



**SALINAN**

PERATURAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA  
NOMOR 12 TAHUN 2012  
TENTANG  
PEDOMAN PENGHITUNGAN BEBAN EMISI KEGIATAN INDUSTRI MINYAK DAN  
GAS BUMI

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA,

- Menimbang : a. bahwa dalam rangka inventarisasi emisi kegiatan industri minyak dan gas bumi perlu dilakukan penghitungan beban emisi;
- b. bahwa penghitungan beban emisi kegiatan industri minyak dan gas bumi harus menggunakan metode yang disetujui oleh Menteri;
- c. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a dan huruf b serta untuk melaksanakan ketentuan Pasal 20 ayat (5) Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, perlu menetapkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup tentang Pedoman Penghitungan Beban Emisi Kegiatan Industri Minyak dan Gas Bumi;
- Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 140, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5059);
2. Peraturan Presiden Nomor 91 Tahun 2011 tentang Perubahan Ketiga Atas Peraturan Presiden Nomor 47 Tahun 2009 tentang Pembentukan dan Organisasi Kementerian Negara (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2011 Nomor 141);
3. Peraturan Presiden Nomor 92 Tahun 2011 tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Presiden Nomor 24 Tahun 2010 tentang Kedudukan, Tugas dan Fungsi Kementerian Negara Serta Susunan Organisasi, Tugas dan Fungsi Eselon I Kementerian Negara (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2011 Nomor 142);
4. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 13 Tahun 2009 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas Bumi;
5. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 16 Tahun 2010 tentang Organisasi dan Tata Kerja kementerian Lingkungan Hidup;

MEMUTUSKAN:

Menetapkan : PERATURAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP TENTANG PEDOMAN PENGHITUNGAN BEBAN EMISI KEGIATAN INDUSTRI MINYAK DAN GAS BUMI.

Pasal 1

Dalam Peraturan Menteri ini yang dimaksud dengan:

1. Emisi adalah gas NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, dan/atau partikulat yang dihasilkan dari kegiatan industri minyak dan gas bumi yang masuk dan dimasukkannya ke dalam udara ambien yang mempunyai dan/atau tidak mempunyai unsur pencemar.
2. Pembakaran dalam adalah pembakaran yang menghasilkan panas sebagai penggerak langsung mesin/peralatan.
3. Pembakaran luar adalah pembakaran yang menghasilkan panas untuk memanaskan cairan (*internal*) yang bekerja, seperti air atau uap, melalui dinding.
4. Suar bakar (*Flaring*) adalah pembakaran secara menerus maupun tidak dari gas-gas yang dihasilkan oleh kegiatan operasi minyak dan gas pada cerobong tetap (*stationary stack*) baik vertikal maupun horizontal.
5. Oksidasi thermal adalah unit proses pengolahan polutan gas yang mengandung gas kecut secara oksidasi panas atau insinerasi.
6. Unit penangkap sulfur (yang dilengkapi dengan *thermal oxidizer* (oksidasi termal) atau Insinerator) adalah unit proses pengolahan yang menyisihkan atau yang menangkap dan mengkonversi polutan gas yang mengandung sulfur menjadi produk dalam fasa liquid atau solid, sementara tail gas (gas ikutan) yang dihasilkan diolah melalui thermal oxidizer (oksidasi termal) atau Insinerator.
7. *Fugitive* adalah emisi dari kebocoran peralatan meliputi kebocoran katup, flensa (*flange*), pompa, kompresor, alat pelepas tekanan, jalur perpipaan terbuka (*open ended lines*), penghubung pipa (*connectors*), serta kebocoran dari peralatan proses produksi dan komponen-komponennya.
8. Tangki timbun adalah tangki tempat menimbun minyak sebelum minyak itu disalurkan atau dipindahkan ke tempat lain.
9. Kegiatan pemuatan (*loading*) dan bongkar muat (*unloading*) adalah pemindahan bahan bakar dari tangki timbun ke alat angkut atau sebaliknya.

10. Unit proses dehidrasi adalah sistem pelepasan hidrokarbon dan uap air yang diemisikan ke atmosfer yang berasal dari sistem pengeringan cairan yang memisahkan air dari gas atau gas alam cair.
11. Regenerator katalis unit perengkahan katalitik alir (*fluid catalytic cracking unit*) adalah proses konversi yang dipakai di kilang minyak untuk mengubah fraksi hidrokarbon dari minyak mentah dengan berat molekul dan titik didih tinggi menjadi bahan bakar dengan nilai produk yang lebih tinggi.
12. Unit pentawaran gas kecut CO<sub>2</sub> (*CO<sub>2</sub> removal unit*) adalah unit proses yang memisahkan CO<sub>2</sub> dari aliran gas kecut dengan mengontakkan gas tersebut dengan *liquid* (umumnya berupa amine).
13. Menteri adalah Menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup.

## Pasal 2

Peraturan Menteri ini bertujuan untuk memberikan standardisasi metodologi perhitungan beban emisi sebagai dasar laporan pemantauan untuk dijadikan data dasar total beban emisi dari industri migas kepada Menteri.

## Pasal 3

Penghitungan beban emisi sumber tidak bergerak bagi usaha dan/atau kegiatan minyak dan gas bumi dilakukan oleh penanggungjawab usaha dan/atau kegiatan pada sumber emisi:

- a. unit pembakaran dalam dan unit pembakaran luar;
- b. unit suar bakar;
- c. unit oksidasi termal (*thermal oxidizer*) dan insenerator gas kecut;
- d. unit penangkapan sulfur yang dilengkapi dengan *thermal oxidizer* atau insinerator;
- e. emisi fugitif dari kebocoran peralatan meliputi kebocoran katup, flensa (*flange*), pompa, kompresor, alat pelepas tekanan, jalur perpipaan terbuka (*open ended lines*), penghubung pipa (*connectors*), serta kebocoran dari peralatan proses produksi dan komponen-komponennya;
- f. tangki timbun;
- g. proses bongkar muat cairan hidrokarbon;

- h. regenerasi katalis unit perengkahan katalitik alir (*residual fluid catalitic cracking/RFCC*);
- i. dehidrasi glikol; dan
- j. unit pentawaran gas kecut CO<sub>2</sub> (*unit CO<sub>2</sub> Removal*).

#### Pasal 4

Penghitungan beban emisi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 menggunakan metode sebagaimana tercantum dalam Lampiran I yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri ini.

#### Pasal 5

- (1) Dalam hal penghitungan tidak menggunakan metode sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4, penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan mengajukan permohonan persetujuan penggunaan metode lain kepada Menteri.
- (2) Terhadap permohonan sebagaimana dimaksud pada ayat (1), Menteri melakukan evaluasi dan memberikan keputusan berupa persetujuan atau penolakan.

#### Pasal 6

- (1) Hasil penghitungan beban emisi dilaporkan kepada Menteri dengan tembusan kepada gubernur dan bupati/walikota paling sedikit 1 (satu) kali dalam 1 (satu) tahun.
- (2) Laporan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) merupakan bagian dari pelaksanaan kewajiban yang tercantum dalam izin perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup.
- (3) Laporan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) menggunakan format sebagaimana tercantum dalam Lampiran II yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri ini.

#### Pasal 7

Peraturan Menteri ini mulai berlaku pada tanggal diundangkan.

Agar setiap orang mengetahuinya, memerintahkan pengundangan Peraturan Menteri ini dengan penempatannya dalam Berita Negara Republik Indonesia.

Ditetapkan di Jakarta  
pada tanggal 3 Agustus 2012

MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP  
REPUBLIK INDONESIA,

ttd

BALTHASAR KAMBUAYA

Diundangkan di Jakarta  
pada tanggal 7 Agustus 2012

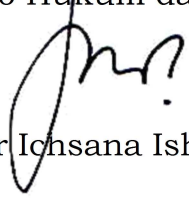
MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
REPUBLIK INDONESIA,

ttd

AMIR SYAMSUDDIN

BERITA NEGARA REPUBLIK INDONESIA TAHUN 2012 NOMOR 790

Salinan sesuai dengan aslinya  
Kepala Biro Hukum dan Humas,

  
Inar Ichsana Ishak

LAMPIRAN I  
PERATURAN MENTERI NEGARA  
LINGKUNGAN HIDUP  
REPUBLIK INDONESIA  
NOMOR 12 TAHUN 2012  
TENTANG  
PEDOMAN PENGHITUNGAN BEBAN  
EMISI KEGIATAN INDUSTRI MINYAK DAN  
GAS BUMI

METODE PENGHITUNGAN BEBAN EMISI

I. LATAR BELAKANG

Seiring dengan makin berkembangnya isu perubahan iklim dan pemanasan global di Indonesia, diperlukan kesadaran dari setiap industri yang menghasilkan emisi gas rumah kaca untuk berperan aktif dan terlibat lebih jauh dalam kegiatan pencegahan (*mitigation*) dan penyesuaian (*adaptation*), termasuk juga industri minyak dan gas bumi (migas). Salah satu tindakan nyata yang dapat dilakukan oleh industri migas adalah dengan mulai menghitung beban emisi gas rumah kaca yang dilepas ke atmosfer dari kegiatan migas. Data yang dihasilkan akan sangat bermanfaat dalam menghitung besarnya kontribusi emisi gas rumah kaca dari industri migas terhadap keseluruhan beban emisi yang dihasilkan oleh berbagai industri di Indonesia. Selain itu, data tersebut juga dapat digunakan sebagai *baseline* apabila pemerintah Indonesia memandang perlu untuk menyusun program pengurangan emisi gas rumah kaca dari industri migas.

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 13 tahun 2009 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas Bumi Pasal 6 dan Pasal 7 mewajibkan setiap penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan minyak dan gas bumi yang beroperasi di Indonesia melakukan inventarisasi emisi yang mencakup identifikasi sumber emisi dan perhitungan beban emisi parameter utama dan CO<sub>2</sub> dari sumber emisi tersebut. Akan tetapi hingga saat ini belum ada panduan ataupun acuan teknis yang jelas mengenai metodologi yang sebaiknya digunakan atau diacu untuk menghitung beban emisi. Beberapa penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan minyak dan gas bumi telah melakukan dan melaporkan hasil perhitungan emisinya kepada Kementerian Lingkungan Hidup berdasarkan panduan yang berasal dari kantor pusat perusahaan masing-masing. Sementara kebanyakan para penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan minyak dan gas bumi lainnya belum melakukan perhitungan emisi dikarenakan keterbatasan informasi mengenai metodologi yang dapat dijadikan acuan. Oleh karenanya, perlu disusun panduan ataupun acuan teknis yang dapat digunakan untuk menghitung emisi bagi industri migas. Dengan menggunakan panduan atau acuan teknis yang sama, maka total beban emisi antar perusahaan dapat dibandingkan secara setara.

II. MAKSUD DAN TUJUAN

Maksud dan tujuan disusunnya panduan metodologi perhitungan beban emisi bagi kegiatan migas ini adalah:

- a. konsistensi dan standarisasi metodologi perhitungan beban emisi untuk keperluan pelaporan kepada Kementerian Lingkungan Hidup dan lembaga terkait lainnya sehingga data yang dikumpulkan dapat

- dibandingkan secara setara dan dapat dijadikan *baseline* total beban emisi dari industri migas;
- b. keseragaman ruang lingkup sumber-sumber emisi dari kegiatan migas yang beban emisinya dihitung;
  - c. kegiatan perhitungan emisi tidak menjadi beban bagi perusahaan migas dalam skala kecil yang belum memiliki acuan sehingga salah satu ketentuan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 13 tahun 2009 dapat ditaati.

### III. RUANG LINGKUP SUMBER-SUMBER EMISI DAN METODOLOGI PERHITUNGAN

Perhitungan beban emisi kegiatan migas mencakup sumber-sumber emisi sebagaimana ditampilkan pada Tabel III-1 di bawah ini:

Tabel III-1 Sumber-Sumber Emisi Kegiatan Migas

| No | Sumber emisi              | Definisi   | Peralatan  |
|----|---------------------------|--|--|
| 1. | Pembakaran Dalam dan Luar | <p>Pembakaran dalam adalah pembakaran yang menghasilkan panas sebagai penggerak langsung mesin/peralatan.</p> <p>Pembakaran luar adalah pembakaran yang menghasilkan panas untuk memanaskan cairan (<i>internal</i>) yang bekerja, seperti air atau uap, melalui dinding mesin/peralatan atau <i>heat exchanger</i>.</p> | <p>a. Pembakaran dalam</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Turbin gas adalah mesin berbahan bakar cair maupun gas yang menggunakan aliran gas untuk menggerakkan bilah-bilah turbin yang terdiri dari kompresor, pembakar, dan turbin pembangkit tenaga,</li> <li>2) Mesin pembakaran dalam atau motor bakar adalah mesin berbahan bakar cair maupun gas yang mengubah energi panas menjadi energi mekanis dengan menggunakan mesin timbal balik secara pengapian dengan percikan (<i>spark ignition</i>) atau pengapian dengan tekanan (<i>compressor ignition</i>).</li> </ol> <p>b. Ketel Uap atau pembangkit uap</p> |

| No | Sumber emisi  | Definisi   | Peralatan   |
|----|---|--|---|
|    |   |  | dan pemanas proses ataupun pengolahan panas adalah peralatan berbahan bakar cair maupun gas yang berfungsi menghasilkan air panas dan/atau uap untuk kebutuhan pemindahan energi lainnya.   |
| 2. | <i>Flaring</i> (Suar Bakar)   | Pembakaran secara menerus maupun tidak dari gas-gas yang dihasilkan oleh kegiatan operasi minyak dan gas pada cerobong tetap ( <i>stationary stack</i> ) baik vertikal maupun horizontal.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>a. suar bakar bertekanan rendah (<i>low pressure flare</i>)</li> <li>b. suar bakar bertekanan menengah (<i>medium pressure flare</i>)</li> <li>c. suar bakar bertekanan tinggi (<i>high pressure flare</i>)</li> </ul>   |
| 3. | <i>Thermal Oxidizer</i> dan Insinerator   | Unit proses pengolahan polutan gas yang mengandung gas kecut secara oksidasi panas atau insinerasi.  | -   |
| 4. | Unit Penangkap Sulfur (yang dilengkapi dengan <i>Thermal Oxidizer</i> atau Insinerator) | Unit proses pengolahan yang menyisihkan atau menangkap dan mengkonversi polutan gas yang mengandung sulfur menjadi produk dalam fasa liquid atau solid, sementara <i>tail gas</i> yang dihasilkan diolah melalui <i>Thermal Oxidizer</i> atau Insinerator. | <ul style="list-style-type: none"> <li>a. unit penangkap sulfur yang terdiri dari sistem amina (<i>amine</i>) dan oksidasi termal (<i>thermal oxidizer</i>) atau insinerator.</li> <li>b. unit penangkap sulfur yang terdiri dari sistem amina (<i>amine</i>), sistem <i>claus</i> dan <i>thermal oxidizer</i> atau insinerator.</li> </ul> |
| 5. | <i>Fugitive</i>   | Emisi dari kebocoran peralatan meliputi kebocoran katup, flensa ( <i>flange</i> ), pompa, kompresor,   | <ul style="list-style-type: none"> <li>a. flensa (<i>flange</i>)</li> <li>b. katup (<i>valve</i>)</li> <li>c. seal pompa (<i>pump seals</i>)</li> <li>d. seal kompresor (<i>compressor seals</i>)</li> </ul>  |



| No  | Sumber emisi   | Definisi   | Peralatan   |
|-----|--|--|---|
|     |  | alat pelepas tekanan, <i>open ended lines</i> , <i>connectors</i> , serta kebocoran dari peralatan proses produksi dan komponen-komponennya.   | e. penghubung pipa ( <i>connector</i> )<br>f. jalur perpipaan terbuka ( <i>open ended lines</i> )   |
| 6.  | Tangki Timbun  | Tangki tempat menimbun minyak sebelum minyak itu disalurkan atau dipindahkan ke tempat lain.   | a. tangki timbun berbentuk kerucut beratap tetap ( <i>Fixed cone roof tank</i> )<br>b. tangki timbun beratap apung ( <i>Floating roof tank</i> )<br>c. tangki timbun beratap kubah ( <i>Dome roof tank</i> )<br>d. tangki timbun posisi horisontal ( <i>Horizontal tank</i> ) |
| 7.  | Kegiatan <i>Loading</i> dan <i>Unloading</i>   | Pemindahan bahan bakar dari tangki timbun ke alat angkut atau sebaliknya.  | -   |
| 8.  | Unit Proses Dehidrasi  | Sistem pelepasan hidrokarbon dan uap air yang diemisikan ke atmosfer yang berasal dari sistem pengeringan cairan yang memisahkan air dari gas atau gas alam cair.  | a. pelepasan (lubang angin) dehidrasi glikol ( <i>glycol dehydrator vent</i> )<br>b. pelepasan (lubang angin) pengering dehidrasi ( <i>desiccant dehydrator vent</i> )  |
| 9.  | Regenator Katalis Unit Perengkahan Katalitik Alir ( <i>Fluid Catalytic Cracking Unit</i> ) | Proses konversi yang dipakai di kilang minyak untuk mengubah fraksi hidrokarbon dari minyak mentah dengan berat molekul dan titik didih tinggi menjadi bahan bakar dengan nilai produk yang lebih tinggi | -   |
| 10. | Unit Pentawaran Gas Kecut CO <sub>2</sub> ( <i>CO<sub>2</sub> Removal Unit</i> )           | Unit proses yang memisahkan CO <sub>2</sub> dari aliran gas kecut dengan mengontakkan gas  | -   |

| No | Sumber emisi | Definisi                                      | Peralatan |
|----|--------------|---|-----------|
|    |              | tersebut dengan liquid (umumnya berupa amine) |           |

Secara garis besar, terdapat beberapa pilihan untuk menghitung beban emisi yang dipilih berdasarkan ketersediaan data input sebagai berikut:

- faktor emisi yang dipublikasikan (*published*);
- faktor emisi peralatan dari *manufacture*;
- perhitungan teknis;
- simulasi proses atau pemodelan komputer;
- pemantauan terhadap berbagai kondisi dan faktor emisi yang mempengaruhinya;
- pemantauan emisi atau parameter yang diperlukan untuk menghitung emisi secara periodik atau terus menerus.

Dalam perhitungan beban emisi, tingkat akurasi hasil perhitungan ditentukan oleh keakurasian data input. Oleh karenanya, untuk memudahkan perkiraan tingkat akurasi hasil perhitungan beban emisi, digunakan konsep Tier. Semakin tinggi tingkat Tier akan semakin tinggi akurasinya. Sebagai contoh, Tier 1 akan lebih rendah tingkat akurasinya dibanding Tier 2 dan juga Tier 3.

#### IV. PERHITUNGAN BEBAN EMISI DARI UNIT PEMBAKARAN DALAM DAN UNIT PEMBAKARAN LUAR

##### A. Parameter Emisi

Parameter beban emisi yang dihitung dari unit pembakaran dalam (turbin dan mesin pembakaran dalam) dan unit pembakaran luar (ketel uap atau pembangkit uap dan pemanas proses) adalah parameter gas rumah kaca dan parameter utama yang merujuk pada Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 13 Tahun 2009 sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4-1.

Tabel VII-2 Parameter Beban Emisi Unit Pembakaran Dalam dan Luar

| Gas Rumah Kaca  | Parameter Utama<br>(Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 13 Tahun 2009) |
|---|--|
| a. CO <sub>2</sub><br>b. CH <sub>4</sub><br>c. N <sub>2</sub> O | a. SO <sub>x</sub><br>b. NO <sub>x</sub><br>c. PM                                  |

Perhitungan beban emisi dari unit pembakaran luar (ketel uap atau pembangkit uap dan pemanas proses) untuk parameter CH<sub>4</sub> *tidak dilakukan* jika unit dioperasikan untuk menghasilkan gas buang atau emisi yang mengandung *excess O<sub>2</sub>* sebagaimana tabel 4-2 berikut:

Tabel VII-3 *Excess O2* dari Unit Pemanas Proses Tipe *Natural-Draft* atau *Forced-Draft* dimana Perhitungan CH<sub>4</sub> tidak Dilakukan (diekstraksi dari API 560 "*Fired Heaters for General Refinery Service*")

| TABEL 2 SISA UDARA YANG DIREKOMENDASIKAN / O <sub>2</sub> * |                    |                  |                         |             |
|---|--------------------|------------------|-------------------------|-------------|
| Tipe Draft  | Bahan Bakar        | Sisa Udara,<br>% | Sisa O <sub>2</sub> , % |             |
|   |                    |                  | Dasar Kering            | Dasar Basah |
| Natural   | Minyak Bahan Bakar | 25               | 4,38                    | 4,01        |
| Natural   | Gas alam           | 20               | 3,82                    | 3,21        |
| Buatan  | Minyak bahan bakar | 20               | 3,65                    | 3,33        |
| Buatan  | Gas alam           | 15               | 3,00                    | 2,50        |

## B. Pembagian Tier dan Metodologi

Perhitungan beban emisi pada unit pembakaran dalam dan luar menggunakan rumus dasar berikut:

$$E_i = FC \times EF$$

(Rumus 1)

Keterangan:

E<sub>i</sub> = emisi komponen i (ton).

i = parameter emisi yang dihitung (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, PM).

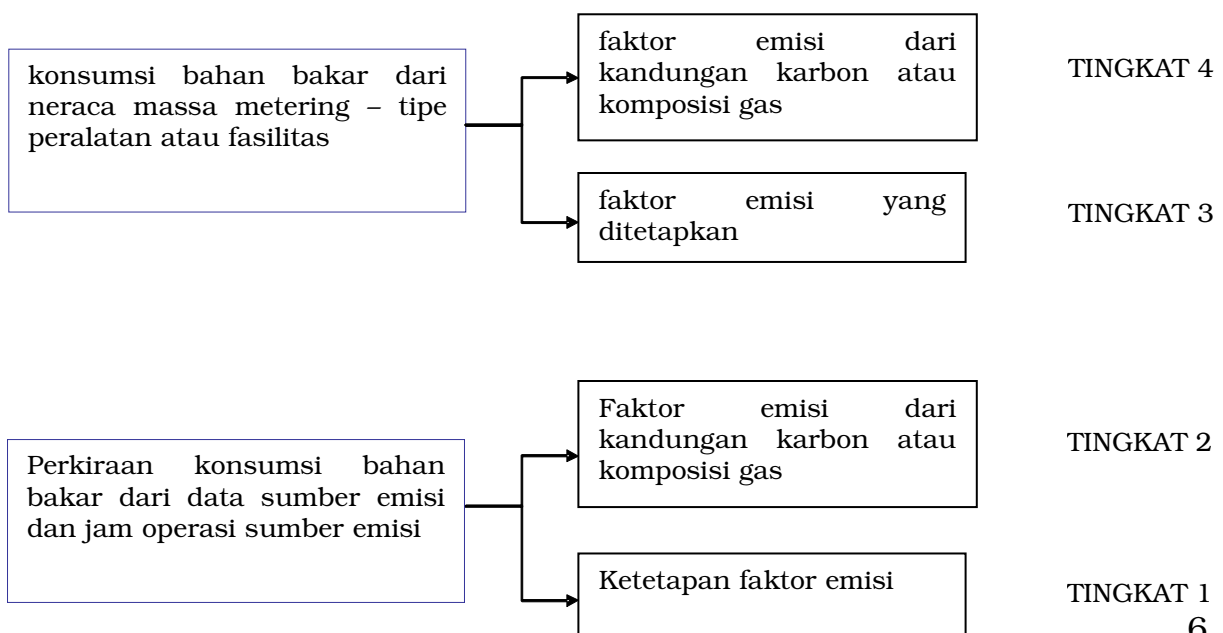
FC = pemakaian bahan bakar (scf atau ltr).

