
Category Code	**2G2**				
Sheet	**3 of 7 SF_6 Emissions from Industrial and Medical Particle Accelerators**				
Process Description	A Number of Particle Accelerators that use SF_6 by Process Description in the Country (number)	B SF_6 Charge Factor (kg SF_6/particle accelerator)	C SF_6 Emission Factor (fraction)	D SF_6 Emissions (kg)	E SF_6 Emissions (Gg)
				D = A * B * C	E = D/10^6
Industrial Accelerator (High Voltage: 0.3-23 MV)					
Industrial Accelerator (Low Voltage: <0.3 MV)					
Medical					
Total					

Lampiran 3.30 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**
Category	**Other Product Manufacture and Use - SF_6 and PFCs from Other Product Uses**
Category Code	**2G2**
Sheet	**4 of 7 SF_6 Emissions [1] from Adiabatic Uses**

Type of Applications [2], [3] (please specify)	A Sales into application in year t-3 (tonne)	B SF_6 Emissions in year t (tonne)	C SF_6 Emissions in year t (Gg)
		B = A	C = B/10^3
Total			

1) Emissions of PFCs can be estimated by the same calculation procedure.
2) For example, car tires, sport shoe soles and tennis balls.
3) Insert additional rows, if necessary.

Lampiran 3.30 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**
Category	**Other Product Manufacture and Use - SF_6 and PFCs from Other Product Uses**
Category Code	**2G2**
Sheet	**5 of 7 SF_6 Emissions from Sound-Proof Glazing**

A SF_6 Purchased to Fill Windows Assembled in Inventory Year (tonne SF_6)	B Assembly Emission Factor (fraction)	C Assembly Emissions (tonne SF_6)	D Capacity of Existing Windows in Inventory Year (tonne SF_6)	E Leakage Emission Factor (fraction)	F Leakage Emissions (tonne SF_6)
		C = A * B			F = D * E

Lampiran 3.30 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Other Product Manufacture and Use - SF_6 and PFCs from Other Product Uses**			
Category Code	**2G2**			
Sheet	**6 of 7 SF_6 Emissions from Sound-Proof Glazing**			
G Amount Left in Windows at End of Lifetime (Disposed of in Inventory Year) (tonne SF_6)	H Recovery Factor [1] (fraction)	I Disposal Emissions (tonne SF_6)	J Total Emissions (tonne SF_6)	K Total Emissions (Gg SF_6)
		I = G * (1 - H)	J = C + F + I	$K = J/10^3$
1) Recovery factor is assumed to be zero unless country-specific information is available.				

Lampiran 3.30 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**			
Category	**Other Product Manufacture and Use - SF_6 and PFCs from Other Product Uses**			
Category Code	**2G2**			
Sheet	**7 of 7 Emissions of SF_6 and PFCs from Other Prompt Emissive Applications**			
Type of Applications [1, 2] (please specify)	A Sales into application in year t (tonne)	B Sales into application in year t-1 (tonne)	C Emissions in year t (tonne)	D Emissions in year t (Gg)
			C = 0.5 * (A + B)	$D = C/10^3$
Total				
1) For example, tracers and use in production of optical cables. 2) Insert additional rows, if necessary.				

Lampiran 3. 31 Lembar kerja (*worksheet*) perhitungan emisi GRK dari sektor Pembuatan produk lain dan penggunaannya , kategori 2G3 – N_2O dari penggunaan produk

Sector	**Industrial Processes and Product Use**		
Category	**Other Product Manufacture and Use - N_2O from Product Uses**		
Category Code	**2G3**		
Sheet	**1 of 2**		
Type of Applications	A Quantity of N_2O Supplied in this Application Type in Year t (tonne)	B Quantity of N_2O Supplied in this Application Type in Year t-1 (tonne)	C Emission Factor (fraction)
Medical Applications			
Propellant in Aerosol Products			
Other (please specify) 1)			
Total			
1) Insert additional rows, if necessary.			

Lampiran 3.31 Lanjutan

Sector	**Industrial Processes and Product Use**	
Category	**Other Product Manufacture and Use - N_2O from Product Uses**	
Category Code	**2G3**	
Sheet	**2 of 2**	
Type of Applications	D N_2O Emissions (tonne)	E N_2O Emissions (Gg)
	$D = (0.5 * A + 0.5 * B) * C$	$E = D/10^3$
Medical Applications		
Propellant in Aerosol Products		
Other (please specify) 1)		
Total		
1) Insert additional rows, if necessary.		