EF = faktor emisi dari data kandungan karbon/gas komposisi atau faktor emisi baku yang dipublikasikan dari berbagai referensi (API Compendium, Oil & Gas Producers – OGP, US EPA, dan lain-lain).

Perbandingan antara beberapa faktor emisi baku dari API Compendium dan OGP menunjukkan bahwa perbedaan nilai faktor emisi dari kedua referensi tersebut tidak signifikan.

Perhitungan beban emisi pada unit pembakaran dalam dan luar dilakukan berdasarkan ketersediaan data dan faktor emisi yang digunakan dalam berbagai Tier. Masing-masing Tier memiliki tingkat akurasi hasil perhitungan yang berbeda. Semakin rendah nilai Tier, semakin rendah tingkat akurasi hasil perhitungannya karena estimasi data yang digunakan pada perhitungan lebih kasar. Contoh: Tier 1 memiliki tingkat akurasi hasil perhitungan beban emisi yang lebih rendah dibandingkan Tier 2.

### 1. Perhitungan Beban Emisi CO<sub>2</sub>




a. Tier 1

Perhitungan beban emisi berdasarkan estimasi pemakaian bahan bakar dengan mengkonversi output energi menjadi input energi dan menggunakan faktor emisi baku yang dipublikasikan dari berbagai referensi. Tier 1 diterapkan jika tidak ada alat ukur yang menunjukkan pemakaian aktual bahan bakar baik untuk suatu fasilitas maupun suatu peralatan atau yang memungkinkan perhitungan pemakaian bahan bakar dari neraca massa.

Rumus estimasi pemakaian bahan bakar dengan mengkonversi output energi menjadi input energi:

1) Turbin atau Mesin Pembakaran Dalam

$$FC = ER \times LF \times OT \times ETT \times \frac{1}{HV}$$


  
 Energy Input (Btu/yr)

(Rumus 2a)

Keterangan:

FC = pemakaian bahan bakar per tahun (vol/yr).

ER = *equipment rating* (hp).

LF = faktor beban peralatan (fraksi).

OT = waktu operasi per tahun (hr/yr).

HV = *fuel higher* atau *lower heating value* - HHV atau LHV (Btu/volume), jika *heating value* tidak diketahui dapat diperoleh dari API Compendium (Table 4-2).

ETT = *equipment thermal efficiency*, dapat diperoleh dari API Compendium (Tabel 4-3) jika *manufacturing book* atau dokumen spesifikasi alat tidak ada (Btu<sub>input</sub>/hp-hr<sub>output</sub> - HHV atau LHV basis).

Tabel VII-4 Nilai kalor Berdasarkan Bahan Bakar (API Compendium 2009)

| Bahan Bakar              | Kepadatan yang Khas           |                              | Nilai kalor yang Lebih Tinggi                 |  | Nilai kalor yang Lebih Rendah               |   | Karbon, % by wt      |
|--------------------------|-------------------------------|------------------------------|---|--|---|---|----------------------|
|                          |                               |                              |   |  |   |   |                      |
| Asetilen                 | 0,0686<br>lb/ft <sup>3a</sup> | 1,10<br>kg/m <sup>3</sup>    | 1,47x10 <sup>3</sup><br>Btu/ft <sup>3a</sup>  | 5,9x10 <sup>7</sup><br>J/m <sup>3</sup>      | 1,33x10 <sup>3</sup><br>Btu/ft <sup>3</sup> | 4,97x10 <sup>7</sup><br>J/m <sup>3</sup>  | 92,3                 |
| Aspal dan Minyak Jalan   | 8,61<br>lb/gal <sup>b</sup>   | 1032,09<br>kg/m <sup>3</sup> | 6,64x10 <sup>6</sup><br>Btu/bbl <sup>b</sup>  | 4,40x10 <sup>7</sup><br>J/m <sup>3</sup>     | 6,30x10 <sup>6</sup><br>Btu/bbl             | 4,18x10 <sup>10</sup><br>J/m <sup>3</sup> | 83,47 <sup>b</sup>   |
| Gas Aviasi               | 5,89<br>lb/gal <sup>b</sup>   | 705,74<br>kg/m <sup>3</sup>  | 5,05x10 <sup>6</sup><br>Btu/bbl <sup>b</sup>  | 3,35<br>x10 <sup>7</sup><br>J/m <sup>3</sup> | 4,80x10 <sup>6</sup><br>Btu/bbl             | 3,18x10 <sup>10</sup><br>J/m <sup>3</sup> | 85,00 <sup>b</sup>   |
| Butana (cairan)          | 4,86<br>lb/gal                | 582,93<br>kg/m <sup>3</sup>  | 4,33x10 <sup>6</sup><br>Btu/bbl <sup>b</sup>  | 2,87<br>x10 <sup>7</sup><br>J/m <sup>3</sup> | 4,11x10 <sup>6</sup><br>Btu/bbl             | 2,73x10 <sup>10</sup><br>J/m <sup>3</sup> | 82,8 <sup>b</sup>    |
| Antrasit, Batubara       | No data <sup>o</sup>          | No data                      | 1,13 x10 <sup>6</sup><br>Btu/bbl <sup>b</sup> | 2,63<br>x10 <sup>7</sup><br>J/m <sup>3</sup> | 1,07 x10 <sup>4</sup><br>Btu/bbl            | 2,49x10 <sup>7</sup><br>J/kg              | No data <sup>c</sup> |
| Batubara, Beraspal       | No data <sup>o</sup>          | No data                      | 1,19 x10 <sup>6</sup><br>Btu/bbl <sup>b</sup> | 2,78<br>x10 <sup>7</sup><br>J/m <sup>3</sup> | 1,13x10 <sup>4</sup><br>Btu/bbl             | 2,64x10 <sup>10</sup><br>J/m <sup>3</sup> | No data <sup>c</sup> |
| Minyak Mentah            | 7,29<br>lb/gal <sup>b</sup>   | 873,46<br>kg/m <sup>3</sup>  | 5,80 x10 <sup>6</sup><br>Btu/bbl <sup>b</sup> | 3,87<br>x10 <sup>7</sup><br>J/m <sup>3</sup> | 5,51x10 <sup>6</sup><br>Btu/bbl             | 3,66x10 <sup>10</sup><br>J/m <sup>3</sup> | 84,8 <sup>b</sup>    |
| Minyak Sulingan (Diesel) | 7,07<br>lb/gal <sup>b</sup>   | 847,31<br>kg/m <sup>3</sup>  | 5,83 x10 <sup>6</sup><br>Btu/bbl <sup>b</sup> | 1,94<br>x10 <sup>7</sup><br>J/m <sup>3</sup> | 5,53x10 <sup>6</sup><br>Btu/bbl             | 3,67x10 <sup>10</sup><br>J/m <sup>3</sup> | 86,3 <sup>b</sup>    |

| Bahan Bakar                        | Kepadatan yang Khas         |                          | Nilai kalor yang Lebih Tinggi  |  | Nilai kalor yang Lebih Rendah   |   | Karbon, % by wt                |
|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|--|--|---|---|--------------------------------|
|                                    |                             |                          |  |  |   |   |                                |
| Etana (cairan)                     | 3,11 lb/gal                 | 372,62 kg/m <sup>3</sup> | 2,92 x10 <sup>6</sup> Btu/bbl <sup>b</sup>   | 3,99 x10 <sup>7</sup> J/m <sup>3</sup>   | 2,77x10 <sup>6</sup> Btu/bbl  | 1,84x10 <sup>10</sup> J/m <sup>3</sup>  | 80,0 <sup>b</sup>              |
| Minyak Bahan Bakar #4              | 7,59 lb/gal <sup>d</sup>    | 909,48 kg/m <sup>3</sup> | 6,01 x10 <sup>6</sup> Btu/bbl <sup>b</sup>   | 2,76 x10 <sup>7</sup> J/m <sup>3</sup>   | 5,71x10 <sup>6</sup> Btu/bbl  | 3,79x10 <sup>10</sup> J/m <sup>3</sup>  | 86,4 <sup>b</sup>              |
| Iso butana                         | 4,69 lb/gal                 | 561,59 kg/m <sup>3</sup> | 4,16 x10 <sup>6</sup> Btu/bbl <sup>b</sup>   | 2,76 x10 <sup>7</sup> J/m <sup>3</sup>   | 3,95x10 <sup>6</sup> Btu/bbl  | 2,62x10 <sup>10</sup> J/m <sup>3</sup>  | 82,8 <sup>b</sup>              |
| Bahan Bakar Jet                    | 6,81 lb/gal <sup>b</sup>    | 815,56 kg/m <sup>3</sup> | 5,67 x10 <sup>6</sup> Btu/bbl <sup>b</sup>   | 3,76 x10 <sup>7</sup> J/m <sup>3</sup>   | 5,39x10 <sup>6</sup> Btu/bbl  | 3,57x10 <sup>10</sup> J/m <sup>3</sup>  | 86,30 <sup>b</sup>             |
| Minyak Tanah                       | 6,83 lb/gal <sup>b</sup>    | 818,39 kg/m <sup>3</sup> | 5,67 x10 <sup>6</sup> Btu/bbl <sup>b</sup>   | 3,76 x10 <sup>7</sup> J/m <sup>3</sup>   | 5,39x10 <sup>6</sup> Btu/bbl  | 3,57x10 <sup>10</sup> J/m <sup>3</sup>  | 86,01 <sup>b</sup>             |
| Batubara Muda                      | No data <sup>o</sup>        | No data                  | 6,43 x10 <sup>6</sup> Btu/bbl <sup>b</sup>   | 1,50 x10 <sup>7</sup> J/kg   | 6,11x10 <sup>6</sup> Btu/bbl  | 1,42x10 <sup>7</sup> J/kg   | No data <sup>c</sup>           |
| LPG <sup>o</sup>                   | Lihat catatan kaki          |                          |  |  |   |   |                                |
| Lubrikan                           | 7,52 lb/gal <sup>b</sup>    | 900,70 kg/m <sup>3</sup> | 6,07 x10 <sup>6</sup> Btu/bbl <sup>b</sup>   | 4,02x10 <sup>7</sup> J/m <sup>3</sup>  | 5,76x10 <sup>6</sup> Btu/bbl  | 3,82x10 <sup>10</sup> J/m <sup>3</sup>  | 85,80 <sup>b</sup>             |
| Aneka Ragam Produk <sup>f</sup>    | 7,29 lb/gal <sup>b</sup>    | 873,46 kg/m <sup>3</sup> | 5,80 x10 <sup>6</sup> Btu/bbl <sup>b</sup>   | 3,85x10 <sup>7</sup> J/m <sup>3</sup>  | 5,51x10 <sup>6</sup> Btu/bbl  | 3,65x10 <sup>10</sup> J/m <sup>3</sup>  | 85,49 <sup>b</sup>             |
| Bensin Motor <sup>g</sup>          | 6,20 lb/gal <sup>b</sup>    | 742,39 kg/m <sup>3</sup> | 5,25 x10 <sup>6</sup> Btu/bbl <sup>b</sup>   | 3,49x10 <sup>7</sup> J/m <sup>3</sup>  | 4,99x10 <sup>6</sup> Btu/bbl  | 3,31x10 <sup>10</sup> J/m <sup>3</sup>  | 86,60 <sup>b</sup>             |
| Gas Alam (diolah)                  | 0,042 lb/ft <sup>3h</sup>   | 0,6728 kg/m <sup>3</sup> | 1,020 Btu/ft <sup>3h</sup><br>1,004 Btu/ft <sup>3h</sup><br>1,027 Btu/ft <sup>3h</sup> | 3,80x10 <sup>7</sup> J/m <sup>3</sup><br>3,74x10 <sup>7</sup> J/m <sup>3h</sup><br>3,83x10 <sup>7</sup> J/m <sup>3</sup> | 918 Btu/ft <sup>3</sup><br>903 Btu/ft <sup>3</sup><br>924 Btu/ft <sup>3</sup> | 3,42x10 <sup>7</sup> J/m <sup>3</sup><br>3,37x10 <sup>7</sup> J/m <sup>3</sup><br>3,44x10 <sup>7</sup> J/m <sup>3</sup> | 76wt% <sup>C<sup>h</sup></sup> |
| Gas Alam (mentah/tidak diolah)     |                             |                          | 1,235 Btu/ft <sup>3h</sup>   | 4,60x10 <sup>7</sup> J/m <sup>3h</sup>   | 1.111 Btu/ft <sup>3</sup>   | 4,14 x10 <sup>7</sup> J/m <sup>3</sup>  |                                |
| Cairan Gas Alam (NGL) <sup>e</sup> | Lihat catatan kaki          |                          |  |  |   |   |                                |
| Bensin Alamif                      | 5,54 lb/gal <sup>b</sup>    | 663,70 kg/m <sup>3</sup> | 4,62x10 <sup>6</sup> Btu/bbl <sup>b</sup>  | 3,07 x10 <sup>7</sup> J/m <sup>3</sup>   | 4,39x10 <sup>6</sup> Btu/bbl  | 2,91x10 <sup>10</sup> J/m <sup>3</sup>  | 83,70 <sup>b</sup>             |
| Pentana Plus                       | 5,54 lb/gal <sup>b</sup>    | 663,70 kg/m <sup>3</sup> | 4,62x10 <sup>6</sup> Btu/bbl <sup>b</sup>  | 3,07 x10 <sup>7</sup> J/m <sup>3</sup>   | 4,39x10 <sup>6</sup> Btu/bbl  | 2,91x10 <sup>10</sup> J/m <sup>3</sup>  | 83,70 <sup>b</sup>             |
| Bahan Baku Petrokimia              | 5,95 lb/gal <sup>b</sup>    | 712,49 kg/m <sup>3</sup> | 5,25x10 <sup>6</sup> Btu/bbl <sup>bj</sup>   | 3,48 x10 <sup>7</sup> J/m <sup>3</sup>   | 4,99x10 <sup>6</sup> Btu/bbl  | 3,31x10 <sup>10</sup> J/m <sup>3</sup>  | 84,11 <sup>b</sup>             |
| Kokas Minyak Bumi <sup>f</sup>     | No data <sup>b</sup>        | No data                  | 6,02x10 <sup>6</sup> Btu/bbl <sup>b</sup>  | 4,00 x10 <sup>7</sup> J/m <sup>3</sup>   | 5,72x10 <sup>6</sup> Btu/bbl  | 3,80x10 <sup>10</sup> J/m <sup>3</sup>  | 92,28 <sup>b</sup>             |
| Bahan Bakar                        | Tingkat Kepadatan yang Khas |                          | Nilai kalor yang Lebih Tinggi (HHV)  |  | Nilai kalor yang Lebih Rendah (LHV)   |   | Karbon, % by wt                |
| Minyak Lilin                       | 6,76 lb/gal <sup>b</sup>    | 809,50 kg/m <sup>3</sup> | 5,54x10 <sup>6</sup> Btu/bbl <sup>b</sup>  | 3,67x10 <sup>7</sup> J/m <sup>3</sup>  | 5,26x10 <sup>6</sup> Btu/bbl  | 3,49x10 <sup>10</sup> J/m <sup>3</sup>  |                                |
| Propana (gas)                      | 0,12 lb/ft <sup>3</sup>     | 1,90 kg/m <sup>3</sup>   | 2.516,1 x10 <sup>6</sup> Btu/bbl <sup>a</sup>  | 9,37x10 <sup>7</sup> J/m <sup>3</sup>  | 2.314,9 Btu/ft <sup>3a</sup>  | 8,63x10 <sup>10</sup> J/m <sup>3</sup>  | 81,8 <sup>b</sup>              |
| Propana (cairan)                   | 4,22 lb/gal                 | 505,61 kg/m <sup>3</sup> | 3,82 x10 <sup>6</sup> Btu/bbl <sup>b</sup>   | 2,54x10 <sup>7</sup> J/m <sup>3</sup>  | 3,63x10 <sup>6</sup> Btu/bbl  | 2,41x10 <sup>10</sup> J/m <sup>3</sup>  | 81,8 <sup>b</sup>              |
| Sisa Minyak #5                     | 7,93 lb/gal <sup>d</sup>    | 950,22 kg/m <sup>3</sup> | 6,30 x10 <sup>6</sup> Btu/bbl <sup>d</sup>   | 4,18x10 <sup>7</sup> J/m <sup>3d</sup>   | 5,99x10 <sup>6</sup> Btu/bbl  | 3,97x10 <sup>10</sup> J/m <sup>3</sup>  | 88,7 <sup>d</sup>              |
| Sisa Minyak #6 <sup>1</sup>        | 8,29 lb/gal <sup>b</sup>    | 992,8 kg/m <sup>3</sup>  | 6,29x10 <sup>6</sup> Btu/bbl <sup>b</sup>  | 4,17x10 <sup>7</sup> J/m <sup>3</sup>  | 5,97x10 <sup>6</sup> Btu/bbl  | 3,96x10 <sup>10</sup> J/m <sup>3</sup>  | 85,68 <sup>b</sup>             |

| Bahan Bakar               | Kepadatan yang Khas      |                          | Nilai kalor yang Lebih Tinggi             |   | Nilai kalor yang Lebih Rendah |  | Karbon, % by wt      |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---|---|-------------------------------|--|----------------------|
|                           |                          |                          |   |   |                               |  |                      |
| Nafta Khusus              | 6,46 lb/gal <sup>b</sup> | 774,49 kg/m <sup>3</sup> | 5,25x10 <sup>6</sup> Btu/bbl <sup>b</sup> | 3,48x10 <sup>10</sup> J/m <sup>3b</sup> | 4,99x10 <sup>6</sup> Btu/bbl  | 3,31x10 <sup>10</sup> J/m <sup>3</sup> | 84,76 <sup>b</sup>   |
| Still gas                 | No data <sup>b</sup>     | No data                  | 6,00x10 <sup>6</sup> Btu/bbl <sup>b</sup> | 3,98x10 <sup>10</sup> J/m <sup>3</sup>  | 5,70x10 <sup>6</sup> Btu/bbl  | 3,78x10 <sup>10</sup> J/m <sup>3</sup> | No data <sup>b</sup> |
| Minyak yang belum selesai | 7,29 lb/gal <sup>b</sup> | 873,46 kg/m <sup>3</sup> | 5,83x10 <sup>6</sup> Btu/bbl <sup>b</sup> | 3,87x10 <sup>10</sup> J/m <sup>3</sup>  | 5,53x10 <sup>6</sup> Btu/bbl  | 3,67x10 <sup>10</sup> J/m <sup>3</sup> | 85,49 <sup>b</sup>   |

Seluruh LHV berasal dari HHV. Untuk mengkonversi HHV ke LHV, konversi yang diasumsikan untuk minyak yang mengandung gas adalah  $LHV=(0.9) \times (HHV)$ ; untuk zat padat atau cairan konversi yang diasumsikan adalah  $LHV=(0.95) \times (HHV)$ . Harap diingat bahwa nilai yang disajikan dalam tabel ini diambil dari berbagai sumber. Sebagai hasilnya, properti dan asumsi bahan bakar yang melekat diasosiasikan dengan setiap bahan bakar akan menjadi berbeda. Nilai dalam unit sumber asli tercantum dalam catatan kaki; nilai tambahan berasal dari sumber nilai asli.

Catatan kaki dan sumber:

<sup>a</sup> Asosiasi Pemasok Prosesor Gas, *Engineering Data Book*, Volume II, 1987.

<sup>b</sup> Administrasi Informasi Energi, Dokumentasi untuk Emisi Gas Rumah Kaca di Amerika Serikat 2006, Tabel 6-5 dan 6-7, Oktober 2008. Kepadatan diberikan sebagai gravitasi atau bbl/tonne dan dikonversikan

<sup>c</sup> Badan Perlindungan Lingkungan (*Environment Protection Agency/EPA*) Amerika Serikat, Inventori Emisi Gas Rumah Kaca dan Kemerostan: 1990-2007, Lampiran, Tabel A-251, 15 April 2009

<sup>d</sup> *North American Combustion Handbook, Volume I: Combustion Fuels, Stoichiometry, Heat transfer, Fluid Flow*, ISBN 0-9601596-2-2, Third Edition, Cleveland, Ohio, 1986.

<sup>e</sup> LPG and NGL dicampur dalam berbagai hidrokarbon (misalnya etana, propana, isobutana), setiap zat tersebut dengan kandungan panasnya, kepadatannya, dan kandungan karbonnya sendiri. Campuran properti sebaiknya dikalkulasikan menggunakan metode yang disebutkan pada bagian 3.6.4

<sup>f</sup> terminologi didefinisikan dalam glosarium

<sup>g</sup> Bensin motor termasuk bensin konvensional, seluruh tipe dari bensin beroksigen (termasuk gasohol), dan bensin yang diformulasikan kembali, tetapi tidak termasuk bensin untuk penerbangan.

<sup>h</sup> EPA AP-42, Bagian 1.4, Natural Gas Combustion, 1998.

<sup>i</sup> Asosiasi Prosedur Minyak Kanada (Canada Association of Petroleum Procedures/CAPP), *Calculating Greenhouse Gas Emissions*, Tabel 1-5, Asosiasi Prosedur Minyak Kanada, Publication Number 2003-03, April 2003.

<sup>j</sup> Parameter disajikan untuk naftan dengan temperatur mendidih kurang dari 400°F. Bahan baku Petrokimia dengan titik didih lebih tinggi diasumsikan memiliki karakteristik yang sama dengan bahan bakar yang didestilasi.

<sup>k</sup> Penghitungan menggunakan metodologi yang disediakan oleh *API Measurement of Petroleum Measurement Standards*, Bab 14 – Pengukuran Cairan Gas Alam, Bagian 5 – Penghitungan dari Nilai Kalor Kotor, Gravititas Khusus dan Daya Tekan Gas Alam Campur dari Analisis Komposisional, ANSI/API 14.5-1981, First Edition, Januari 1981, Ditetapkan kembali Maret 2002.

<sup>l</sup> Nilai ditunjukkan untuk Sisa Bahan Bakar, yang didefinisikan dalam teks dari dokumen referensi sebagai minyak bahan bakar no. 6

Tabel VII-5 *Thermal Efficiency* Berdasarkan Tipe Peralatan (API Compendium 2009)

| Tipe Generator                                    | Tipe Bahan Bakar | Unit Asli | Unit yang Dikonversikan |                      |                        |           |                      |
|---|------------------|-----------|-------------------------|----------------------|------------------------|-----------|----------------------|
|   |                  | Dasar HHV |                         |                      | Dasar LHV <sup>c</sup> |           |                      |
|   |                  | Btu/kW-hr | Btu/hp-hr               | J (input)/ J (hasil) | Btu/kW-hr              | Btu/hp-hr | J (input)/ J (hasil) |
| Turbin Pembakaran Lanjutan <sup>a</sup>           | Tidak ditentukan | 9.289     | 6.927                   | 2,722                |                        |           |                      |
| Siklus kombinasi gas/minyak lanjutan <sup>a</sup> | Tidak ditentukan | 6.572     | 5.035                   | 1,979                |                        |           |                      |

| Tipe Generator  | Tipe Bahan Bakar       | Unit Asli          | Unit yang Dikonversikan |                     |                        |             |                     |
|---|------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|-------------|---------------------|
|   |                        | Dasar HHV          |                         |                     | Dasar LHV <sup>c</sup> |             |                     |
|   |                        | Btu/kW-hr          | Btu/hp-hr               | J (input)/J (hasil) | Btu/kW-hr              | Btu/hp-hr   | J (input)/J (hasil) |
| Siklus kombinasi gas/minyak lanjutan dengan Penyitaan Karbon <sup>a</sup>                     | Tidak ditentukan       | 8.613              | 6.423                   | 2,524               |                        |             |                     |
| Biomassa <sup>a</sup>   | Tidak ditentukan       | 8.911              | 6.645                   | 2,612               |                        |             |                     |
| Kombinasi Panas dan Tenaga <sup>c</sup>   | Gas Alami              | 5.000-6.000        | 3.729-4.474             | 1,465-1,758         | 4.750-5.700            | 3.542-4.250 | 1,392-1,671         |
| Gabungan poros siklus tunggal <sup>b</sup>  | Gas Alami              | 8.952              | 6.676                   | 2,624               | 8.057                  | 6.008       | 2,361               |
| Gabungan Siklus Uap Turbin dengan Tembakan Tambahan <sup>b</sup>                              | Tidak ditentukan       | 10.229             | 7.628                   | 2,998               | 9.206                  | 6.865       | 2,698               |
| Turbin Pembakaran Konvensional  | Tidak ditentukan       | 10.833             | 8.078                   | 3,175               |                        |             |                     |
| Siklus Gabungan Minyak/Gas Konvensional <sup>a</sup>  | Tidak ditentukan       | 7.196              | 5.366                   | 2,109               |                        |             |                     |
| Turunan yang Didistribusikan – Beban Dasar <sup>a</sup>                                       | Tidak ditentukan       | 9.200              | 6.860                   | 2,696               |                        |             |                     |
| Puncak - Turunan yang Didistribusikan <sup>a</sup>  | Tidak ditentukan       | 10.257             | 7.649                   | 3,006               |                        |             |                     |
| Sel bahan bakar <sup>a</sup>  | Tidak ditentukan       | 7.930              | 5.913                   | 2,342               |                        |             |                     |
| Turbin Gas <sup>b</sup>   | Gas Propana Cair       | 13.503             | 10.069                  | 3,957               | 12.828                 | 9.566       | 3.759               |
|   | Gas Alam               | 13.918             | 10.379                  | 4,079               | 12.526                 | 9.341       | 3,671               |
|   | Kilang Gas             | 15.000             | 11.186                  | 4,396               | 13.500                 | 10.067      | 3,956               |
| Geotermal <sup>a</sup>  | Tidak Ditetapkan       | 35.376             | 26.380                  | 10,368              |                        |             |                     |
| Batubara Yang Terintegrasi – Gasifikasi Siklus Gabungan <sup>a</sup>                          | Tidak ditentukan       | 8.765              | 6.536                   | 2,569               |                        |             |                     |
| Batubara Yang Terintegrasi – Gasifikasi Siklus Gabungan dengan Penyerapan Karbon <sup>a</sup> | Tidak ditentukan       | 10.781             | 8.039                   | 3,160               |                        |             |                     |
| Mesin Pembakaran Internal   | Bensind                | 9.387 (dikonversi) | 7.000 (Unit asli)       | 2,751               | 8.918                  | 6.650       | 2,614               |
|   | Gas Alamb              | 10.358             | 7.858                   | 3,088               | 9.484                  | 7.072       | 2,780               |
|   | Minyak Bahan Bakar No. | 10.847             | 8.089                   | 3,179               | 10.305                 | 7.684       | 3,020               |

| Tipe Generator                       | Tipe Bahan Bakar         | Unit Asli | Unit yang Dikonversikan |                     |                        |           |                     |
|--------------------------------------|--------------------------|-----------|-------------------------|---------------------|------------------------|-----------|---------------------|
|                                      |                          | Dasar HHV |                         |                     | Dasar LHV <sup>c</sup> |           |                     |
|                                      |                          | Btu/kW-hr | Btu/hp-hr               | J (input)/J (hasil) | Btu/kW-hr              | Btu/hp-hr | J (input)/J (hasil) |
|                                      | 2b                       |           |                         |                     |                        |           |                     |
|                                      | Kilang Gas <sup>b</sup>  | 14.000    | 10.440                  | 4,103               | 12.600                 | 9.396     | 3,693               |
| Tipe Generator                       | Tipe Bahan Bakar         | Unit Asli | Unit yang Dikonversikan |                     |                        |           |                     |
|                                      |                          | Dasar HHV |                         |                     | Dasar LHV              |           |                     |
|                                      |                          | Btu/kW-hr | Btu/hp-hr               | J (input)/J (hasil) | Btu/kW-hr              | Btu/hp-hr | J (input)/J (hasil) |
| Menggosok Batubara Baru <sup>a</sup> | Tidak ditentukan         | 9.200     | 6.860                   | 2,696               |                        |           |                     |
| Turbin Uap (Ketel Uap) <sup>b</sup>  | Batubara (antrasit)      | 11.792    | 8.793                   | 3,456               | 11,202                 | 8.354     | 3,283               |
|                                      | Batubara (beraspal)      | 9.941     | 7.413                   | 2,913               | 9,444                  | 7.042     | 2,768               |
|                                      | Batubara muda            | 10.933    | 8.153                   | 3,204               | 10,386                 | 7.745     | 3,044               |
|                                      | Batubara (sub-bituminus) | 10.354    | 7.721                   | 3,034               | 9,836                  | 7.335     | 2,883               |
|                                      | Gas Propama cair         | 14.200    | 10.589                  | 4,162               | 13,490                 | 10.059    | 3,954               |
|                                      | Gas Alam                 | 10.502    | 7.831                   | 3,078               | 9,452                  | 7.048     | 2,770               |
|                                      | Minyak Bahan Bakar No. 2 | 8.653     | 6.453                   | 2,536               | 8,220                  | 6.130     | 2,409               |
|                                      | Sampah, ampas, non-kayu  | 13.706    | 10.221                  | 4,017               | 13,021                 | 9.710     | 3,816               |
|                                      | Kayu dan Limbah Kayu     | 15.725    | 11.726                  | 4,609               | 14,939                 | 11.140    | 4,378               |

Catatan Kaki dan Sumber:

a Adminitrasi Informasi Energi (*Energy Information Administration/EIA*), *Assumptions to the Annual Energy Outlook 2008*, Tabel 38: *Heat Rate in 2007*, Juni 2008. Tipe bahan bakar tidak ditentukan; asumsi tingkat panas sama dengan semua tipe bahan bakar.

b Program Perbaikan Inventaris Energi (*Emission Inventory Improvement Program/EIIP*), *Guidance for Emissions Inventory Development, Volume VII: Estimating Greenhouse Gas Emissions*, Komite Gas Rumah Kaca EIIP, Oktober 1999, Tabel 1.5-2

c Asumsi hasil ke masukan konversi energi berdasarkan pengalaman terbaik industri

d EPA, AP-42, Suplemen A, B, dan C, Tabel 3.3-1, Oktober 1996.

e Untuk Tipe Generator di mana tipe tidak ditentukan, nilai dasar HHV sebaiknya dilipatgandakan 0,90 kali (untuk bahan bakar berupa gas) atau 0,95 (untuk bahan bakar padat atau cair) untuk mengkonversi ke nilai dasar LHV, sepantasnya untuk bahan bakar yang digunakan.

## 2) Ketel uap atau pembangkit uap dan pemanas proses

$$FC = Q \times LF \times OT \times \frac{1}{HV}$$

Energy Input (Btu/yr)

(Rumus 2b)

keterangan:

FC = pemakaian bahan bakar per tahun (vol/yr).

Q = design capacity (MMBTU/hr).



- LF = faktor beban peralatan (fraksi).  
 OT = waktu operasi per tahun (hr/yr).  
 HV = *fuel higher* atau *lower heating value* - HHV atau LHV (Btu/volume), jika *heating value* tidak diketahui dapat diperoleh dari API Compendium (Table 4-2).

Tabel VII-6 Faktor Emisi CO<sub>2</sub> (*Fuel-Based*) untuk Unit Pembakaran (API Compendium 2009)

| Bahan Bakar   | Faktor Karbon Emisi dari Dokumen Sumber Asli |   |  | Faktor Emisi CO <sub>2</sub> <sup>a,b</sup> , Unit-Unit Us |                               | Faktor Emisi CO <sub>2</sub> <sup>a,b</sup> , Unit - Unit SI |                              |
|---|--|---|--|--|-------------------------------|--|------------------------------|
|   | Faktor Emisi                                 |   | Sumber <sup>c</sup>  | Ton/10 <sup>6</sup> Btu (LHV)                              | Ton/10 <sup>6</sup> Btu (HHV) | Ton/10 <sup>12</sup> J (LHV)                                 | Ton/10 <sup>12</sup> J (HHV) |
| Gas Penerbangan                                       | 18,87  | MMTC/10 <sup>15</sup> Btu;<br>Tg/10 <sup>15</sup> Btu;<br>Kg C/MMBtu      | Tabel 6-1, EIA, 2008;<br>Tabel A-34 EPA, 2009;<br>Tabel 12.1, TCR, 2008. | 0,0728   | 0,0692                        | 69,0   | 65,6                         |
| Bitumen   | 22,0   | Kg C/10 <sup>9</sup> J (LHV)  | Tabel 1.3, IPCC, 2007  | 0,0851   | 0,0809                        | 80,7   | 76,6                         |
| Kokas   | 31,00  | Kg C/MMBtu  | Tabel B-1, EPA, 2008;<br>Tabel 12.1, TCR, 2008.                          | 0,1199   | 0,1139                        | 113,7  | 108,0                        |
| Kokas (Batu Bara yang dipanaskan, Batubara Muda, Gas) | 29,2   | kg C/10 <sup>9</sup> J (LHV)  | Tabel 1.3, IPCC, 2007  | 0,1130   | 0,1073                        | 107,1  | 101,7                        |
| Minyak Mentah   | 20,33  | MMTC/10 <sup>15</sup> Btu; atau<br>Tg/10 <sup>15</sup> Btu;<br>Kg C/MMBtu | Tabel 6-1, EIA, 2008;<br>Tabel A-34 EPA, 2009;<br>Tabel 12.1, TCR, 2008. | 0,0785   | 0,0745                        | 74,4   | 70,7                         |
| Minyak Destilasi (#1,2,4)                             | 19,95  | MTC/10 <sup>15</sup> Btu; atau<br>Tg/10 <sup>15</sup> Btu;<br>Kg C/MMBtu  | Tabel 6-1, EIA, 2008;<br>Tabel A-34 EPA, 2009;<br>Tabel 12.1, TCR, 2008. | 0,0770   | 0,0732                        | 73,0   | 69,3                         |
| Peralatan Elektrik Batubara                           | No data <sup>c</sup>                         |   | Tabel 6-1, EIA, 2008;  | 0,0997   | 0,0947                        | 94,5   | 89,8                         |
|   | 25,76  | Tg/10 <sup>15</sup> Btu;<br>Kg C/MMBtu                                    | Tabel A-35 EPA, 2009;<br>Tabel 12.1, TCR, 2008.                          | 0,0994   | 0,0945                        | 94,2   | 89,5                         |
| Etanol <sup>d</sup>                                   | 19,3   | Kg C/10 <sup>9</sup> J (LHV)  | Tabel 1.3, IPCC, 2007  | 0,0747   | 0,0709                        | 70,8   | 67,2                         |
| Gas Rendah Btu Flexicoker                             | 278  | Lb CO <sub>2</sub> /10 <sup>6</sup> Btu (LHV)                             | Data Industri Petroleum  | 0,1261   | 0,1135                        | 119,5  | 107,6                        |
| Minyak Bahan Bakar #4                                 | 45,8   | Lb C/10 <sup>6</sup> Btu  | Berasal dari data properti bahan bakar pada Tabel3-8                     | 0,0802   | 0,0762                        | 76,0   | 72,2                         |
| Minyak Diesel/Gas <sup>e</sup>                        | 20,2   | kg C/10 <sup>9</sup> J (LHV)  | Tabel 1.3, IPCC, 2007  | 0,0781   | 0,0742                        | 74,1   | 70,4                         |
| Bahan Bakar Jet                                       | 19,33  | MMTC/10 <sup>15</sup> Btu;  | Tabel 6-1, EIA, 2008;  | 0,0746   | 0,0709                        | 70,7   | 67,2                         |

| Bahan Bakar                                       | Faktor Karbon Emisi dari Dokumen Sumber Asli |  |   | Faktor Emisi CO <sub>2</sub> <sup>a,b</sup> , Unit-Unit Us |                               | Faktor Emisi CO <sub>2</sub> <sup>a,b</sup> , Unit – Unit SI |                              |
|---|--|--|---|--|-------------------------------|--|------------------------------|
|   | Faktor Emisi                                 |  | Sumber <sup>c</sup>   | Ton/10 <sup>6</sup> Btu (LHV)                              | Ton/10 <sup>6</sup> Btu (HHV) | Ton/10 <sup>12</sup> J (LHV)                                 | Ton/10 <sup>12</sup> J (HHV) |
|   |  | Tg/10 <sup>15</sup> Btu;<br>Kg C/MMBtu                               | Tabel A-34<br>EPA, 2009;<br>Tabel 12.1,<br>TCR, 2008.                             |  |                               |  |                              |
| Minyak Tanah                                      | 19,72  | MMTC/10 <sup>15</sup> Btu;<br>Tg/10 <sup>15</sup> Btu;<br>Kg C/MMBtu | Tabel 6-1,<br>EIA, 2008;<br>Tabel A-34<br>EPA, 2009;<br>Tabel 12.1,<br>TCR, 2008. | 0,0761   | 0,0723                        | 72,1   | 68,5                         |
| Batubara muda                                     | 26,30  | MMTC/10 <sup>15</sup> Btu;<br>Kg C/MMBtu                             | Tabel 6-2,<br>EIA, 2008;<br>Tabel A-34<br>EPA, 2009;<br>Tabel 12.1,<br>TCR, 2008. | 0,1015   | 0,0964                        | 96,2   | 91,4                         |
| Gas Petrokimia Cair (Liquefied Petroleum Gas/LPG) | No data <sup>c</sup>                         |  | Tabel 6-1,<br>EIA, 2008.  | 0,0656   | 0,0623                        | 62, 1  | 59,0                         |
|   | 17,23  | Kg C/MMBtu   | Tabel B-1<br>EPA, 2008;<br>Tabel 12.1,<br>TCR, 2008.                              | 0,0665   | 0,0632                        | 63,0   | 59,9                         |
| Butana (Normal)                                   | 17,71  | MMTC/10 <sup>15</sup> Btu;   | Tabel 1-5,<br>EIA, 2008.  | 0,0684   | 0,0649                        | 64,8   | 61,5                         |
|   | 17,72  | Tg/10 <sup>15</sup> Btu;<br>Kg C/MMBtu                               | Tabel A-42<br>EPA, 2009;<br>Tabel 12.1,<br>TCR, 2008.                             | 0,0684   | 0,0650                        | 64,8   | 61,6                         |
| Etana   | 16,25  | MMTC/10 <sup>15</sup> Btu;<br>Tg/10 <sup>15</sup> Btu;<br>Kg C/MMBtu | Tabel 1-5<br>EIA, 2008;<br>Tabel A-42<br>TCR, 2008.                               | 0,0627   | 0,0596                        | 59,4   | 56,5                         |
| Isobutana   | 17,75  | MMTC/10 <sup>15</sup> Btu;<br>Tg/10 <sup>15</sup> Btu;<br>Kg C/MMBtu | Tabel 1-5<br>EIA, 2008;<br>Tabel A-42<br>TCR, 2009.                               | 0,0685   | 0,0651                        | 64,9   | 61,7                         |
| Propana   | 17,20  | MMTC/10 <sup>15</sup> Btu;<br>Tg/10 <sup>15</sup> Btu;<br>Kg C/MMBtu | Tabel 1-5<br>EIA, 2008;<br>Tabel A-42<br>TCR, 2008.                               | 0,0664   | 0,0631                        | 62,9   | 59,8                         |
| Beragam Produk <sup>e,f</sup>                     | No data <sup>c</sup>                         |  | Tabel 6-1,<br>EIA, 2008.  | 0,0785   | 0,0745                        | 74,4   | 70,7                         |
| Bensin Motor (bensin)                             | 19,33  | Tg/10 <sup>15</sup> Btu;<br>Kg C/MMBtu                               | Tabel 6-1,<br>EIA, 2008;<br>Tabel A-34<br>EPA, 2009;<br>Tabel 12.1,<br>TCR, 2008. | 0,0746   | 0,0709                        | 70,7   | 67,2                         |
| Nafta (<401°F)                                    | 18,14  | Tg/10 <sup>15</sup> Btu;<br>Kg C/MMBtu                               | Tabel A-34<br>EPA, 2009;<br>Tabel 12.1,<br>TCR, 2008.                             | 0,0700   | 0,0665                        | 66,4   | 63,0                         |
| Cairan Gas Alam                                   | 17,5   | kg C/10 <sup>9</sup> J (LHV)   | Tabel 1.3,<br>IPCC, 2007  | 0,0677   | 0,0643                        | 64,2   | 61,0                         |
| Cairan Gas Alam (Saluran Pipa) <sup>g</sup>       | 14,47  | Tg/10 <sup>15</sup> Btu;<br>Kg C/MMBtu                               | Tabel 6-1,<br>EIA, 2008;<br>Tabel B-1<br>EPA, 2008;<br>Tabel 12.1,<br>TCR, 2008.  | 0,0590   | 0,0531                        | 55,9   | 50,3                         |

| Bahan Bakar  | Faktor Karbon Emisi dari Dokumen Sumber Asli |  | Faktor Emisi CO <sub>2</sub> <sup>a,b</sup> , Unit-Unit Us         |                               | Faktor Emisi CO <sub>2</sub> <sup>a,b</sup> , Unit – Unit SI |                              |      |
|--|--|--|--|-------------------------------|--|------------------------------|------|
|  | Faktor Emisi                                 | Sumber <sup>c</sup>  | Ton/10 <sup>6</sup> Btu (LHV)                                      | Ton/10 <sup>6</sup> Btu (HHV) | Ton/10 <sup>12</sup> J (LHV)                                 | Ton/10 <sup>12</sup> J (HHV) |      |
| Gas Alam (Berkobar 1.130 Btu/dasar scf) <sup>h</sup> | No data <sup>c</sup>                         |  | Tabel 6-1, EIA, 2008.  | 0,0608                        | 0,0547   | 57,6                         | 51,9 |
| Batubara Bituminus Lainnya                           | 25,8   | kg C/10 <sup>9</sup> J (LHV)                                   | Tabel 1.3, IPCC, 2007  | 0,0998                        | 0,0948   | 94,6                         | 89,9 |
| Minyak Lainnya (<401°F)                              | 19,95  | Tg/10 <sup>15</sup> Btu; Kg C/MMBtu                            | Tabel A-34 EPA, 2009; Tabel 12.1, TCR, 2008.                       | 0,0770                        | 0,0732   | 73,0                         | 69,3 |
| Pentana Plus   | 18,24  | Tg/10 <sup>15</sup> Btu; Kg C/MMBtu                            | Tabel A-34 EPA, 2009; Tabel 12.1, TCR, 2008                        | 0,0704                        | 0,0669   | 66,7                         | 63,4 |
| Kokas Minyak Bumi <sup>i</sup>                       | 27,85  | MMTC/10 <sup>15</sup> Btu; Tg/10 <sup>15</sup> Btu; Kg C/MMBtu | Tabel 6-1, EIA, 2008; Tabel A-34 EPA, 2009; Tabel 12.1, TCR, 2008. | 0,1075                        | 0,1021   | 101,9                        | 96,8 |
| Kilang Gas   | 15,7   | kg C/10 <sup>9</sup> J (LHV)                                   | Tabel 1.3, IPCC, 2007  | 0,0607                        | 0,0547   | 57,6                         | 51,8 |
| Minyak Sisa #5                                       | 46,9   | lb C/10 <sup>6</sup> Btu                                       | Berasal dari data property bahan bakar pada Tabel 3-8              | 0,0821                        | 0,0780   | 77,8                         | 73,9 |
| Minyak Sisa #6 <sup>j</sup>                          | 21,49  | MMTC/10 <sup>15</sup> Btu; Tg/10 <sup>15</sup> Btu; Kg C/MMBtu | Tabel 6-1, EIA, 2008; Tabel A-34 EPA, 2009; Tabel 12.1, TCR, 2008. | 0,0829                        | 0,0788   | 78,6                         | 74,7 |
| Nafta Khusus   | 19,86  | Tg/10 <sup>15</sup> Btu; Kg C/MMBtu                            | Tabel A-34 EPA, 2009; Tabel 12.1, TCR, 2008.                       | 0,0767                        | 0,0728   | 72,7                         | 69,0 |
| Still Gas  | 17,51  | Tg/10 <sup>15</sup> Btu; Kg C/MMBtu                            | Tabel A-34 EPA, 2009; Tabel 12.1, TCR, 2008.                       | 0,1022                        | 0,0971   | 96,9                         | 92,0 |
| Batubara sub-bituminus                               | 26,48  | MMTC/10 <sup>15</sup> Btu; Tg/10 <sup>15</sup> Btu; Kg C/MMBtu | Tabel 6-2, EIA, 2008; Tabel A-35 EPA, 2009; Tabel 12.1, TCR, 2008. | 0,0785                        | 0,0745   | 74,4                         | 70,7 |
| Minyak yang belum diselesaikan <sup>e,t</sup>        | 20,33  | MMTC/10 <sup>15</sup> Btu; Tg/10 <sup>15</sup> Btu; Kg C/MMBtu | Tabel 6-1, EIA, 2008; Tabel A-34 EPA, 2009; Tabel 12.1, TCR, 2008. |                               |  |                              |      |

**Catatan Kaki dan Sumber:**

Administrasi Informasi Energi (*Energy Information Administration/EIA*). *Documentation for Emissions of Greenhouse Gas in the United States 2006*, DOE/EIA-0638(2006), Oktober 2008.  
 Administrasi Informasi Energi (*Energy Information Administration/EIA*). *Emissions of Greenhouse Gases in The United states 1987-1992*, DOE/EIA-0573, Oktober 1994.

Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (*Environment Protection Agency/EPA*). *Inventory of U.S Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-1997*, Lampiran-Lampiran, 15 April 2009.

Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (*Environment Protection Agency/EPA*). Pemimpin-pemimpin iklim. *Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance: Direct Emissions from Stationary Combustion Sources*. EPA 430-K-08-003, Mei 2008 (2008).

Panel Antar Pemerintah untuk Perubahan Iklim (*Intergovernmental Panel on Climate Change/IPCC*). *2006 IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories*, Volume 2, Bab1, 2006 Revisi April 2007.

<sup>a</sup> Faktor emisi CO<sub>2</sub> yang ditunjukkan berdasarkan asumsi Compendium API standar dari 100% oksidasi

<sup>b</sup> Untuk mengkonversi antara faktor emisi nilai kalor yang lebih tinggi dan yang lebih rendah, konversi yang diasumsikan untuk bahan bakar berupa gas adalah : (EF, HHV) = (0,9) x (EF, LHV), dan untuk zat padat atau cair asumsi konversi adalah: (EF, HHV) = (0.95) x (EF, LHV).

<sup>c</sup> Faktor-faktor dari EIA, 2008 Tabel 6-1 dan 6-2 disajikan dalam 10<sup>6</sup> dan 10<sup>15</sup> Btu

<sup>d</sup> Angka teoritis. Di bawah metode akuntansi GHG Internasional dikembangkan oleh IPCC, karbon biogenic dipertimbangkan sebagai bagian dari keseimbangan karbon alami dan tidak dimasukkan ke dalam konsentrasi atmosfer CO<sub>2</sub>

<sup>e</sup> Terminologi dijelaskan dalam Glosarium

<sup>f</sup> Kandungan karbon diasumsikan menjadi sama untuk Minyak Mentah (EIA, 2007).

<sup>g</sup> Koefisien Karbon Gas Alami berdasarkan pengukuran berat rata-rata nasional Amerika Serikat.

<sup>h</sup> gas yang berkobar diasumsikan kaya akan gas yang diasosiasikan, dengan kandungan energi sebesar 1.130 Btu/scf. Faktor tidak berlaku untuk nilai kalor gas yang lebih tinggi seperti gas yang diasosiasikan (gas masuk mentah) dengan nilai kalor sebesar 1300-1400 Btu/scf (EIA, 1994).

<sup>i</sup> harap diingat bahwa kokas katalis tidak sama dengan kokas minyak bumi/kokas yang dapat dipasarkan. Kokas katalis menunjuk ke kokas yang dibentuk dalam katalis sedangkan minyak bumi/kokas yang dapat dipasarkan merupakan kokas yang menjadi “produk akhir dari dekomposisi termal dalam proses kondensasi yang dipecahkan” (EIA, 2008b). Emisi karbon dioksida dari kokas katalis didiskusikan pada Bagian 5.

<sup>j</sup> Nilai yang dijelaskan pada dokumen referensi juga untuk minyak bahan bakar sisa No. 5 dan minyak bahan bakar No. 6

Tabel VII-7 Faktor Emisi CO<sub>2</sub> (*Fuel-Based*) untuk Unit Pembakaran (OGP Report No. 197)

| Emisi           | Unit    | <i>Fuel Based</i>     |                          |
|-----------------|---------|-----------------------|--------------------------|
|                 |         | <i>Gas combustion</i> | <i>Diesel combustion</i> |
| CO <sub>2</sub> | Ton/ton | 2.75                  | 3.2                      |

#### b. Tier 2

Perhitungan beban emisi berdasarkan estimasi pemakaian bahan bakar dengan mengkonversi output energi menjadi input energi dan menggunakan faktor emisi dari data kandungan karbon/gas komposisi. Tier 2 juga diterapkan jika tidak ada alat ukur yang menunjukkan pemakaian aktual bahan bakar baik untuk suatu fasilitas maupun suatu peralatan atau yang memungkinkan perhitungan pemakaian bahan bakar dari neraca massa.

Estimasi pemakaian bahan bakar dengan mengkonversi output energi menjadi input energi menggunakan Rumus 2a atau 2b di atas.

Rumus faktor emisi dari kandungan karbon/gas komposisi:

$$Wt\% C_i = \frac{\frac{12 \text{ lb C}}{\text{lbmole C}} \times \frac{X \text{ lbmole C}}{\text{lbmole } C_i}}{MW_{C_i} \left( \frac{\text{lb}}{\text{lbmole}} \right)} \times 100\%$$

(Rumus 3)

Keterangan:

- Wt%Ci = kandungan karbon dari komponen hidrokarbon i dalam persen berat.  
i = komponen hidrokarbon.  
12 lbC/lbmoleC = berat molekul karbon.  
X = koefisien *stoichiometry* dari karbon (contoh: X=3 untuk C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>).  
MWCi = berat molekul dari komponen hidrokarbon i.

$$Wt\% C_{mixture} = \frac{1}{100} \times \sum_{i=1}^{\#components} (Wt\%_i \times Wt\% C_i)$$

(Rumus 4)

Keterangan:

- Wt%Cmixture = kandungan karbon bahan bakar (%w/w) – *weighted average carbon* dari masing-masing komponen hidrokarbon.  
Wt%i = persen berat komponen hidrokarbon i %w/w komponen i.  
Wt%Ci = kandungan karbon dari komponen hidrokarbon i dalam persen berat, dihitung menggunakan Rumus 3.  
Penentuan faktor emisi dari kandungan karbon/gas komposisi hanya berlaku untuk faktor emisi CO<sub>2</sub>, tidak untuk faktor emisi parameter lainnya.

c. Tier 3

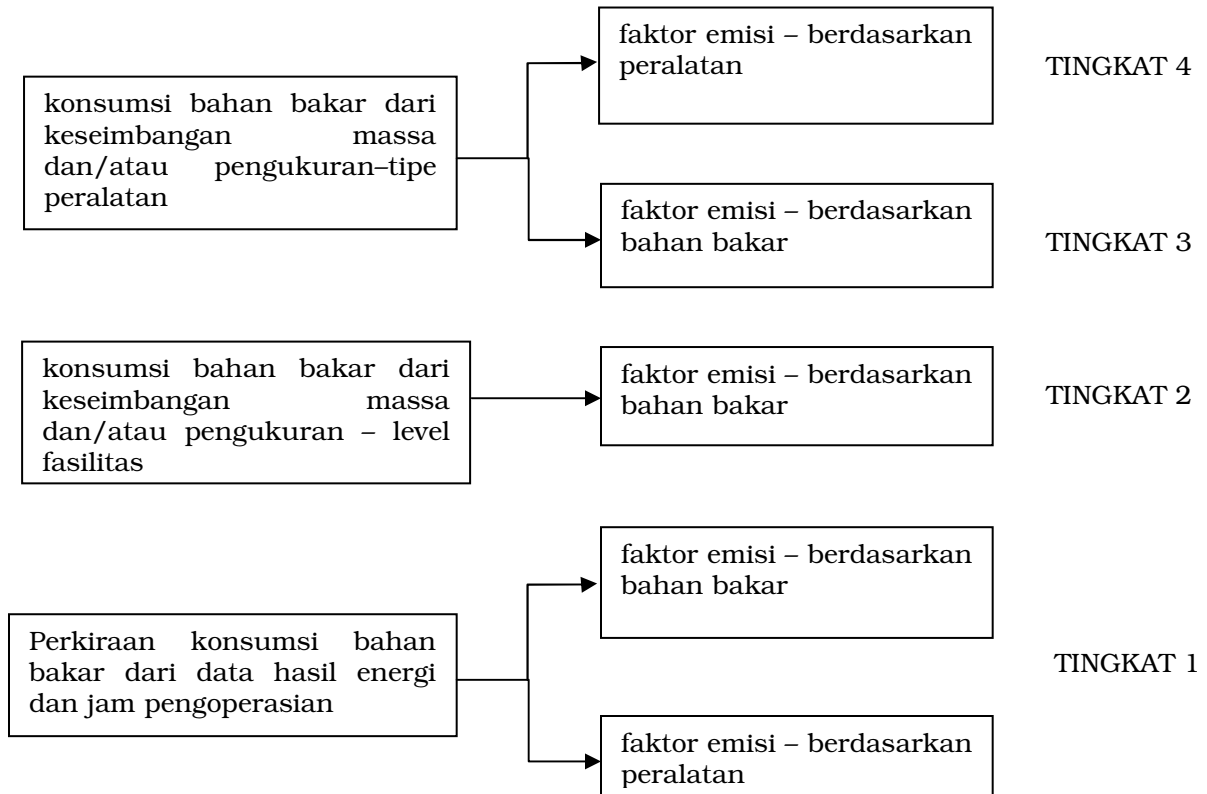
Perhitungan beban emisi berdasarkan pemakaian bahan bakar dari neraca massa dan/atau *metering* (pengukuran) pada level fasilitas maupun level peralatan dan menggunakan faktor emisi baku yang dipublikasikan dari berbagai referensi. Tier 3 diterapkan jika terdapat alat ukur untuk mengukur pemakaian aktual bahan bakar baik untuk suatu fasilitas maupun suatu peralatan atau yang memungkinkan perhitungan pemakaian bahan bakar dari neraca massa.

d. Tier 4

Perhitungan beban emisi berdasarkan pemakaian bahan bakar dari neraca massa dan/atau *metering* (pengukuran) pada level fasilitas maupun level peralatan dan menggunakan faktor emisi dari data kandungan karbon/gas komposisi. Tier 4 juga diterapkan jika terdapat alat ukur untuk mengukur pemakaian aktual bahan bakar baik untuk suatu fasilitas maupun suatu peralatan atau yang memungkinkan perhitungan pemakaian bahan bakar dari neraca massa.

Faktor emisi dari kandungan karbon/gas komposisi menggunakan Rumus 3 dan 4 di atas.

## 2. Perhitungan Beban Emisi CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O



### a. Tier 1

Perhitungan beban emisi berdasarkan estimasi pemakaian bahan bakar dengan mengkonversi output energi menjadi input energi dan menggunakan faktor emisi baku baik *fuel-based* maupun *equipment-based* yang dipublikasikan dari berbagai referensi.

Estimasi pemakaian bahan bakar dengan mengkonversi output energi menjadi input energi menggunakan Rumus 2a atau 2b di atas.

Tabel VII-8 Faktor Emisi CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O (*Fuel-Based*) untuk Unit Pembakaran (API Compendium 2009)

| Bahan Bakar                       | Faktor Emisi CH <sub>4</sub> <sup>b</sup> ,<br>Unit - Unit US |                                     | Faktor Emisi CH <sub>4</sub> <sup>b</sup> ,<br>Unit - Unit SI |                                 | Faktor Emisi N <sub>2</sub> O <sup>b</sup> ,<br>Unit - Unit US |                                     | Faktor Emisi N <sub>2</sub> O <sup>b</sup> ,<br>Unit - Unit SI |                                |
|-----------------------------------|---|-------------------------------------|---|---------------------------------|--|-------------------------------------|--|--------------------------------|
|                                   | Ton/10 <sup>6</sup><br>Btu<br>(LHV)                           | Ton/10 <sup>6</sup><br>Btu<br>(HHV) | Ton/10 <sup>12</sup><br>J (LHV)                               | Ton/10 <sup>12</sup><br>J (HHV) | Ton/10 <sup>6</sup><br>Btu<br>(LHV)                            | Ton/10 <sup>6</sup><br>Btu<br>(HHV) | Ton/10 <sup>12</sup><br>J (LHV)                                | Ton/10 <sup>12</sup><br>J(HHV) |
| Bensin Penerbangan/Bensin Jet     | 3,17E-06  | 3,01E-06                            | 3,00E-03  | 2,85E-03                        | 6,33E-07   | 6,01E-07                            | 6,00E-04   | 5,70E-04                       |
| Biogasoline                       | 3,17E-06  | 3,01E-06                            | 3,00E-03  | 2,85E-03                        | 6,33E-07   | 6,01E-07                            | 6,00E-04   | 5,70E-04                       |
| Biodiesel                         | 3,17E-06  | 3,01E-06                            | 3,00E-03  | 2,85E-03                        | 6,33E-07   | 6,01E-07                            | 6,00E-04   | 5,70E-04                       |
| Bitumen                           | 3,17E-06  | 3,01E-06                            | 3,00E-03  | 2,85E-03                        | 6,33E-07   | 6,01E-07                            | 6,00E-04   | 5,70E-04                       |
| Coke Oven dan Kokas Batubara Muda | 1,06E-06  | 1,00E-06                            | 1,00E-03  | 9,50E-04                        | 1,58E-06   | 1,50E-06                            | 1,50E-03   | 1,42E-03                       |
| Minyak Mentah                     | 3,17E-06  | 3,01E-06                            | 3,00E-03  | 2,85E-03                        | 6,33E-07   | 6,01E-07                            | 6,00E-04   | 5,70E-04                       |
| Etana                             | 1,06E-06  | 1,00E-06                            | 1,00E-03  | 9,50E-04                        | 6,33E-07   | 6,01E-07                            | 6,00E-04   | 5,70E-04                       |
| Kokas Gas                         | 1,06E-06  | 1,00E-06                            | 1,00E-03  | 9,50E-04                        | 1,06E-07   | 1,00E-07                            | 1,00E-04   | 9,50E-05                       |
| Gas / Minyak Diesel               | 3,17E-06  | 3,01E-06                            | 3,00E-03  | 2,85E-03                        | 6,33E-07   | 6,01E-07                            | 6,00E-04   | 5,70E-04                       |
| Bensin Jet                        | 3,17E-06  | 3,01E-06                            | 3,00E-03  | 2,85E-03                        | 6,33E-07   | 6,01E-07                            | 6,00E-04   | 5,70E-04                       |
| Kerosin Jet                       | 3,17E-  | 3,01E-                              | 3,00E-03  | 2,85E-03                        | 6,33E-   | 6,01E-                              | 6,00E-04   | 5,70E-04                       |

|                                 |          |          |          |          |          |          |          |          |
|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                 | 06       | 06       |          |          | 07       | 07       |          |          |
| Batubara Muda                   | 1,06E-06 | 1,00E-06 | 1,00E-03 | 9,50E-04 | 1,06E-07 | 1,50E-06 | 1,50E-03 | 1,42E-03 |
| LPG                             | 1,06E-06 | 1,00E-06 | 1,00E-03 | 9,50E-04 | 6,33E-07 | 1,00E-07 | 6,00E-04 | 5,70E-04 |
| Bensin Motor                    | 3,17E-06 | 3,01E-06 | 3,00E-03 | 2,85E-03 | 6,33E-07 | 6,01E-07 | 6,00E-04 | 5,70E-04 |
| Nafta                           | 3,17E-06 | 3,01E-06 | 3,00E-03 | 2,85E-03 | 6,33E-07 | 6,01E-07 | 6,00E-04 | 5,70E-04 |
| Gas Alami                       | 1,06E-06 | 9,50E-07 | 1,00E-03 | 9,00E-04 | 1,06E-07 | 6,01E-07 | 1,00E-04 | 5,70E-04 |
| Cairan Gas Alami                | 3,17E-06 | 3,01E-06 | 3,00E-03 | 2,85E-03 | 6,33E-07 | 6,01E-07 | 6,00E-04 | 5,70E-04 |
| Biogas Lainnya                  | 1,06E-06 | 9,50E-07 | 1,00E-03 | 9,00E-04 | 1,06E-07 | 9,50E-08 | 1,00E-04 | 9,00E-05 |
| Kerosin Lainnya                 | 3,17E-06 | 3,01E-06 | 3,00E-03 | 2,85E-03 | 6,33E-07 | 6,01E-07 | 6,00E-04 | 5,70E-04 |
| Bahan Bakar Nabati Cair Lainnya | 3,17E-06 | 3,01E-06 | 3,00E-03 | 2,85E-03 | 6,33E-07 | 6,01E-07 | 6,00E-04 | 5,70E-04 |
| Produk Minyak Bumi Lainnya      | 3,17E-05 | 3,01E-05 | 3,00E-02 | 2,85E-03 | 6,33E-07 | 6,01E-07 | 6,00E-04 | 5,70E-04 |
| Zat Padat Biomassa Lainnya      | 3,17E-06 | 3,01E-06 | 3,00E-03 | 2,85E-02 | 4,22E-06 | 4,01E-06 | 4,00E-03 | 3,80E-03 |
| Parafin Lilin                   | 3,17E-06 | 3,01E-06 | 3,00E-03 | 2,85E-03 | 6,33E-07 | 6,01E-07 | 6,00E-04 | 5,70E-04 |
| Kokas Minyak Bumi               | 3,17E-06 | 3,01E-06 | 3,00E-03 | 2,85E-03 | 6,33E-07 | 6,01E-07 | 6,00E-04 | 5,70E-04 |
| Bahan Bakar Minyak Sisa         | 3,17E-06 | 3,01E-06 | 3,00E-03 | 2,85E-03 | 6,33E-07 | 6,01E-07 | 6,00E-04 | 5,70E-04 |
| Batubara sub-bituminus          | 1,06E-06 | 1,00E-06 | 3,00E-03 | 9,50E-04 | 1,58E-06 | 1,50E-06 | 1,50E-03 | 1,42E-03 |
| Kayu/Limbah Kayu                | 3,17E-05 | 3,01E-05 | 3,00E-02 | 2,85E-02 | 4,22E-06 | 4,01E-06 | 4,00E-03 | 3,80E-03 |

Catatan Kaki dan Sumber:

a Panel Antar Pemerintah dalam Perubahan Iklim (*Intergovernmental Panel on Climate Change/IPCC*). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2, bab 2, Tabel 2.2, 2006 Revisi April 2007.

b Dikonversi dari unit asli kg/Tj (LHV). Untuk mengkonversi antara faktor emisi nilai kalor yang lebih tinggi dan lebih rendah, asumsi konversi untuk bahan bakar gas yakni: (EF, HHV) = (0,9) x (EF, LHV), dan untuk zat padat atau cair dari knversi yang diasumsikan adalah (EF, HHV) = (0.95) x (EF, LHV).

| Bahan Bakar                   | Faktor Emisi CH <sub>4</sub> <sup>b</sup> ,<br>Unit – Unit US |                                     | Faktor Emisi CH <sub>4</sub> <sup>b</sup> ,<br>Unit – Unit SI |                                 | Faktor Emisi N <sub>2</sub> O <sup>b</sup> ,<br>Unit – Unit US |                                     | Faktor Emisi N <sub>2</sub> O <sup>b</sup> ,<br>Unit – Unit SI |                                |
|-------------------------------|---|-------------------------------------|---|---------------------------------|--|-------------------------------------|--|--------------------------------|
|                               | Ton/10 <sup>6</sup><br>Btu<br>(LHV)                           | Ton/10 <sup>6</sup><br>Btu<br>(HHV) | Ton/10 <sup>12</sup><br>J (LHV)                               | Ton/10 <sup>12</sup><br>J (HHV) | Ton/10 <sup>6</sup><br>Btu<br>(LHV)                            | Ton/10 <sup>6</sup><br>Btu<br>(HHV) | Ton/10 <sup>12</sup><br>J (LHV)                                | Ton/10 <sup>12</sup><br>J(HHV) |
| Antrasit                      | 1,06E-06  | 1,00E-06                            | 1,00E-03  | 9,50E-04                        | 1,58E-06   | 1,50E-06                            | 1,50E-03   | 1,42E-03                       |
| Arang                         | 2,11E-04  | 2,00E-04                            | 2,00E-01  | 1,90E-01                        | 4,22E-06   | 4,01E-06                            | 4,00E-03   | 3,80E-03                       |
| Ter Batubara                  | 1,06E-06  | 1,06E-06                            | 1,00E-03  | 9,50E-04                        | 1,58E-06   | 1,50E-06                            | 1,50E-03   | 1,42E-03                       |
| Gas <i>Coke Oven</i>          | 1,06E-06  | 9,50E-07                            | 1,00E-03  | 9,00E-04                        | 1,06E-07   | 9,50E-08                            | 1,00E-04   | 9,00E-05                       |
| Kokas Batubara                | 1,06E-06  | 1,00E-06                            | 1,00E-03  | 9,50E-04                        | 1,58E-06   | 1,50E-06                            | 150E-03  | 142E-03                        |
| Gas <i>Landfill</i>           | 1,06E-06  | 9,50E-07                            | 1,00E-03  | 9,00E-04                        | 1,06E-07   | 9,50E-08                            | 1,00E-04   | 9,00E-05                       |
| Lubrikan                      | 3,17E-06  | 3,01E-06                            | 3,00E-03  | 2,85E-03                        | 6,33E-07   | 6,01E-07                            | 6,00E-04   | 5,70E-04                       |
| Serpihan Minyak dan Pasir Ter | 1,06E-06  | 1,00E-06                            | 1,00E-03  | 9,50E-04                        | 1,58E-06   | 1,50E-06                            | 1,50E-06   | 1,42E-03                       |
| Batubara Bituminus Lainnya    | 1,06E-06  | 1,00E-06                            | 1,00E-03  | 9,50E-04                        | 1,58E-06   | 1,50E-06                            | 1,50E-03   | 1,42E-03                       |

|                   |          |          |          |          |          |          |          |          |
|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Gambut            | 1,06E-06 | 1,00E-06 | 1,00E-03 | 9,50E-04 | 1,58E-06 | 1,50E-06 | 1,50E-03 | 1,42E-03 |
| Kilang Bahan Baku | 3,17E-06 | 3,01E-06 | 3,00E-03 | 2,85E-03 | 6,33E-07 | 6,01E-07 | 6,00E-04 | 5,70E-04 |
| Kilang Gas        | 1,06E-06 | 9,50E-07 | 1,00E-03 | 9,00E-04 | 1,06E-07 | 9,50E-08 | 1,00E-04 | 9,00E-05 |
| Serpihan Minyak   | 3,17E-06 | 3,01E-06 | 3,00E-03 | 2,85E-03 | 6,33E-07 | 6,01E-07 | 6,00E-04 | 5,70E-04 |
| Endapan Gas       | 1,06E-06 | 9,50E-07 | 1,00E-03 | 9,00E-04 | 1,06E-07 | 9,50E-08 | 1,00E-04 | 9,00E-05 |
| Minyak Limbah     | 3,17E-05 | 3,01E-05 | 3,00E-02 | 2,85E-02 | 4,22E-06 | 4,01E-06 | 4,00E-03 | 3,80E-03 |

Catatan Kaki dan Sumber:

<sup>a</sup>Panel Antar Pemerintah dalam Perubahan Iklim (*Intergovernmental Panel on Climate Change/IPCC*). 2006 *ICCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Volume 2, Bab 2, Tabel 2.2, 2006 Revisi April 2007.

<sup>b</sup>Dikonversi dari unit asli kg/Tj (LHV). Untuk mengkonversi antara faktor emisi nilai kalor yang lebih tinggi dan lebih rendah, konversi yang diasumsikan untuk bahan bakar berupa gas adalah: (RF,HHV)=(0.9) x (EF,LHV), dan untuk zat padat atau cair konversi yang diasumsikan adalah (EF,HHV)=(0.95)x(EF,LHV).

Tabel VII-9 Faktor Emisi CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O (*Fuel-Based*) untuk Unit Pembakaran (OGP Report No. 197)

| Emisi            | Unit    | <i>Fuel Based</i>     |                          |
|------------------|---------|-----------------------|--------------------------|
|                  |         | <i>Gas combustion</i> | <i>Diesel combustion</i> |
| CH <sub>4</sub>  | Ton/ton | 0.00042               | 0.00014                  |
| N <sub>2</sub> O | Ton/ton | 0.00022               | 0.00022                  |

Tabel VII-10 Faktor Emisi CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O (*Equipment-Based*) untuk Boiler dan Furnace (API Compendium 2009)

| Unit Asli   |         |                        |                                     |                   |                                      |                | Sumber (versi tanggal)  |
|---|---------|------------------------|-------------------------------------|-------------------|--------------------------------------|----------------|---|
| Sumber  | Metana  |                        | Peringkat Faktor Emisi <sup>d</sup> | Nitro Oksida      | Peringkat Faktor Emisi <sup>d</sup>  |                |   |
| <b>Ketel Uap/Tungku/Pemanas – Gas Alami</b>                                     |         |                        |                                     |                   |                                      |                |   |
| Dikontrol   | 2,3     | lb/10 <sup>6</sup> scf | B                                   | 0,64 <sup>a</sup> | lb/10 <sup>10</sup> scf <sup>a</sup> | E              | AP-42 Tabel 1.4-2 (7/98)  |
| Tidak Dikontrol   |         |                        |                                     | 2,2 <sup>b</sup>  | lb/10 <sup>10</sup> scf <sup>b</sup> |                |   |
| Ketel Uap/Tungku/Pemanas – Diesel   | 7,8E-06 | lb/lb                  | Tidak tersedia                      | Tidak tersedia    |                                      |                | E&P Forum, 1994   |
| <b>Pemanas – Kilang Bahan Bakar Gas (kandungan gas - H<sub>2</sub> rendah )</b> |         |                        |                                     |                   |                                      |                |   |
| <9,9 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam  | 0,263   | Ton/PJ (HHV)           | Tidak tersedia                      |                   |                                      |                |   |
| <9,9 – 99 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam   | 0,293   | Ton/PJ (HHV)           | Tidak tersedia                      | 0,035             | Ton/PJ (HHV)                         | Tidak Tersedia | Tabel 6.4 dari ARPEL 1998                                       |
| <99 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam   | 0,293   | Ton/PJ (HHV)           | Tidak tersedia                      | Tidak Tersedia    |                                      |                |   |
| <b>Pemanas – Kilang Bahan Bakar Gas (kandungan gas - H<sub>2</sub> Tinggi)</b>  |         |                        |                                     |                   |                                      |                |   |
| <9,9 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam  | 0,193   | Ton/PJ (HHV)           | Tidak tersedia                      | Tidak Tersedia    |                                      |                | Tabel 6.4 dari ARPEL 1998                                       |
| <9,9 – 99 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam   | 0,215   | Ton/PJ (HHV)           | Tidak tersedia                      | 0,035             | Ton/PJ (HHV)                         | Tidak tersedia |   |
| <99 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam   | 0,215   | Ton/PJ (HHV)           | Tidak tersedia                      | Tidak tersedia    |                                      |                |   |
| Peralatan Ketel Uap – Minyak No. 4,5,6  | 0,28    | lb/100 gal             | A                                   | 0,53              | lb/100 gal                           | B              | AP-42 Tabel 1.3-3 dan 1.3-8 (9/98) – ralat diperbaharui 4/28/00 |
| Ketel Uap Industri –  | 1,00    | lb/100                 | A                                   | 0,53              | lb/100                               | B              | AP-42 Tabel   |



|   |       |             |   |      |             |   |  |
|---|-------|-------------|---|------|-------------|---|--|
| Minyak No. 5/6  |       | 0 gal       |   |      | 0 gal       |   | 1.3-3 dan 1.3-8 (9/98) - ralat diperbaharu i 4/28/00             |
| Ketel Uap Industri - Minyak Destilasi atau Minyak No. 4 | 0,052 | lb/1000 gal | A | 0,26 | lb/1000 gal | B | AP-42 Tabel 1.3-3 dan 1.3-8 (9/98) - ralat diperbaharu i 4/28/00 |
| Pembakar Komersial - Minyak No. 5/6                     | 0,475 | lb/1000 gal | A | 0,53 | lb/1000 gal | B | AP-42 Tabel 1.3-3 dan 1.3-8 (9/98) - ralat diperbaharu i 4/28/00 |
| Pembakar Komersial - Minyak No. 4 atau minyak destilasi | 0,216 | lb/1000 gal | A | 0,26 | lb/1000 gal | B | AP-42 Tabel 1.3-3 dan 1.3-8 (9/98) - ralat diperbaharu i 4/28/00 |
| Ketel Uap Industri/Komersial - Butana/Propana           | 0,2   | lb/1000 gal | E | 0,9  | lb/1000 gal | E | AP-42 Tabel 1.5-1 (07/08)  |
| Tungku Perumahan - Minyak Bahan Bakar                   | 1,78  | lb/1000 gal | A | 0,05 | lb/1000 gal | B | AP-42 Tabel 1.3-3 dan 1.3-8 (9/98)                               |

| Faktor Emisi yang Dikonversi menjadi ton/gallon atau ton/10 <sup>6</sup> Btu (HHV dan LHV, sebagaimana yang diindikasikan) |  |                                     |  |                                     |                          |                      |
|--|--|-------------------------------------|--|-------------------------------------|--------------------------|----------------------|
| Sumber   | Metana                                 | Peringkat Faktor Emisi <sup>d</sup> | Nitro Oksida                             | Peringkat Faktor Emisi <sup>d</sup> | Sumber (versi tanggal)   |                      |
| <b>Ketel Uap/Tungku/Pemanas - Gas Alami</b>  |  |                                     |  |                                     |                          |                      |
| Dikontrol  | 1.0E-06 Ton/106 Btu (HHV) <sup>c</sup> | B                                   | 2,8E-07 Ton/106 Btu (HHV) <sup>a,c</sup> |                                     | AP-42 Tabel 1.4-2 (7/98) |                      |
|  | 1.0E-06 Ton/106 Btu (LHV) <sup>c</sup> |                                     | 3,0E-07 Ton/106 Btu (LHV) <sup>a,c</sup> |                                     |                          |                      |
| Tidak Dikontrol  | 1.0E-06 Ton/106 Btu (HHV) <sup>c</sup> | B                                   | 9,8E-07 Ton/106 Btu (HHV) <sup>b,c</sup> |                                     | AP-42 Tabel 1.4-2 (7/98) |                      |
|  | 1.0E-06 Ton/106 Btu (LHV) <sup>c</sup> |                                     | 1,0E-06 Ton/106 Btu (LHV) <sup>b,c</sup> |                                     |                          |                      |
| Ketel Uap/Tungku/Pemanas - Diesel  | 7.8E-06 ton/ton                        | Tidak tersedia                      | Tidak Tersedia                           |                                     | Forum E&P, 1994          |                      |
| <b>Pemanas - Kilang Bahan Bakar Gas (kandungan gas - H<sub>2</sub> rendah )</b>  |  |                                     |  |                                     |                          |                      |
| <9,9 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam   | 2,77E-07 Ton/106 Btu (HHV)             | Tidak tersedia                      | Tidak Tersedia                           |                                     |                          | Tabel 6.4 ARPEL 1998 |
|  | 3,08E-07 Ton/106 Btu (LHV)             |                                     |  |                                     |                          |                      |
| <9,9 - 99 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam  | 3,09E-07 Ton/106 Btu (HHV)             | Tidak tersedia                      | 3,69E-08 Ton/106 Btu (HHV)               | Tidak Tersedia                      |                          |                      |
|  | 3,43E-07 Ton/106 Btu (LHV)             |                                     | 4,10E-08 Ton/106 Btu (LHV)               |                                     |                          |                      |
| <99 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam  | 3,09E-07 Ton/106 Btu                   | Tidak tersedia                      | Tidak Tersedia                           |                                     |                          |                      |

|  | (HHV)                            |                | Tidak Tersedia                   |                |   |
|--|----------------------------------|----------------|----------------------------------|----------------|---|
|  | 3,43E-07<br>Ton/106 Btu<br>(LHV) |                |                                  |                |   |
| <b>Pemanas – Kilang Bahan Bakar Gas (kandungan gas - H<sub>2</sub> Tinggi)</b>   |                                  |                |                                  |                |   |
| <9,9 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam   | 2,04E-07<br>Ton/106 Btu<br>(HHV) | Tidak tersedia | Tidak tersedia                   |                | Tabel 6.4<br>ARPEL<br>1998  |
|  | 2,26E-07<br>Ton/106 Btu<br>(LHV) |                |                                  |                |   |
| <9,9 – 99 x 10 <sup>6</sup><br>Btu/jam   | 2,27E-07<br>Ton/106 Btu<br>(HHV) | Tidak tersedia | 3,69E-08<br>Ton/106 Btu<br>(HHV) | Tidak tersedia |   |
|  | 2,52E-07<br>Ton/106 Btu<br>(LHV) |                | 4,10E-08<br>Ton/106 Btu<br>(LHV) |                |   |
| <99 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam  | 2,27E-07<br>Ton/106 Btu<br>(HHV) | Tidak Tersedia | Tidak Tersedia                   |                |   |
|  | 2,52E-07<br>Ton/106 Btu<br>(LHV) |                |                                  |                |   |
| Peralatan Ketel Uap<br>– Minyak No. 4,5,6  | 1,3E-07 ton/gal                  | A              | 2,4E-07 ton/gal                  | B              | AP-42 Tabel<br>1.3-3 dan<br>1.3-8 (9/98)<br>– ralat<br>diperbaharu<br>i 4/28/00 |
| Ketel Uap Industri –<br>Minyak No. 5/6   | 4,54E-07<br>ton/gal              | A              | 2,4E-07 ton/gal                  | B              | AP-42 Tabel<br>1.3-3 dan<br>1.3-8 (9/98)<br>– ralat<br>diperbaharu<br>i 4/28/00 |
| Ketel Uap Industri –<br>Minyak Destilasi<br>atau Minyak No. 4  | 2,4E-08 ton/gal                  | A              | 2,4E-07 ton/gal                  | B              | AP-42 Tabel<br>1.3-3 dan<br>1.3-8 (9/98)<br>– ralat<br>diperbaharu<br>i 4/28/00 |
| Pembakar Komersial<br>– Minyak No. 5/6   | 2,15E-07<br>ton/gal              | A              | 2,4E-07 ton/gal                  | B              | AP-42 Tabel<br>1.3-3 dan<br>1.3-8 (9/98)<br>– ralat<br>diperbaharu<br>i 4/28/00 |
| Pembakar Komersial<br>– Minyak No. 4 atau<br>minyak destilasi  | 9,8E-08 ton/gal                  | A              | 1,2E-07 ton/gal                  | B              | AP-42 Tabel<br>1.3-3 dan<br>1.3-8 (9/98)<br>– ralat<br>diperbaharu<br>i 4/28/00 |
| Ketel Uap<br>Industri/Komersial –<br>Butana/Propana  | 9,1E-08 ton/gal                  | E              | 4,1E-07 ton/gal                  | E              | AP-42 Tabel<br>1.3-3 dan<br>1.3-8 (9/98)<br>– ralat<br>diperbaharu<br>i 4/28/00 |
| Tungku Perumahan<br>– Minyak Bahan<br>Bakar  | 8,07E-07<br>ton/gal              | A              | 2,3E-08 ton/gal                  | B              | AP-42 Tabel<br>1.3-3 dan<br>1.3-8 (9/98)<br>– ralat<br>diperbaharu<br>i 4/28/00 |
| Faktor Emisi yang Dikonversi ke ton/meter <sup>3</sup> atau ton/10 <sup>12</sup> J (HHV dan LHV, sebagaimana yang diindikasikan) |                                  |                |                                  |                |   |

| Sumber   | Metana  | Peringkat Faktor Emisi <sup>d</sup> | Nitro Oksida   | Peringkat Faktor Emisi <sup>d</sup> | Sumber (versi tanggal)   |
|--|---|-------------------------------------|--|-------------------------------------|--------------------------|
| <b>Ketel Uap/Tungku/Pemanas – Gas Alami</b>  |   |                                     |  |                                     |                          |
| Dikontrol  | 97E-04 ton/10 <sup>12</sup> J (HHV) <sup>c</sup>  | B                                   | 2,74E-04 ton/10 <sup>12</sup> J (HHV) <sup>a,c</sup> | E                                   | AP-42 Tabel 1.4-2 (7/98) |
|  | 1,1E-03 ton/10 <sup>12</sup> J (LHV) <sup>c</sup> |                                     | 2,8E-04 ton/10 <sup>12</sup> J (LHV) <sup>a,c</sup>  |                                     |                          |
| Tidak Dikontrol  | 97E-04 ton/10 <sup>12</sup> J (HHV) <sup>c</sup>  | B                                   | 9,3E-04 ton/10 <sup>12</sup> J (HHV) <sup>b,c</sup>  | E                                   |                          |
|  | 1,1E-03 ton/10 <sup>12</sup> J (LHV) <sup>c</sup> |                                     | 9,8E-04 ton/10 <sup>12</sup> J (LHV) <sup>b,c</sup>  |                                     |                          |
| Ketel Uap/Tungku/Pemanas – Diesel  | 7,8E-06 ton/ton                                   | Tidak Tersedia                      | Tidak Tersedia                                       |                                     | Forum E&P, 1994          |
| <b>Pemanas – Kilang Bahan Bakar Gas (kandungan gas - H<sub>2</sub> rendah )</b>  |   |                                     |  |                                     |                          |
| <9,9 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam   | 2,63E-04 ton/10 <sup>12</sup> J (HHV)             | Tidak Tersedia                      | Tidak Tersedia                                       |                                     | Tabel 6.4 ARPEL, 1998    |
|  | 2,92E-04 ton/10 <sup>12</sup> J (LHV)             |                                     |  |                                     |                          |
| <9,9 – 99 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam  | 2,93E-04 ton/10 <sup>12</sup> J (HHV)             | Tidak Tersedia                      | 3,5E-05 ton/10 <sup>12</sup> J (HHV)                 | Tidak Tersedia                      |                          |
|  | 3,26E-04 ton/10 <sup>12</sup> J (LHV)             |                                     | 3,89E-05 ton/10 <sup>12</sup> J (LHV)                |                                     |                          |
| <99 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam  | 2,93E-04 ton/10 <sup>12</sup> J (HHV)             | Tidak Tersedia                      |  |                                     |                          |
|  | 3,26E-04 ton/10 <sup>12</sup> J (LHV)             |                                     |  |                                     |                          |
| Faktor Emisi yang Dikonversi ke ton/meter <sup>3</sup> atau ton/10 <sup>12</sup> J (HHV dan LHV, sebagaimana yang diindikasikan) |   |                                     |  |                                     |                          |
| <b>Pemanas – Kilang Bahan Bakar Gas (kandungan gas - H<sub>2</sub> Tinggi)</b>   |   |                                     |  |                                     |                          |
| <9,9 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam   | 1,93E-04 Ton/10 <sup>12</sup> J (HHV)             | Tidak tersedia                      | Tidak tersedia                                       |                                     | Tabel 6.4 ARPEL 1998     |
|  | 2,14E-04 Ton/10 <sup>12</sup> J (LHV)             |                                     |  |                                     |                          |
| <9,9 – 99 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam  | 2,15E-04 Ton/10 <sup>12</sup> J (HHV)             | Tidak tersedia                      | 3,50E-05 Ton/10 <sup>12</sup> J (HHV)                | Tidak tersedia                      |                          |
|  | 2,39E-04 Ton/10 <sup>12</sup> J (LHV)             |                                     | 3,89E-05 Ton/10 <sup>12</sup> J (LHV)                |                                     |                          |
| <99 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam  | 2,15E-04 Ton/10 <sup>12</sup> J (HHV)             | Tidak tersedia                      | Tidak tersedia                                       |                                     |                          |
|  | 2,39E-04 Ton/10 <sup>12</sup> J (LHV)             |                                     |  |                                     |                          |
| Peralatan Ketel Uap – Minyak No. 4,5,6   | 3,4E-05   | A                                   | 6,4E-05 ton/m <sup>3</sup>                           | B                                   |                          |

|   |                             |   |                            |   |   |
|---|-----------------------------|---|----------------------------|---|---|
|   | ton/m <sup>3</sup>          |   |                            |   |   |
| Ketel Uap Industri – Minyak No. 5/6                     | 1,20E-04 ton/m <sup>3</sup> | A | 6,4E-05 ton/m <sup>3</sup> | B | AP-42 Tabel 1.3-3 dan 1.3-8 (9/98) ralat diperbaharui 4/28/00 |
| Ketel Uap Industri – Minyak Destilasi atau Minyak No. 4 | 6,2E-06 ton/m <sup>3</sup>  | A | 3,1E-05 ton/m <sup>3</sup> | B |   |
| Pembakar Komersial – Minyak No. 5/6                     | 5,69E-05 ton/m <sup>3</sup> | A | 6,4E-05 ton/m <sup>3</sup> | B |   |
| Pembakar Komersial – Minyak No. 4 atau minyak destilasi | 2,59E-05 ton/m <sup>3</sup> | A | 3,1E-05 ton/m <sup>3</sup> | B |   |
| Ketel Uap Industri/Komersial – Butana/Propana           | 2,4E-05 ton/m <sup>3</sup>  | E | 1,1E-04 ton/m <sup>3</sup> | E | AP-42 Tabel 1.5-1 (07/08)                                     |
| Tungku Perumahan – Minyak Bahan Bakar                   | 2,13E-04 ton/m <sup>3</sup> | A | 6,0E-06 ton/m <sup>3</sup> | B | AP-42 Tabel 1.3-3 dan 1.3-12 (9/98)                           |

| Faktor Emisi yang Dikonversi menjadi ton/gallon atau ton/10 <sup>6</sup> Btu (HHV dan LHV, sebagaimana yang diindikasikan) |  |                                     |  |                                     |                          |                      |
|--|--|-------------------------------------|--|-------------------------------------|--------------------------|----------------------|
| Sumber   | Metana                                 | Peringkat Faktor Emisi <sup>d</sup> | Nitro Oksida                             | Peringkat Faktor Emisi <sup>d</sup> | Sumber (versi tanggal)   |                      |
| <b>Ketel Uap/Tungku/Pemanas – Gas Alami</b>  |  |                                     |  |                                     |                          |                      |
| Dikontrol  | 1,0E-06 Ton/106 Btu (HHV) <sup>c</sup> | B                                   | 2,8E-07 Ton/106 Btu (HHV) <sup>a,c</sup> |                                     | AP-42 Tabel 1.4-2 (7/98) |                      |
|  | 1,0E-06 Ton/106 Btu (LHV) <sup>c</sup> |                                     | 3,0E-07 Ton/106 Btu (LHV) <sup>a,c</sup> |                                     |                          |                      |
| Tidak Dikontrol  | 1,0E-06 Ton/106 Btu (HHV) <sup>c</sup> | B                                   | 9,8E-07 Ton/106 Btu (HHV) <sup>b,c</sup> |                                     | AP-42 Tabel 1.4-2 (7/98) |                      |
|  | 1,0E-06 Ton/106 Btu (LHV) <sup>c</sup> |                                     | 1,0E-06 Ton/106 Btu (LHV) <sup>b,c</sup> |                                     |                          |                      |
| Ketel Uap/Tungku/Pemanas – Diesel  | 7,8E-06 ton/ton                        | Tidak tersedia                      | Tidak Tersedia                           |                                     | Forum E&P, 1994          |                      |
| <b>Pemanas – Kilang Bahan Bakar Gas (kandungan gas - H<sub>2</sub> rendah )</b>  |  |                                     |  |                                     |                          |                      |
| <9,9 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam   | 2,77E-07 Ton/106 Btu (HHV)             | Tidak tersedia                      | Tidak Tersedia                           |                                     |                          | Tabel 6.4 ARPEL 1998 |
|  | 3,08E-07 Ton/106 Btu (LHV)             |                                     |  |                                     |                          |                      |
| <9,9 – 99 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam  | 3,09E-07 Ton/106 Btu (HHV)             | Tidak tersedia                      | 3,69E-08 Ton/106 Btu (HHV)               | Tidak Tersedia                      |                          |                      |
|  | 3,43E-07 Ton/106 Btu (LHV)             |                                     | 4,10E-08 Ton/106 Btu (LHV)               |                                     |                          |                      |
| <99 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam  | 3,09E-07 Ton/106 Btu (HHV)             | Tidak tersedia                      | Tidak Tersedia                           |                                     |                          |                      |
|  | 3,43E-07 Ton/106 Btu (LHV)             |                                     | Tidak Tersedia                           |                                     |                          |                      |
| <b>Pemanas – Kilang Bahan Bakar Gas (kandungan gas - H<sub>2</sub> Tinggi)</b>   |  |                                     |  |                                     |                          |                      |
| <9,9 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam   | 2,04E-07 Ton/106 Btu (HHV)             | Tidak tersedia                      | Tidak tersedia                           |                                     |                          |                      |

|  |  |   |  |  |  |
|--|--|---|--|--|--|
|  | 2,26E-07<br>Ton/106 Btu<br>(LHV)                       |   |  |  | Tabel 6.4<br>ARPEL 1998  |
| <9,9 – 99 x 10 <sup>6</sup><br>Btu/jam   | 2,27E-07<br>Ton/106 Btu<br>(HHV)                       | Tidak<br>tersedia                         | 3,69E-08<br>Ton/106 Btu<br>(HHV)                           | Tidak tersedia                         |  |
|  | 2,52E-07<br>Ton/106 Btu<br>(LHV)                       |   | 4,10E-08<br>Ton/106 Btu<br>(LHV)                           |  |  |
| <99 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam  | 2,27E-07<br>Ton/106 Btu<br>(HHV)                       | Tidak<br>Tersedia                         | Tidak Tersedia   |  |  |
|  | 2,52E-07<br>Ton/106 Btu<br>(LHV)                       |   |  |  |  |
| Peralatan Ketel Uap –<br>Minyak No. 4,5,6  | 1,3E-07<br>ton/gal                                     | A   | 2,4E-07 ton/gal  | B                                      | AP-42 Tabel<br>1.3-3 dan<br>1.3-8 (9/98)<br>– ralat<br>diperbaharui<br>4/28/00 |
| Ketel Uap Industri –<br>Minyak No. 5/6   | 4,54E-07<br>ton/gal                                    | A   | 2,4E-07 ton/gal  | B                                      | AP-42 Tabel<br>1.3-3 dan<br>1.3-8 (9/98)<br>– ralat<br>diperbaharui<br>4/28/00 |
| Ketel Uap Industri –<br>Minyak Destilasi atau<br>Minyak No. 4  | 2,4E-08<br>ton/gal                                     | A   | 2,4E-07 ton/gal  | B                                      | AP-42 Tabel<br>1.3-3 dan<br>1.3-8 (9/98)<br>– ralat<br>diperbaharui<br>4/28/00 |
| Pembakar Komersial –<br>Minyak No. 5/6   | 2,15E-07<br>ton/gal                                    | A   | 2,4E-07 ton/gal  | B                                      | AP-42 Tabel<br>1.3-3 dan<br>1.3-8 (9/98)<br>– ralat<br>diperbaharui<br>4/28/00 |
| Pembakar Komersial –<br>Minyak No. 4 atau<br>minyak destilasi  | 9,8E-08<br>ton/gal                                     | A   | 1,2E-07 ton/gal  | B                                      | AP-42 Tabel<br>1.3-3 dan<br>1.3-8 (9/98)<br>– ralat<br>diperbaharui<br>4/28/00 |
| Ketel Uap Industri/Komersial –<br>Butana/Propana   | 9,1E-08<br>ton/gal                                     | E   | 4,1E-07 ton/gal  | E                                      | AP-42 Tabel<br>1.3-3 dan<br>1.3-8 (9/98)<br>– ralat<br>diperbaharui<br>4/28/00 |
| Tungku Perumahan –<br>Minyak Bahan Bakar   | 8,07E-07<br>ton/gal                                    | A   | 2,3E-08 ton/gal  | B                                      | AP-42 Tabel<br>1.3-3 dan<br>1.3-8 (9/98)<br>– ralat<br>diperbaharui<br>4/28/00 |
| Faktor Emisi yang Dikonversi ke ton/meter <sup>3</sup> atau ton/10 <sup>12</sup> J (HHV dan LHV, sebagaimana yang diindikasikan) |  |   |  |  |  |
| Sumber   | Metana   | Peringkat<br>Faktor<br>Emisi <sup>d</sup> | Nitro Oksida   | Peringkat<br>Faktor Emisi <sup>d</sup> | Sumber<br>(versi<br>tanggal)   |
| Ketel Uap/Tungku/Pemanas – Gas Alami   |  |   |  |  |  |
| Dikontrol  | 97E-04<br>ton/10 <sup>12</sup> J<br>(HHV) <sup>c</sup> | B   | 2,74E-04<br>ton/10 <sup>12</sup> J<br>(HHV) <sup>a,c</sup> | E                                      | AP-42 Tabel<br>1.4-2 (7/98)  |
|  | 1,1E-03  |   | 2,8E-04  | E                                      |  |

|  |   |                |   |                |                                    |
|--|---|----------------|---|----------------|------------------------------------|
|  | ton/10 <sup>12</sup> J (LHV) <sup>c</sup>         |                | ton/10 <sup>12</sup> J (LHV) <sup>a,c</sup>         |                |                                    |
| Tidak Dikontrol  | 97E-04 ton/10 <sup>12</sup> J (HHV) <sup>c</sup>  | B              | 9,3E-04 ton/10 <sup>12</sup> J (HHV) <sup>b,c</sup> | E              | AP-42 Tabel 1.4-2 (7/98)           |
|  | 1,1E-03 ton/10 <sup>12</sup> J (LHV) <sup>c</sup> |                | 9,8E-04 ton/10 <sup>12</sup> J (LHV) <sup>b,c</sup> |                |                                    |
| Ketel Uap/Tungku/Pemanas – Diesel  | 7,8E-06 ton/ton                                   | Tidak Tersedia | Tidak Tersedia                                      |                | Forum E&P, 1994                    |
| Pemanas – Kilang Bahan Bakar Gas (kandungan gas - H <sub>2</sub> rendah )  |   |                |   |                |                                    |
| <9,9 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam   | 2,63E-04 ton/10 <sup>12</sup> J (HHV)             | Tidak Tersedia | Tidak Tersedia                                      |                | Tabel 6.4 ARPEL, 1998              |
|  | 2,92E-04 ton/10 <sup>12</sup> J (LHV)             |                |   |                |                                    |
| <9,9 – 99 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam  | 2,93E-04 ton/10 <sup>12</sup> J (HHV)             | Tidak Tersedia | 3,5E-05 ton/10 <sup>12</sup> J (HHV)                | Tidak Tersedia |                                    |
|  | 3,26E-04 ton/10 <sup>12</sup> J (LHV)             |                | 3,89E-05 ton/10 <sup>12</sup> J (LHV)               |                |                                    |
| <99 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam  | 2,93E-04 ton/10 <sup>12</sup> J (HHV)             | Tidak Tersedia |   |                |                                    |
|  | 3,26E-04 ton/10 <sup>12</sup> J (LHV)             |                |   |                |                                    |
| Faktor Emisi yang Dikonversi ke ton/meter <sup>3</sup> atau ton/10 <sup>12</sup> J (HHV dan LHV, sebagaimana yang diindikasikan) |   |                |   |                |                                    |
| Pemanas – Kilang Bahan Bakar Gas (kandungan gas - H <sub>2</sub> Tinggi)   |   |                |   |                |                                    |
| <9,9 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam   | 1,93E-04 Ton/10 <sup>12</sup> J (HHV)             | Tidak tersedia | Tidak tersedia                                      |                | Tabel 6.4 ARPEL 1998               |
|  | 2,14E-04 Ton/10 <sup>12</sup> J (LHV)             |                |   |                |                                    |
| <9,9 – 99 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam  | 2,15E-04 Ton/10 <sup>12</sup> J (HHV)             | Tidak tersedia | 3,50E-05 Ton/10 <sup>12</sup> J (HHV)               | Tidak tersedia |                                    |
|  | 2,39E-04 Ton/10 <sup>12</sup> J (LHV)             |                | 3,89E-05 Ton/10 <sup>12</sup> J (LHV)               |                |                                    |
| <99 x 10 <sup>6</sup> Btu/jam  | 2,15E-04 Ton/10 <sup>12</sup> J (HHV)             | Tidak tersedia | Tidak tersedia                                      |                |                                    |
|  | 2,39E-04 Ton/10 <sup>12</sup> J (LHV)             |                |   |                |                                    |
| Peralatan Ketel Uap – Minyak No. 4,5,6   | 3,4E-05 ton/m <sup>3</sup>                        | A              | 6,4E-05 ton/m <sup>3</sup>                          | B              | AP-42 Tabel 1.3-3 dan 1.3-8 (9/98) |
| Ketel Uap Industri – Minyak No. 5/6  | 1,20E-04 ton/m <sup>3</sup>                       | A              | 6,4E-05 ton/m <sup>3</sup>                          | B              |                                    |
| Ketel Uap Industri – Minyak Destilasi  | 6,2E-06   | A              | 3,1E-05 ton/m <sup>3</sup>                          | B              |                                    |

|   |                             |   |                            |   |                                     |
|---|-----------------------------|---|----------------------------|---|-------------------------------------|
| atau Minyak No. 4                                       | ton/m <sup>3</sup>          |   |                            |   | ralat<br>diperbaharui<br>4/28/00    |
| Pembakar Komersial – Minyak No. 5/6                     | 5,69E-05 ton/m <sup>3</sup> | A | 6,4E-05 ton/m <sup>3</sup> | B |                                     |
| Pembakar Komersial – Minyak No. 4 atau minyak destilasi | 2,59E-05 ton/m <sup>3</sup> | A | 3.1E-05 ton/m <sup>3</sup> | B |                                     |
| Ketel Uap Industri/Komersial – Butana/Propana           | 2,4E-05 ton/m <sup>3</sup>  | E | 1.1E-04ton/m <sup>3</sup>  | E | AP-42 Tabel 1.5-1 (07/08)           |
| Tungku Perumahan – Minyak Bahan Bakar                   | 2,13E-04 ton/m <sup>3</sup> | A | 6.0E-06 ton/m <sup>3</sup> | B | AP-42 Tabel 1.3-3 dan 1.3-12 (9/98) |

Catatan kaki dan sumber:

*Asociacion Regional De Empresas De Petroleo Y Gas Natural EN Latino America Y El Caribe (ARPEL). Atmospheric Emissions Inventories Methodologies in the Petroleum Industry. ARPEL Guideline # ARPELCIDA002AEGUI2298, Disusun oleh Jaques Whitford Environment Limited, Desember 1998.*

*Forum E&P. Methods for Estimating Atmospheric Emissions from E&P Operations, The Oil Industry International Exploration and Production Forum, Report No. 2.59/197, September 1994.*

Badan Perlindungan Lingkungan (*Environment Protection Agency/EPA*) Amerika Serikat. *Compilation od Air Pollutant Emission Factors, Volume I: Stationary Point and Area Sources, AP-42 (GPO 055-000-005-001)*, Standar dan Perencanaan Kualitas Kantor EPA Amerika Serikat, Fifth Edition, Januari 1995, dengan Suplemen A, B, dan C, 1996; Suplemen D, 1998 – diperbaharui 4/28/00; Suplemen E, 1999; dan Suplemen F, 2000.

<sup>a</sup> Faktor emisi adalah untuk gas alami, dikontrol unit pembakar NO<sub>x</sub>- rendah.

<sup>b</sup> Faktor emisi adalah untuk unit gas alami yang tidak dikontrol

<sup>c</sup> Faktor emisi yang berdasarkan Btu untuk ketel uap/tungku/pemanas gas alami berasal dari faktor berdasarkan-volume (scf) dengan cara membagi 1020 Btu/scf (standar nilai kalor yang digunakan AP-42). Faktor ini mungkin digunakan untuk sumber pembakaran gas alami lainnya. Volume gas berdasarkan pada standar kondisi 60F dan 14,7 psia.

<sup>d</sup> Peringkat faktor emisi untuk kualitas data, “A” berarti kualitas terbaik sedangkan “E” berarti kualitas terburuk.

Tabel VII-11 Faktor Emisi CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O (*Equipment-Based*) untuk *Turbine* dan *IC Engine* (API Compendium 2009)

| Sumber                       | Unit Asli |   |                        |                            |                      |                        |
|------------------------------|-----------|---|------------------------|----------------------------|----------------------|------------------------|
|                              | Metana    |   | Peringkat Faktor Emisi | Referensi CH <sub>4</sub>  | Nitro Oksida         | Peringkat Faktor Emisi |
| Mesin IC                     |           |   |                        |                            |                      |                        |
| 2 siklus ramping – Gas Alami | 1,45      | lb/10 <sup>8</sup> Btu (HHV)                  | C                      | AP.42, Tabel 3.2-1 (7/00)  | Mengacu ke Tabel 4-5 |                        |
| 4 siklus ramping – Gas Alami | 1,25      | lb/10 <sup>8</sup> Btu (HHV)                  | C                      | AP.42, Tabel 3.2-2 (7/00)  |                      |                        |
| 4 siklus kaya – Gas Alami    | 0,23      | lb/10 <sup>8</sup> Btu (HHV)                  | C                      | AP.42, Tabel 3.2-3 (7/00)  |                      |                        |
| Bensin                       | 3,03      | Lb TOC/10 <sup>8</sup> Btu (HHV) <sup>a</sup> | D,E                    | AP.42, Tabel 3.3-1 (10/96) |                      |                        |
| Diesel                       | 0.36      | lb TOC/10 <sup>8</sup> Btu (HHV) <sup>a</sup> | D,E                    | AP.42, Tabel 3.3-1 (10/96) |                      |                        |
| Besar – Diesel (>600 hp)     | 0,0081    | lb/10 <sup>8</sup> Btu (HHV) <sup>b</sup>     | E                      | AP.42, Tabel 3.4-1         |                      |                        |

|   |              |  |                        |                            |                          |  |                        |                            |
|---|--------------|--|------------------------|----------------------------|--------------------------|--|------------------------|----------------------------|
|   |              |  |                        | (10/96)                    |                          |  |                        |                            |
| Bahan Bakar Ganda (95% Gas Alami/5% Diesel) | 0,6          | lb/10 <sup>8</sup> Btu (HHV)               | E                      | AP.42, Tabel 3.4-1 (10/96) |                          |  |                        |                            |
| Turbin (beban ≥80% ) – Gas Alami            |              |  |                        |                            |                          |  |                        |                            |
| Tidak Dikontrol                             | 0,0086       | lb/10 <sup>8</sup> Btu (HHV)               | C                      | AP.42, Tabel 3.1-2a (4/00) | 0,003                    | lb/10 <sup>6</sup> Btu (HHV) <sup>c</sup>  | E                      | AP.42, Tabel 3.1-2a (4/00) |
| Unit yang Dikonversi ke Dasar US            |              |  |                        |                            |                          |  |                        |                            |
| Sumber                                      | Metana       |  | Peringkat Faktor Emisi | Referensi CH <sup>4</sup>  | Nitro Oksida             |  | Peringkat Faktor Emisi | Referensi N <sub>2</sub> O |
| Mesin IC                                    |              |  |                        |                            |                          |  |                        |                            |
| 2 siklus ramping – Gas Alami                | 0,0006<br>6  | Ton/10 <sup>6</sup> Btu (HHV)              | C                      | AP-42, Tabel 3.2-1 (7/00)  | Mengacu kepada Tabel 4-5 |  |                        |                            |
|   | 0,0007<br>3  | Ton/10 <sup>6</sup> Btu (LHV)              |                        |                            |                          |  |                        |                            |
| 4 siklus ramping – Gas Alami                | 0,0005<br>7  | Ton/10 <sup>6</sup> Btu (HHV)              | C                      | AP-42, Tabel 3.2-2 (7/00)  |                          |  |                        |                            |
|   | 0,0006<br>3  | Ton/10 <sup>6</sup> Btu (LHV)              |                        |                            |                          |  |                        |                            |
| 4 siklus kaya – Gas Alami                   | 0,0001<br>0  | Ton/10 <sup>6</sup> Btu (HHV)              | C                      | AP-42, Tabel 3.2-3 (7/00)  |                          |  |                        |                            |
|   | 0,0001<br>2  | Ton/10 <sup>6</sup> Btu (LHV) <sup>a</sup> |                        |                            |                          |  |                        |                            |
| Bensin                                      | 0,00-<br>137 | Ton/10 <sup>6</sup> Btu (HHV) <sup>a</sup> | D,E                    | AP-42, Tabel 3.3-1 (10/96) |                          |  |                        |                            |
|   | 0,0014<br>5  | Ton/10 <sup>6</sup> Btu (LHV) <sup>a</sup> |                        |                            |                          |  |                        |                            |
| Diesel                                      | 0,0001<br>6  | Ton/10 <sup>6</sup> Btu (HHV) <sup>a</sup> | D,E                    | AP-42, Tabel 3.3-1 (10/96) |                          |  |                        |                            |
|   | 0,0001<br>7  | Ton/10 <sup>6</sup> Btu (LHV) <sup>a</sup> |                        |                            |                          |  |                        |                            |
| Besaran – Diesel (>600 hp)                  | 3,7E-<br>06  | Ton/10 <sup>6</sup> Btu (HHV) <sup>b</sup> | E                      | AP-42, Tabel 3.4-1 (10/96) |                          |  |                        |                            |
|   | 3,9E-<br>06  | Ton/10 <sup>6</sup> Btu (LHV) <sup>b</sup> |                        |                            |                          |  |                        |                            |
| Bahan Bakar Ganda (95% Gas Alami/5% Diesel) | 0,0002<br>7  | Ton/10 <sup>6</sup> Btu (HHV)              | E                      | AP-42, Tabel 3.4-1 (10/96) |                          |  |                        |                            |
|   | 0,0003<br>0  | Ton/10 <sup>6</sup> Btu (LHV) <sup>d</sup> |                        |                            |                          |  |                        |                            |
| Turbin (beban ≥80% ) – Gas Alami            |              |  |                        |                            |                          |  |                        |                            |
| Tidak Dikontrol                             | 3,9E-<br>06  | Ton/10 <sup>6</sup> Btu (HHV)              | C                      | AP-42, Tabel 3.1-2 (4/00)  | 1,4E-<br>06              | Ton/10 <sup>6</sup> Btu (HHV) <sup>c</sup> | E                      | AP-42, Tabel 3.1-2 (4/00)  |
|   | 4,3E-<br>06  | Ton/10 <sup>6</sup> Btu (LHV)              |                        |                            | 1,5E-<br>06              | Ton/10 <sup>6</sup> Btu (LHV) <sup>c</sup> |                        |                            |
| Mesin IC                                    |              |  |                        |                            |                          |  |                        |                            |



|                              |       |                                    |   |                           |                        |
|------------------------------|-------|------------------------------------|---|---------------------------|------------------------|
| 2 siklus ramping – gas alami | 0,623 | Ton/10 <sup>1</sup><br>2 Btu (HHV) | C | AP-42, Tabel 3.2-1 (7/00) | Mengacu pada tabel 4-5 |
|                              | 0,693 | Ton/10 <sup>1</sup><br>2 Btu (LHV) |   |                           |                        |
| 4 siklus sampung – gas alami | 0,537 | Ton/10 <sup>1</sup><br>2 Btu (HHV) | C | AP-42, Tabel 3.2-2 (7/00) |                        |
|                              | 0,597 | Ton/10 <sup>1</sup><br>2 Btu (LHV) |   |                           |                        |

| Unit yang Dikonversi ke Dasar IS             |            |  |                        |                            |                        |   |                            |                            |
|--|------------|--|------------------------|----------------------------|------------------------|---|----------------------------|----------------------------|
| Sumber                                       | Metana     |  | Peringkat Faktor Emisi | Referensi CH <sub>4</sub>  | Nitro Oksida           | Peringkat Faktor Emisi                        | Referensi N <sub>2</sub> O |                            |
| Mesin IC, berlanjut                          |            |  |                        |                            |                        |   |                            |                            |
| 4 siklus kaya – Gas Alami                    | 0,10       | Ton/10 <sup>12</sup><br>J (HHV)                      | C                      | AP-42, Tabel 3.2-3 (7/00)  | Mengacu pada tabel 4-5 |   |                            |                            |
|  | 0,11       | Ton/10 <sup>12</sup><br>J (LHV)                      |                        |                            |                        |   |                            |                            |
| Bensin                                       | 1,30       | Ton/10 <sup>12</sup><br>J (HHV) <sup>a</sup>         | D,E                    | AP-42, Tabel 3.3-1 (10/96) |                        |   |                            |                            |
|  | 1,37       | Ton/10 <sup>12</sup><br>J (LHV) <sup>a</sup>         |                        |                            |                        |   |                            |                            |
| Diesel                                       | 0,15       | Ton<br>TOC/10 <sup>1</sup><br>2 J (HHV) <sup>a</sup> | D,E                    | AP-42, Tabel 3.3-1 (10/96) |                        |   |                            |                            |
|  | 0,16       | Ton<br>TOC/10 <sup>1</sup><br>2 J (LHV) <sup>a</sup> |                        |                            |                        |   |                            |                            |
| Besar – Diesel (>600 hp)                     | 0,003<br>5 | Ton<br>TOC/10 <sup>1</sup><br>2 J (HHV) <sup>b</sup> | E                      | AP-42, Tabel 3.4-1 (10/96) |                        |   |                            |                            |
|  | 0,003<br>7 | Ton<br>TOC/10 <sup>1</sup><br>2 J (LHV) <sup>b</sup> |                        |                            |                        |   |                            |                            |
| Bahan Bakar Ganda (95% Gas Alami/5 % Diesel) | 0,26       | Ton/10 <sup>12</sup><br>J (HHV)                      | E                      | AP-42, Tabel 3.4-1 (10/96) |                        |   |                            |                            |
|  | 0,29       | Ton/10 <sup>12</sup><br>J (LHV) <sup>d</sup>         |                        |                            |                        |   |                            |                            |
| Turbin (beban ≥80% ) – Gas Alami             |            |  |                        |                            |                        |   |                            |                            |
| Tidak Dikontrol                              | 0,003<br>7 | Ton/10 <sup>12</sup><br>J (HHV)                      | C                      | AP-42, Tabel 3.1-2a (4/00) | 0,001<br>3             | Ton/10 <sup>1</sup><br>2 J (HHV) <sup>c</sup> | E                          | AP-42, Tabel 3.1-2a (4/00) |
|  | 0,004<br>1 | Ton/10 <sup>12</sup><br>J (LHV)                      |                        |                            | 0,001<br>4             | Ton/10 <sup>1</sup><br>2 J (LHV) <sup>c</sup> |                            |                            |

Catatan Kaki dan Sumber:

Badan Perlindungan Lingkungan (*Environment Protection Agency/EPA*) Amerika Serikat. *Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume I: Stationary Point and Area Sources, AP-42, (GPO 055-000-005-001)*, Standar dan Perencanaan Kualitas Kantor EPA Amerika Serikat, Fifth Edition, Januari 1995, dengan Suplemen A, B, dan C, 1996; Suplemen D, 1998 – diperbaharui 4/28/00; Suplemen E, 1999; dan Suplemen F, 2000.

<sup>a</sup>Jika komposisi bahan bakar tidak diketahui, Faktor TOC yang tertera diatas dapat dikonversi menjadi faktor emisi CH<sub>4</sub>, faktor emisi yang mengasumsikan TOC mengandung 9 wt% CH<sub>4</sub> dalam gas buang berdasarkan AP-42 (10/96). Faktor emisi termasuk emisi TOC dari jumlah buangan, penguapan, bak mesin, dan emisi pengisian bahan bakar. Peringkat faktor emisi D berlaku untuk emisi buang; peringkat faktor emisi E berlaku untuk emisi pengisian bahan bakar, penguapan, dan bak mesin.

<sup>b</sup> faktor emisi berdasarkan TOC dengan 9% CH<sub>4</sub> yang berdasarkan berat dalam gas buang (berdasarkan AP-42, 10/96)

<sup>c</sup> Faktor emisi berdasarkan sumber tes yang terbatas dalam turbin tunggal dengan injeksi uap-air

<sup>d</sup> Faktor emisi diperkirakan berasumsi bahan bakar adalah gas (misalnya, berasumsi HHV=LHVx0,90).

Tabel VII-12 Faktor Emisi CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O *Equipment-Based* (OGP Report No. 197)

| Emisi            | Unit    | <i>Equipment Based</i> |                       |                       |                          |                       |                       |
|------------------|---------|------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                  |         | <i>Gas combustion</i>  |                       |                       | <i>Diesel combustion</i> |                       |                       |
|                  |         | <i>Turbines factor</i> | <i>Engines factor</i> | <i>Heaters factor</i> | <i>Turbines factor</i>   | <i>Engines factor</i> | <i>Heaters factor</i> |
| N <sub>2</sub> O | Ton/ton | 0.00022                | 0.00022               | 0.00022               | 0.00022                  | 0.00022               | 0.00022               |
| CH <sub>4</sub>  | Ton/ton | 0.00042                | 0.028                 | 0.00007               | 0.00008                  | 0.00014               | 0.0000078             |

b. Tier 2

Perhitungan beban emisi berdasarkan pemakaian bahan bakar dari neraca massa dan/atau *metering* (pengukuran) pada level fasilitas dan menggunakan faktor emisi baku *fuel-based* yang dipublikasikan dari berbagai referensi.

c. Tier 3

Perhitungan beban emisi berdasarkan pemakaian bahan bakar dari neraca massa dan/atau *metering* (pengukuran) pada level tipe peralatan dan menggunakan faktor emisi baku *fuel-based* yang dipublikasikan dari berbagai referensi.

Jika pemakaian bahan bakar yang terukur atau dihitung dari neraca massa hanya tersedia pada level fasilitas, pemakaian bahan bakar pada level tipe peralatan (turbin, mesin pembakaran dalam, ketel uap atau pembangkit uap, dan pemanas proses) dapat diestimasi sebagai berikut:

$$FC_{i \text{ actual}} = \frac{FC_{i \text{ estimate}}}{\sum_{i=1}^{\#equipmentt} (FC_{i \text{ estimate}})} \times TFC_{\text{actual}} \quad \text{(Rumus 5)}$$

$FC_{i \text{ actual}}$  = total pemakaian aktual bahan bakar untuk peralatan tipe i (scf atau ltr).

$FC_{i \text{ estimate}}$  = total pemakaian bahan bakar yang diestimasi dengan Rumus 2a atau 2b untuk peralatan tipe i.

$\sum_{i=1}^{\#equipmentt} (FC_{i \text{ estimate}})$  = total pemakaian bahan bakar yang diestimasi dengan Rumus 2a atau 2b untuk semua tipe peralatan.

$TFC_{\text{actual}}$  = total pemakaian aktual bahan bakar semua peralatan (level fasilitas) dari hasil pengukuran atau perhitungan neraca massa.

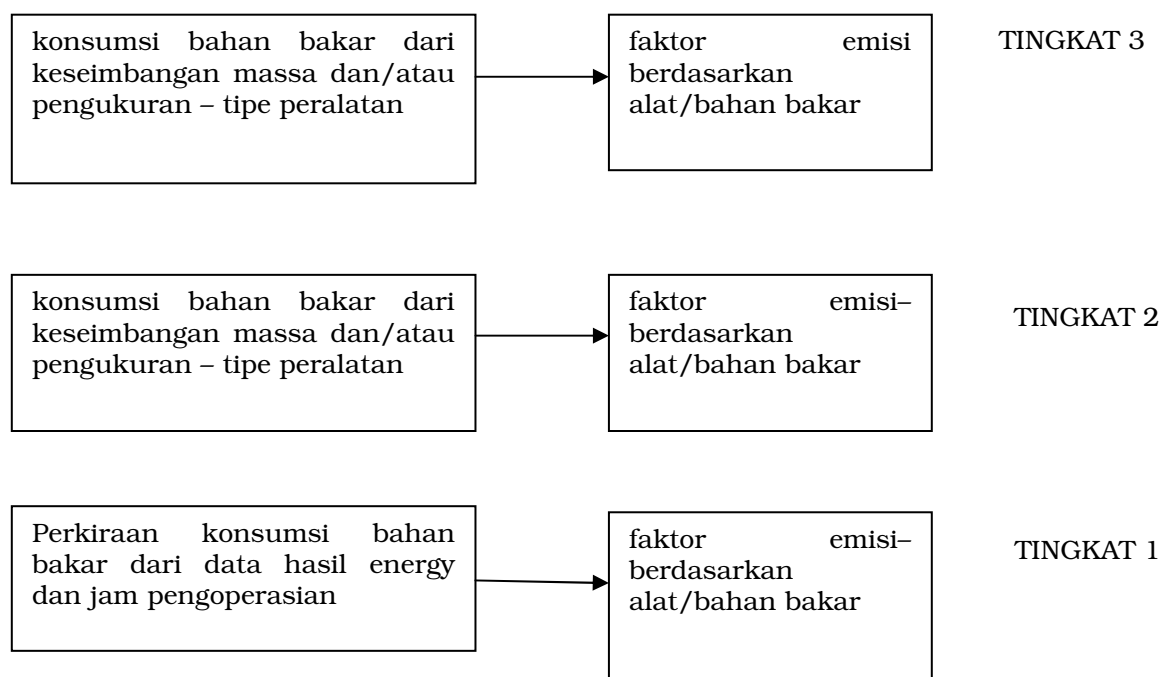
d. Tier 4

Perhitungan beban emisi berdasarkan pemakaian bahan bakar dari neraca massa dan/atau *metering* (pengukuran) pada level peralatan dan menggunakan faktor emisi baku *equipment-based* yang dipublikasikan dari berbagai referensi.

Pemakaian bahan bakar pada level tipe peralatan (turbin, mesin pembakaran dalam, ketel uap atau pembangkit uap, dan pemanas

proses) dapat diestimasi dengan menggunakan Rumus 5 di atas jika pemakaian bahan bakar yang terukur atau dihitung dari neraca massa hanya tersedia pada level fasilitas.

### 3. Perhitungan Beban Emisi Lain (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, PM)



#### a. Tier 1

Perhitungan beban emisi berdasarkan estimasi pemakaian bahan bakar dengan mengkonversi output energi menjadi input energi dan menggunakan faktor emisi baku baik *fuel-based* maupun *equipment-based* yang dipublikasikan dari berbagai referensi. Pada unit-unit yang dilengkapi dengan sistem pengendali pencemaran udara, misalnya penggunaan *catalytic converter* untuk mereduksi emisi NO<sub>x</sub>, faktor emisi yang digunakan dapat diperoleh dari hasil pengukuran.

Estimasi pemakaian bahan bakar dengan mengkonversi output energi menjadi input energi menggunakan Rumus 2a atau 2b di atas.

Tabel VII-13 Faktor Emisi SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, PM (*Equipment-Based*) untuk Unit Pembakaran (US EPA AP-42)

| Sumber | Tipe Bahan Bakar | Tingkat Panas | Polutan         | Kontrol yang Melekat | Alat Kontrol yang ditambah | Efisiensi Kontrol | Faktor Emisi | Unit-Unit HHV | Referensi                        |
|--------|------------------|---------------|-----------------|----------------------|----------------------------|-------------------|--------------|---------------|----------------------------------|
| Turbin | Diesel           | >300hp        | NO <sub>x</sub> | Tidak ada            | Tidak ada                  | N/A               | 0,880        | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.1-1               |
| Turbin | Diesel           | >300hp        | NO <sub>x</sub> | Injeksi Uap-Air      | Tidak ada                  | N/A               | 0,240        | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.1-1               |
| Turbin | Diesel           | >300hp        | NO <sub>x</sub> | Tidak ada            | SCR                        | 90%               | 0,880        | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.1-1               |
| Turbin | Diesel           | >300hp        | NO <sub>x</sub> | Injeksi Uap-Air      | SCR                        | 90%               | 0,240        | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.1-1               |
| Turbin | Diesel           | >300hp        | SO <sub>2</sub> | Tidak ada            | Tidak ada                  | NA                | 1,01°S       | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.1-2a              |
| Turbin | Diesel           | >300hp        | SO <sub>2</sub> | Tidak ada            | Tidak ada                  | NA                | 0,0034       | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.1-2a Jika S tidak |

| Sumber                              | Tipe Bahan Bakar | Tingkat Panas | Polutan                        | Kontrol yang Melekat | Alat Kontrol yang ditambah | Efisiensi Kontrol | Faktor Emisi | Unit-Unit HHV | Referensi   |
|-------------------------------------|------------------|---------------|--------------------------------|----------------------|----------------------------|-------------------|--------------|---------------|---|
|                                     |                  |               |                                |                      |                            |                   |              |               | diketahui   |
| Turbin                              | Diesel           | >300hp        | PM (Total)                     | Tidak ada            | Tidak ada                  | NA                | 0,012        | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.1-2a<br>Terkondensasi dan Tersaring  |
| Turbin                              | Gas Alami        | >300hp        | NO <sub>x</sub>                | Tidak ada            | Tidak ada                  | N/A               | 0,320        | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.1-1  |
| Turbin                              | Gas Alami        | >300hp        | NO <sub>x</sub>                | Injeksi Uap-Air      | Tidak ada                  | N/A               | 0,130        | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.1-1  |
| Turbin                              | Gas Alami        | >300hp        | NO <sub>x</sub>                | Lean premix          | Tidak ada                  | N/A               | 0,099        | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.1-1  |
| Turbin                              | Gas Alami        | >300hp        | NO <sub>x</sub>                | Tidak Ada            | SCR                        | 90%               | 0,320        | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.1-1  |
| Turbin                              | Gas Alami        | >300hp        | NO <sub>x</sub>                | Injeksi Uap Air      | SCR                        | 90%               | 0,130        | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.1-1  |
| Turbin                              | Gas Alami        | >300hp        | NO <sub>x</sub>                | Lean premix          | SCR                        | 90%               | 0,099        | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.1-1  |
| Turbin                              | Gas Alami        | >300hp        | SO <sub>2</sub>                | Tidak Ada            | Tidak Ada                  | NA                | 0,94°S       | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.1-2a   |
| Turbin                              | Gas Alami        | >300hp        | SO <sub>2</sub>                | Tidak Ada            | Tidak Ada                  | NA                | 0,0034       | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.1-2a   |
| Turbin                              | Gas Alami        | >300hp        | PM (Total)                     | Tidak Ada            | Tidak Ada                  | NA                | 0,0066       | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.1-2a   |
| ICE                                 | Diesel           | <600hp        | NO <sub>x</sub>                | Tidak Ada            | Tidak Ada                  | NA                | 0,031        | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.3-1  |
| ICE                                 | Diesel           | <600hp        | NO <sub>x</sub>                | Tidak Ada            | Tidak Ada                  | NA                | 4,41         | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.3-1  |
| ICE                                 | Diesel           | <600hp        | SO <sub>x</sub>                | Tidak Ada            | Tidak Ada                  | NA                | 0,00205      | lb/hp-jam     | AP-42, Tabel 3.3-1  |
| ICE                                 | Diesel           | <600hp        | SO <sub>x</sub>                | Tidak Ada            | Tidak Ada                  | NA                | 0,29         | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.3-1  |
| ICE                                 | Diesel           | <600hp        | PM <sub>10</sub>               | Tidak Ada            | Tidak Ada                  | NA                | 0,0022       | lb/hp-jam     | AP-42, Tabel 3.3-1  |
| ICE                                 | Diesel           | <600hp        | PM <sub>10</sub>               | Tidak Ada            | Tidak Ada                  | NA                | 0,31         | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.3-1  |
| ICE (2 gerakan pembakaran ramping ) | NG               | >50hp         | NO <sub>x</sub> , Load 90-105% | Tidak Ada            | Tidak Ada                  | NA                | 3,17         | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.2-1  |
| ICE (2 gerakan pembakaran ramping ) | NG               | >50hp         | NO <sub>x</sub> , Load <90%    | Tidak Ada            | Tidak Ada                  | NA                | 1,94         | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.2-1  |
| ICE (2 gerakan pembakaran ramping ) | NG               | >50hp         | SO <sub>2</sub>                | Tidak Ada            | Tidak Ada                  | NA                | 0,000588     | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.2-1<br>mengasumsikan S dalam gas sebanyak 2.000gr/10 <sup>6</sup> scf dan konversi 100% ke SO <sub>2</sub> |
| ICE (4 gerakan pembakaran ramping ) | NG               | >50hp         | NO <sub>x</sub> , Load 90-105% | Tidak Ada            | Tidak Ada                  | NA                | 4,08         | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.2-2  |
| ICE (4                              | NG               | >50hp         | NO <sub>x</sub> , Load         | Tidak Ada            | Tidak                      | NA                | 0,847        | lb/MMB        | AP-42,  |

| Sumber                               | Tipe Bahan Bakar | Tingkat Panas | Polutan                        | Kontrol yang Melekat | Alat Kontrol yang ditambah | Efisiensi Kontrol | Faktor Emisi | Unit-Unit HHV | Referensi  |
|--------------------------------------|------------------|---------------|--------------------------------|----------------------|----------------------------|-------------------|--------------|---------------|--|
| gerakan pembakaran ramping )         |                  |               | <90%                           |                      | Ada                        |                   |              | TU            | Tabel 3.2-2  |
| ICE (4 gerakan pembakaran ramping )  | NG               | >50hp         | SO <sub>2</sub>                | Tidak Ada            | Tidak Ada                  | NA                | 0,000588     | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.2-1 mengasumsikan S dalam gas sebanyak 2.000gr/10 <sup>6</sup> scf dan konversi 100% ke SO <sub>2</sub> |
| ICE (4 gerakan kaya pembakaran )     | NG               | >50hp         | PM (terkondensasi)             | Tidak Ada            | Tidak Ada                  | NA                | 0,00991      | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.2-2   |
| ICE (4 gerakan kaya pembakaran )     | NG               | >50hp         | NO <sub>x</sub> . Load 90-105% | Tidak Ada            | Tidak Ada                  | NA                | 2,21         | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.2-3   |
| ICE (4 gerakan kaya pembakaran)      | NG               | >50hp         | NO <sub>x</sub> . Load <90%    | Tidak Ada            | Tidak Ada                  | NA                | 2,27         | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.2-3   |
| ICE (kaya pembakaran pada 4 gerakan) | NG               | >50hp         | SO <sub>2</sub>                | Tidak Ada            | Tidak Ada                  | NA                | 0,000588     | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.2-1 mengasumsikan S dalam gas sebanyak 2.000gr/10 <sup>6</sup> scf dan konversi 100% ke SO <sub>2</sub> |
| ICE (kaya pembakaran pada 4 gerakan) | NG               | >50hp         | PM (Terkondensasi)             | Tidak Ada            | Tidak Ada                  | NA                | 0,00991      | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.2-2   |
| ICE (4 gerakan kaya pembakaran )     | NG               | >50hp         | NO <sub>x</sub> . Load 90-105% | Tidak Ada            | Tidak Ada                  | NA                | 2,21         | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.2-3   |
| ICE (4 gerakan kaya pembakaran)      | NG               | >50hp         | NO <sub>x</sub> . Load <90%    | Tidak Ada            | Tidak Ada                  | NA                | 2,27         | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.2-3   |
| ICE (kaya pembakaran pada 4 gerakan) | NG               | >50hp         | SO <sub>2</sub>                | Tidak Ada            | Tidak Ada                  | NA                | 0,000588     | lb/MMB TU     | AP-42, Tabel 3.2-3 mengasumsikan S dalam gas sebanyak 2.000gr/10 <sup>6</sup> scf dan konversi 100% ke SO <sub>2</sub> |
| ICE                                  | NG               | >50hp         | PM                             | Tidak Ada            | Tidak                      | NA                | 0,00991      | lb/MMB        | AP-42,   |

| Sumber                           | Tipe Bahan Bakar   | Tingkat Panas | Polutan                | Kontrol yang Melekat            | Alat Kontrol yang ditambah | Efisiensi Kontrol | Faktor Emisi              | Unit-Unit HHV             | Referensi         |
|----------------------------------|--------------------|---------------|------------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------|
| (kaya pembakaran pada 4 gerakan) |                    |               | (Terkondensasi)        |                                 | Ada                        |                   |                           | TU                        | Tabel 3.2-3       |
| Ketel Uap /Pemasas Besar         | Diesel             | >100MBT U/jam | NO <sub>x</sub>        | Tidak ada                       | Tidak ada                  | NA                | 24                        | lb/10 <sup>3</sup> gallon | AP-42 Tabel 1.3-1 |
| Ketel Uap /Pemasas Besar         | Diesel             | >100MBT U/jam | NO <sub>x</sub>        | LNB/FGR                         | Tidak ada                  | NA                | 10                        | lb/10 <sup>3</sup> gallon | AP-42 Tabel 1.3-1 |
| Ketel Uap /Pemasas Besar         | Diesel             | >100MBT U/jam | SO <sub>2</sub>        | Tidak ada                       | Tidak ada                  | NA                | 157 <sup>^</sup> S        | lb/10 <sup>3</sup> gallon | AP-42 Tabel 1.3-1 |
| Ketel Uap /Pemasas Besar         | Diesel             | >100MBT U/jam | PM (Dapat Tersaring)   | Tidak ada                       | Tidak ada                  | NA                | 2                         | lb/10 <sup>3</sup> gallon | AP-42 Tabel 1.3-1 |
| Ketel Uap /Pemasas Besar         | Diesel             | <100MBT U/jam | NO <sub>x</sub>        | Tidak ada                       | Tidak ada                  | NA                | 20                        | lb/10 <sup>3</sup> gallon | AP-42 Tabel 1.3-1 |
| Ketel Uap /Pemasas Besar         | Diesel             | <100MBT U/jam | SO <sub>2</sub>        | Tidak ada                       | Tidak ada                  | NA                | 142 <sup>^</sup> S        | lb/10 <sup>3</sup> gallon | AP-42 Tabel 1.3-1 |
| Ketel Uap /Pemasas Besar         | Diesel             | <100MBT U/jam | PM (dapat terfiltrasi) | Tidak ada                       | Tidak ada                  | NA                | 2                         | lb/10 <sup>3</sup> gallon | AP-42 Tabel 1.3-1 |
| Ketel Uap /Pemasas Besar         | Minyak Bahan Bakar | >100MBT U/jam | NO <sub>x</sub>        | Tidak ada, Pengapian normal     | Tidak ada                  | NA                | 47                        | lb/10 <sup>3</sup> gallon | AP-42 Tabel 1.3-1 |
| Ketel Uap /Pemasas Besar         | Minyak Bahan Bakar | >100MBT U/jam | NO <sub>x</sub>        | Tidak ada, Pengapian normal     | Tidak ada                  | NA                | 40                        | lb/10 <sup>3</sup> gallon | AP-42 Tabel 1.3-1 |
| Ketel Uap /Pemasas Besar         | Minyak Bahan Bakar | >100MBT U/jam | NO <sub>x</sub>        | Tidak ada, pengapian Tangensial | Tidak ada                  | NA                | 32                        | lb/10 <sup>3</sup> gallon | AP-42 Tabel 1.3-1 |
| Ketel Uap /Pemasas Besar         | Minyak Bahan Bakar | >100MBT U/jam | NO <sub>x</sub>        | LNB, Pengapian Tangensial       | Tidak ada                  | NA                | 26                        | lb/10 <sup>3</sup> gallon | AP-42 Tabel 1.3-1 |
| Ketel Uap /Pemasas Besar         | Minyak Bahan Bakar | >100MBT U/jam | SO <sub>2</sub>        | Tidak ada                       | Tidak ada                  | NA                | 157 <sup>^</sup> S        | lb/10 <sup>3</sup> gallon | AP-42 Tabel 1.3-1 |
| Ketel Uap /Pemasas Besar         | Minyak Bahan Bakar | >100MBT U/jam | PM (dapat terfiltrasi) | Tidak ada                       | Tidak ada                  | NA                | 9.19 <sup>^</sup> S+ 3.22 | lb/10 <sup>3</sup> gallon | AP-42 Tabel 1.3-1 |
| Ketel Uap /Pemasas Besar         | Minyak Bahan Bakar | <100MBT U/jam | NO <sub>x</sub>        | Tidak ada                       | Tidak ada                  | NA                | 55                        | lb/10 <sup>3</sup> gallon | AP-42 Tabel 1.3-1 |
| Ketel Uap /Pemasas Besar         | Minyak Bahan Bakar | <100MBT U/jam | SO <sub>2</sub>        | Tidak ada                       | Tidak ada                  | NA                | 157 <sup>^</sup> S        | lb/10 <sup>3</sup> gallon | AP-42 Tabel 1.3-1 |
| Ketel Uap /Pemasas Besar         | Minyak Bahan Bakar | <100MBT U/jam | PM (Dapat terfiltrasi) | Tidak ada                       | Tidak ada                  | NA                | 10                        | lb/10 <sup>3</sup> gallon | AP-42 Tabel 1.3-1 |
| Ketel                            | Gas Alami          | >100MBT       | NO <sub>x</sub>        | Tidak ada,                      | Tidak                      | NA                | 280                       | lb/10 <sup>3</sup>        | AP-42             |

| Sumber                   | Tipe Bahan Bakar | Tingkat Panas | Polutan                  | Kontrol yang Melekat                     | Alat Kontrol yang ditambah | Efisiensi Kontrol | Faktor Emisi | Unit-Unit HHV | Referensi         |
|--------------------------|------------------|---------------|--------------------------|--|----------------------------|-------------------|--------------|---------------|-------------------|
| Uap /Pemasas Besar       |                  | U/jam         |                          | Pra-NSPS, Pengapian Dinding              | ada                        |                   |              | gallon        | Tabel 1.4-1       |
| Ketel Uap /Pemasas Besar | Gas Alami        | >100MBT U/jam | NO <sub>x</sub>          | Tidak ada, Pasca NSPS, Pengapian Dinding | Tidak ada                  | NA                | 190          | lb/MMS CF     | AP-42 Tabel 1.4-1 |
| Ketel Uap /Pemasas Besar | Gas Alami        | >100MBT U/jam | NO <sub>x</sub>          | Tidak ada, Pengapian Tangensial          | Tidak ada                  | NA                | 170          | lb/MMS CF     | AP-42 Tabel 1.4-1 |
| Ketel Uap /Pemasas Besar | Gas Alami        | >100MBT U/jam | NO <sub>x</sub>          | LNB, Pengapian Dinding                   | Tidak ada                  | NA                | 140          | lb/MMS CF     | AP-42 Tabel 1.4-1 |
| Ketel Uap /Pemasas Besar | Gas Alami        | >100MBT U/jam | NO <sub>x</sub>          | FGR, Pengapian Dinding                   | Tidak ada                  | NA                | 100          | lb/MMS CF     | AP-42 Tabel 1.4-1 |
| Ketel Uap /Pemasas Besar | Gas Alami        | >100MBT U/jam | NO <sub>x</sub>          | FGR, Pengapian Tangensial                | Tidak ada                  | NA                | 76           | lb/MMS CF     | AP-42 Tabel 1.4-1 |
| Ketel Uap /Pemasas Besar | Gas Alami        | >100MBT U/jam | SO <sub>2</sub>          | Tidak ada                                | Tidak ada                  | NA                | 0,6          | lb/MMS CF     | AP-42 Tabel 1.4-2 |
| Ketel Uap /Pemasas Besar | Gas Alami        | >100MBT U/jam | PM (Total)               | Tidak ada                                | Tidak ada                  | NA                | 7,6          | lb/MMS CF     | AP-42 Tabel 1.4-2 |
| Ketel Uap /Pemasas Besar | Gas Alami        | >100MBT U/jam | PM (dapat terkondensasi) | Tidak ada                                | Tidak ada                  | NA                | 5,7          | lb/MMS CF     | AP-42 Tabel 1.4-2 |
| Ketel Uap /Pemasas Besar | Gas Alami        | >100MBT U/jam | PM (dapat terfiltrasi)   | Tidak ada                                | Tidak ada                  | NA                | 1,9          | lb/MMS CF     | AP-42 Tabel 1.4-2 |
| Ketel Uap /Pemasas kecil | Gas Alami        | <100MBT U/jam | NO <sub>x</sub>          | Tidak ada                                | Tidak ada                  | NA                | 100          | lb/MMS CF     | AP-42 Tabel 1.4-2 |
| Ketel Uap /Pemasas Kecil | Gas Alami        | <100MBT U/jam | NO <sub>x</sub>          | Tidak ada, Pengapian Tangensial          | Tidak ada                  | NA                | 170          | lb/MMS CF     | AP-42 Tabel 1.4-1 |
| Ketel Uap /Pemasas Kecil | Gas Alami        | <100MBT U/jam | NO <sub>x</sub>          | LNB                                      | Tidak ada                  | NA                | 50           | lb/MMS CF     | AP-42 Tabel 1.4-1 |
| Ketel Uap /Pemasas Kecil | Gas Alami        | <100MBT U/jam | NO <sub>x</sub>          | LNB, FGR                                 | Tidak ada                  | NA                | 32           | lb/MMS CF     | AP-42 Tabel 1.4-1 |
| Ketel Uap /Pemasas Kecil | Gas Alami        | <100MBT U/jam | NO <sub>x</sub>          | FGR, Pengapian Tangensial                | Tidak ada                  | NA                | 76           | lb/MMS CF     | AP-42 Tabel 1.4-1 |
| Ketel Uap /Pemasas Kecil | Gas Alami        | <100MBT U/jam | SO <sub>2</sub>          | Tidak ada                                | Tidak ada                  | NA                | 0,6          | lb/MMS CF     | AP-42 Tabel 1.4-2 |
| Ketel Uap /Pemasas Kecil | Gas Alami        | <100MBT U/jam | PM (Total)               | Tidak ada                                | Tidak ada                  | NA                | 7,6          | lb/MMS CF     | AP-42 Tabel 1.4-2 |
| Ketel Uap                | Gas Alami        | <100MBT U/jam | PM (dapat                | Tidak ada                                | Tidak ada                  | NA                | 5,7          | lb/MMS CF     | AP-42 Tabel 1.4-2 |

| Sumber                   | Tipe Bahan Bakar | Tingkat Panas | Polutan                | Kontrol yang Melekat | Alat Kontrol yang ditambah | Efisiensi Kontrol | Faktor Emisi | Unit-Unit HHV | Referensi         |
|--------------------------|------------------|---------------|------------------------|----------------------|----------------------------|-------------------|--------------|---------------|-------------------|
| /Pemasas Kecil           |                  |               | terkondensasi)         |                      |                            |                   |              |               |                   |
| Ketel Uap /Pemasas Kecil | Gas Alami        | <100MBTU/jam  | PM (dapat terfiltrasi) | Tidak ada            | Tidak ada                  | NA                | 1,9          | lb/MMS CF     | AP-42 Tabel 1.4-2 |

Tabel VII-14 Faktor Emisi SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> (*Equipment-Based*) untuk Unit Pembakaran (OGP Report No. 197)

| Emisi           | Unit    | Berdasarkan Peralatan |              |                |                   |              |                |
|-----------------|---------|-----------------------|--------------|----------------|-------------------|--------------|----------------|
|                 |         | Pembakaran Gas        |              |                | Pembakaran Diesel |              |                |
|                 |         | Faktor turbin         | Faktor mesin | Faktor pemanas | Faktor turbin     | Faktor mesin | Faktor pemanas |
| NO <sub>x</sub> | Ton/ton | 0,0067                | 0,076        | 0,0031         | 0,0094            | 0,07         | 0,0028         |
| CH <sub>x</sub> | Ton/ton | 2 x S1                | 2 x S1       | 2 x S1         | 2 x S1            | 2 x S1       | 2 x S1         |

Catatan:

- a. S1 adalah weight fraction sulphur dari masing-masing bahan bakar.
- b. Jika fraksi beratnya tidak diketahui, gunakan nilai standar:
  - 1) Pembakaran gas:  $12,8 \times 10^6$  ton SO<sub>2</sub> per ton gas. Asumsi standar kandungan sulfur adalah 6,4 ppm menurut beratnya,
  - 2) Pembakaran diesel: 0,4% menurut beratnya.

b. Tier 2

Perhitungan beban emisi berdasarkan pemakaian bahan bakar dari neraca massa dan/atau *metering* (pengukuran) pada level fasilitas dan menggunakan faktor emisi baku *fuel-based* yang dipublikasikan dari berbagai referensi. Pada unit-unit yang dilengkapi dengan sistem pengendali pencemaran udara, misalnya penggunaan *catalytic converter* untuk mereduksi emisi NO<sub>x</sub>, faktor emisi yang digunakan dapat diperoleh dari hasil pengukuran.

c. Tier 3

Perhitungan beban emisi berdasarkan pemakaian bahan bakar dari neraca massa dan/atau *metering* (pengukuran) pada level peralatan dan menggunakan faktor emisi baku baik *fuel-based* maupun *equipment-based* yang dipublikasikan dari berbagai referensi. Pada unit-unit yang dilengkapi dengan sistem pengendali pencemaran udara, misalnya penggunaan *catalytic converter* untuk mereduksi emisi NO<sub>x</sub>, faktor emisi yang digunakan dapat diperoleh dari hasil pengukuran.

Pemakaian bahan bakar pada level tipe peralatan (turbin, mesin pembakaran dalam, ketel uap atau pembangkit uap, dan pemanas proses) dapat diestimasi dengan Rumus 5 (sebagaimana di atas) jika pemakaian bahan bakar yang terukur atau dihitung dari neraca massa hanya tersedia pada level fasilitas.

## V. PERHITUNGAN BEBAN EMISI DARI UNIT SUAR BAKAR

### A. Parameter Emisi

Parameter beban emisi yang dihitung untuk suar bakar adalah parameter gas rumah kaca dan parameter utama yang merujuk pada PerMenLH 13/2009 seperti ditampilkan pada Tabel 5-1.



Tabel VII-15 Parameter Emisi untuk Unit Suar Bakar

| Gas Rumah Kaca      | Lain-Lain          |
|---------------------|--------------------|
| a. CO <sub>2</sub>  | a. NO <sub>x</sub> |
| b. CH <sub>4</sub>  | b. PM              |
| c. N <sub>2</sub> O |                    |

B. Pembagian Tier dan Metodologi

Perhitungan beban emisi pada unit *flaring* menggunakan rumus berikut:

$$EL = P \times EF$$

(Rumus 6)

Keterangan:

EL = beban emisi (ton).

P = volume produksi (scf atau bbl) – jika faktor emisi yang digunakan dari API Compendium untuk perhitungan CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O.

EF = faktor emisi baku yang dipublikasikan dari API Compendium (Tabel 5-2 dibawah).

Atau

$$EL = FC \times EF$$

(Rumus 7)

Keterangan:

E = beban emisi (ton).

FC = volume gas flaring (scf) – jika faktor emisi yang digunakan dari Oil and Gas Producers – OGP untuk perhitungan CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O dan dari US EPA untuk perhitungan NO<sub>x</sub>, PM.

EF = faktor emisi dari data kandungan karbon/gas komposisi (untuk perhitungan CO<sub>2</sub>) atau faktor emisi baku yang dipublikasikan dari Oil and Gas Producers – OGP (untuk perhitungan CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) dan dari US EPA AP-42 untuk perhitungan NO<sub>x</sub>, PM.

Pembagian Tier pada perhitungan beban emisi unit suar bakar ditentukan berdasarkan ketersediaan data dalam mendapatkan volume *flaring* dimana masing-masing Tier memiliki tingkat akurasi hasil perhitungan yang berbeda. Faktor emisi tidak menjadi faktor penentu tingkatan Tier karena tingkatan Tier ditentukan oleh keakurasian volume *flaring*. Oleh karenanya selain penerapan faktor emisi, penggunaan rumus-rumus di bawah juga dapat diterapkan (berdasarkan prinsip *stoikiometric* dan neraca massa) jika pada dasarnya volume *flaring* diketahui.

$$E_{CO_2} = \text{Volume flared} \times \frac{\text{Molar volume}}{\text{conversion}} \times \text{MW CO}_2 \times \frac{\text{mass}}{\text{conversion}} \times \left[ \sum \left( \frac{\text{mole Hydrocarbon}}{\text{mole gas}} \times \frac{A \text{ mole C}}{\text{mole Hydrocarbon}} \right) + \frac{B \text{ mole CO}_2}{\text{mole gas}} \right]$$

(Rumus 8)

Keterangan:

ECO<sub>2</sub> = beban emisi CO<sub>2</sub> (ton).

Volume flared = volume *flaring* (scf).

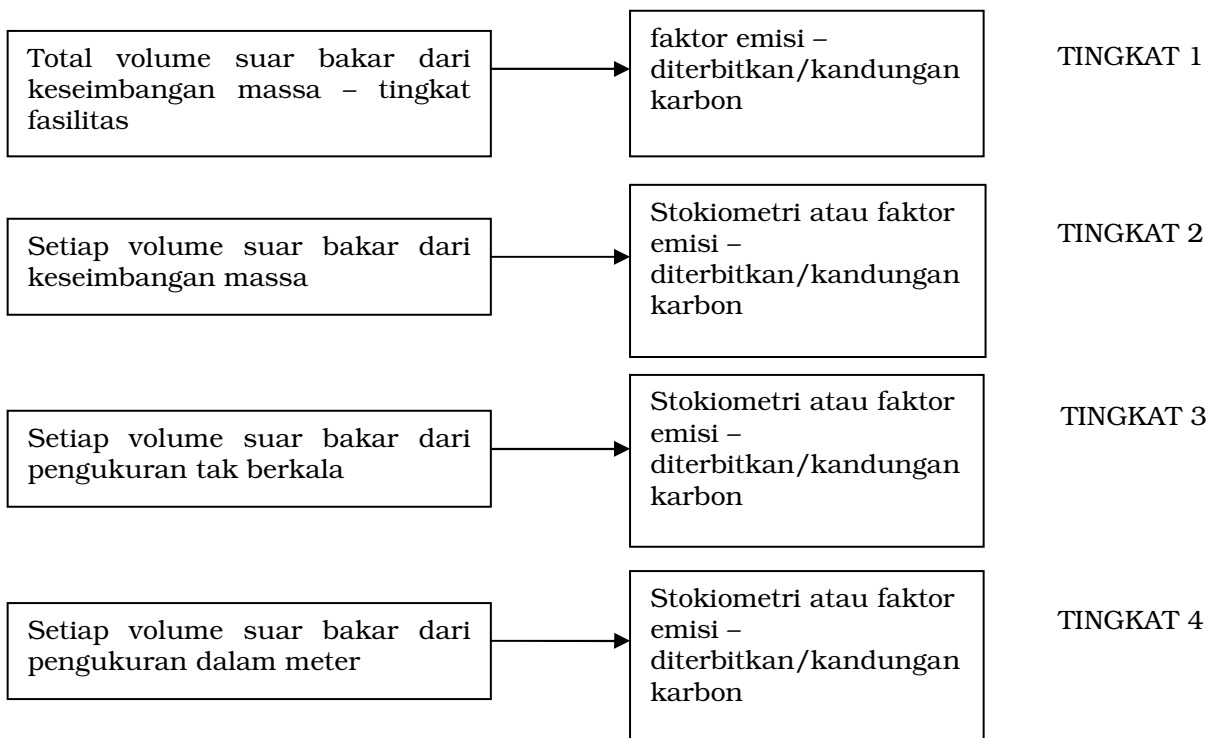
Molar volume Conversion = konversi dari molar volume ke massa (379.3 scf/lbmole atau 23.685 m<sup>3</sup>/kgmole).  
 MWCO<sub>2</sub> = berat molekul CO<sub>2</sub>.  
 Mass conversion = tonnes/2204.62lb atau tonne/1000 kg.  
 A = jumlah mol karbon dari komponen hidrokarbon.  
 B = jumlah mol CO<sub>2</sub> yang terdapat pada *flared gas stream*.

$$E_{CH_4} = V \times CH_4 \text{ Mole fraction} \times \% \text{ residual } CH_4 \times \frac{1}{\text{molar volume conversion}} \times MW_{CH_4}$$

(Rumus 9)

Keterangan:

ECH<sub>4</sub> = beban emisi CH<sub>4</sub> (lb).  
 V = volume *flaring* (scf).  
 % residual CH<sub>4</sub> = fraksi dari *flared stream* yang tidak terbakar (jika tidak diketahui nilainya 0.5% atau 2%; dalam hal ini faktor oksidasi masing-masing 95% atau 98%).  
 Molar volume conversion = konversi dari molar volume ke massa (379.3 scf/lbmole atau 23.685 m<sup>3</sup>/kgmole).  
 MW CH<sub>4</sub> = berat molekul CH<sub>4</sub>.



Rumus faktor emisi dari kandungan karbon/gas komposisi:

$$Wt\% C_i = \frac{\frac{12 \text{ lb } C}{\text{lbmole } C} \times \frac{X \text{ lbmole } C}{\text{lbmole } C_i}}{MW_{C_i} \left( \frac{\text{lb}}{\text{lbmole}} \right)} \times 100\%$$

(Rumus 10)

Keterangan:

- Wt%Ci = kandungan karbon dari komponen hidrokarbon i dalam persen berat.  
i = komponen hidrokarbon.  
12 lbC/lbmoleC = berat molekul karbon.  
X = koefisien *stoichiometry* dari karbon (contoh: X=3 untuk C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>).  
MWCi = berat molekul dari komponen hidrokarbon i.

$$Wt\%C_{mixture} = \frac{1}{100} \times \sum_{i=1}^{\#components} (Wt\%_i \times Wt\%C_i)$$

(Rumus 11)

Keterangan:

Wt%C<sub>mixture</sub> = kandungan karbon bahan bakar (%w/w) – *weighted average carbon* dari masing-masing komponen hidrokarbon.

Wt%i = persen berat komponen hidrokarbon i %w/w komponen i.

Wt%Ci = kandungan karbon dari komponen hidrokarbon i dalam persen berat, dihitung menggunakan Rumus 10.

Penentuan faktor emisi dari kandungan karbon/gas komposisi hanya berlaku untuk faktor emisi CO<sub>2</sub>, tidak untuk faktor emisi parameter lainnya.

Tabel VII-16 Faktor Emisi CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O untuk Suar Bakar pada Negara-Negara Berkembang atau Negara-Negara dengan Ekonomi dalam Transisi (API Compendium, 2009)

| Unit Asli                              |                 |                                 |                 |                                 |                  |                                 |   |
|--|-----------------|---------------------------------|-----------------|---------------------------------|------------------|---------------------------------|---|
| Sumber Kobaran                         | Faktor Emisi    |                                 |                 |                                 |                  |                                 |   |
|  | CO <sub>2</sub> | Ketidakpastian <sup>b</sup> (%) | CH <sub>4</sub> | Ketidakpastian <sup>b</sup> (%) | N <sub>2</sub> O | Ketidakpastian <sup>b</sup> (%) | Unit  |
| Flaring – Produksi Gas <sup>c</sup>    | 1,2E-03-1,6E-03 | ±75                             | 7,6E-07-1,0E-06 | ±75                             | 2,1E-08-2,9E-08  | -10+1000                        | Produksi Gas Gg/10 <sup>10</sup> m <sup>3</sup>                 |
| Flaring – memproses gas manis          | 1,8E-03-2,5E-03 | ±75                             | 1,2E-06-1,6E-06 | ±75                             | 2,5E-08-3,4E-08  | -10+1000                        | Umpan gas mentah Gg/10 <sup>10</sup> m <sup>3</sup>             |
| Flaring – memproses gas tawar          | 3,6E-03-2,5E-03 | ±75                             | 2,4E-06-3,3E-06 | ±75                             | 6,4E-07-8,8E-07  | -10+1000                        | Umpan gas mentah Gg/10 <sup>10</sup> m <sup>3</sup>             |
| Flaring – Produksi minyak konvensional | 4,1E-02-5,6E-02 | ±75                             | 2,5E-05-3,4E-05 | ±75                             | 4,6E-07-6,3E-07  | -10+1000                        | Produksi minyak konvensional Gg/10 <sup>10</sup> m <sup>3</sup> |
| Flaring –                              | 2,2E-           | -67 ke                          | 1,4E-04-        | -67 ke                          | 4,6E-            | 10+1000                         | Produksi  |

|   |                 |                                 |                 |                                 |                  |                                 |  |
|---|-----------------|---------------------------------|-----------------|---------------------------------|------------------|---------------------------------|--|
| produksi bitumen dingin/minyak berat  | 02-3,0E-02      | +150                            | 1,9E-04         | +150                            | 07-6,3E-07       |                                 | minyak berat Gg/10 <sup>10</sup> m <sup>3</sup>            |
| Flaring – produksi minyak termal  | 2,7E-02-3,7E-02 | -67 ke +150                     | 1,6E-05-2,2E-05 | -67 ke +150                     | 2,4E-07-3,3E-07  | 10+1000                         | Produksi bitumen termal Gg/10 <sup>10</sup> m <sup>3</sup> |
| <i>Unit yang Dikonversikan menjadi ton/10<sup>6</sup> scf atau ton/1000 bbl</i>           |                 |                                 |                 |                                 |                  |                                 |  |
| Sumber Kobaran  | Faktor Emisi    |                                 |                 |                                 |                  |                                 |  |
|   | CO <sub>2</sub> | Ketidakpastian <sup>b</sup> (%) | CH <sub>4</sub> | Ketidakpastian <sup>b</sup> (%) | N <sub>2</sub> O | Ketidakpastian <sup>b</sup> (%) | Unit   |
| Flaring – Produksi Gas <sup>c</sup>   | 3,4E-02-4,5E-02 | <b>±75</b>                      | 2,2E-05-2,8E-05 | <b>±75</b>                      | 5,9E-07-8,2E-07  | -10 ke +1000                    | Ton/10 <sup>6</sup> scf produksi gas                       |
| Flaring – memproses gas manis   | 5,1E-02-7,1E-02 | <b>±75</b>                      | 3,4E-05-4,5E-05 | <b>±75</b>                      | 7,1E-07-9,6E-07  | 10 ke +1000                     | Ton/10 <sup>6</sup> scf umpan gas mentah                   |
| Flaring – memproses gas tawar   | 0,10-0,14       | <b>±75</b>                      | 6,8E-05-9,3E-05 | <b>±75</b>                      | 1,5E-06-2,1E-06  | 10 ke +1000                     | Ton/10 <sup>6</sup> scf umpan gas mentah                   |
| Flaring – Produksi minyak konvensional  | 6,5-8,9         | <b>±75</b>                      | 4,0E-03-5,4E-03 | <b>±75</b>                      | 1,0E-04-1,4E-04  | 10 ke +1000                     | Ton/10 <sup>3</sup> bbl produksi minyak konvensional       |
| Flaring – produksi bitumen dingin/minyak berat  | 3,5-4,8         | -67 ke +150                     | 2,5E-03-3,5E-03 | -67 ke +150                     | 7,3E-05-1,0E-04  | 10 ke +1000                     | Ton/10 <sup>3</sup> bbl produksi minyak berat              |
| Flaring – produksi minyak termal  | 4,3-5,9         | -67 ke +150                     |                 | -67 ke +150                     | 3,8E-05-5,2E-05  | 10 ke +1000                     | Ton/10 <sup>3</sup> bbl produksi bitumen termal            |
| <i>Unit yang dikonversi ke ton/10<sup>8</sup> m<sup>3</sup> atau ton/100m<sup>3</sup></i> |                 |                                 |                 |                                 |                  |                                 |  |
| Sumber Kobaran  | Faktor Emisi    |                                 |                 |                                 |                  |                                 |  |
|   | CO <sub>2</sub> | Ketidakpastian <sup>b</sup> (%) | CH <sub>4</sub> | Ketidakpastian <sup>b</sup> (%) | N <sub>2</sub> O | Ketidakpastian <sup>b</sup> (%) | Unit   |
| Flaring – Produksi Gas <sup>c</sup>   | 1,2-1,6         | <b>±75</b>                      | 7,6E-04-1,0E-03 | <b>±75</b>                      | 2,1E-05-2,9E-05  | -10 ke +1000                    | Ton/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> produksi gas            |

|   |                         |                                     |                     |                                     |                         |                                     |   |
|---|-------------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|---|
| Flaring –<br>memproses<br>gas manis                         | 1,8-2,5                 | ±75                                 | 1,2E-03-<br>1,6E-03 | ±75                                 | 2,5E-<br>05-<br>3,4E-05 | 10 ke<br>+1000                      | Ton/10 <sup>6</sup><br>m <sup>3</sup><br>umpan<br>gas<br>mentah                 |
| Flaring –<br>memproses<br>gas tawar                         | 3,6 - 4,9               | ±75                                 | 2,4E-03-<br>3,3E-03 | ±75                                 | 5,4E-<br>05-<br>7,4E-05 | 10 ke<br>+1000                      | Ton/10 <sup>6</sup><br>m <sup>3</sup><br>umpan<br>gas<br>mentah                 |
| Flaring –<br>Produksi<br>minyak<br>konvensional             | 41,0-<br>56,0           | ±75                                 | 2,5E-02-<br>3,4E-02 | ±75                                 | 6,4E-<br>04-<br>8,8E-04 | 10 ke<br>+1000                      | Ton/10 <sup>3</sup><br>m <sup>3</sup><br>produksi<br>minyak<br>konvensi<br>onal |
| Flaring –<br>produksi<br>bitumen<br>dingin/minya<br>k berat | 22,0-<br>30,0           | -67 ke<br>+150                      | 1,4E-01-<br>1,9E-01 | -67 ke<br>+150                      | 4,6E-<br>04-<br>8,8E-04 | 10 ke<br>+1000                      | Ton/10 <sup>3</sup><br>m <sup>3</sup><br>produksi<br>minyak<br>berat            |
| Flaring –<br>produksi<br>minyak<br>termal                   | 27,0-<br>37,0           | -67 ke<br>+150                      | 1,6E-02-<br>2,2E-02 | -67 ke<br>+150                      | 2,4E-<br>04-<br>3,3E-04 | 10 ke<br>+1000                      | Ton/10 <sup>3</sup><br>m <sup>3</sup><br>produksi<br>bitumen<br>termal          |
| Unit Asli   |                         |                                     |                     |                                     |                         |                                     |   |
| Sumber<br>Kobaran   | Faktor Emisi            |                                     |                     |                                     |                         |                                     |   |
|   | CO <sub>2</sub>         | Ketidakpas<br>tian <sup>b</sup> (%) | CH <sub>4</sub>     | Ketidakpa<br>stian <sup>b</sup> (%) | N <sub>2</sub> O        | Ketidakpa<br>stian <sup>b</sup> (%) | Unit  |
| Flaring –<br>Produksi Gas <sup>c</sup>                      | 1,2E-<br>03-<br>1,6E-03 | ±75                                 | 7,6E-07-<br>1,0E-06 | ±75                                 | 2,1E-<br>08-<br>2,9E-08 | -10+1000                            | Produksi<br>Gas<br>Gg/10 <sup>10</sup><br>m <sup>3</sup>                        |
| Flaring –<br>memproses<br>gas manis                         | 1,8E-<br>03-<br>2,5E-03 | ±75                                 | 1,2E-06-<br>1,6E-06 | ±75                                 | 2,5E-<br>08-<br>3,4E-08 | -10+1000                            | Umpan<br>gas<br>mentah<br>Gg/10 <sup>10</sup><br>m <sup>3</sup>                 |
| Flaring –<br>memproses<br>gas tawar                         | 3,6E-<br>03-<br>2,5E-03 | ±75                                 | 2,4E-06-<br>3,3E-06 | ±75                                 | 6,4E-<br>07-<br>8,8E-07 | -10+1000                            | Umpan<br>gas<br>mentah<br>Gg/10 <sup>10</sup><br>m <sup>3</sup>                 |
| Flaring –<br>Produksi<br>minyak<br>konvensional             | 4,1E-<br>02-<br>5,6E-02 | ±75                                 | 2,5E-05-<br>3,4E-05 | ±75                                 | 4,6E-<br>07-<br>6,3E-07 | -10+1000                            | Produksi<br>minyak<br>konvensi<br>onal<br>Gg/10 <sup>10</sup><br>m <sup>3</sup> |
| Flaring –<br>produksi<br>bitumen<br>dingin/minya            | 2,2E-<br>02-<br>3,0E-02 | -67 ke<br>+150                      | 1,4E-04-<br>1,9E-04 | -67 ke<br>+150                      | 4,6E-<br>07-<br>6,3E-07 | 10+1000                             | Produksi<br>minyak<br>berat<br>Gg/10 <sup>10</sup>                              |

|   |                 |                                 |                 |                                 |                  |                                 |  |
|---|-----------------|---------------------------------|-----------------|---------------------------------|------------------|---------------------------------|--|
| k berat   |                 |                                 |                 |                                 |                  |                                 | m <sup>3</sup>   |
| Flaring – produksi minyak termal  | 2,7E-02-3,7E-02 | -67 ke +150                     | 1,6E-05-2,2E-05 | -67 ke +150                     | 2,4E-07-3,3E-07  | 10+1000                         | Produksi bitumen termal Gg/10 <sup>10</sup> m <sup>3</sup> |
| Unit yang Dikonversikan menjadi ton/10 <sup>6</sup> scf atau ton/1000 bbl             |                 |                                 |                 |                                 |                  |                                 |  |
| Sumber Kobaran  | Faktor Emisi    |                                 |                 |                                 |                  |                                 |  |
|   | CO <sub>2</sub> | Ketidakpastian <sup>b</sup> (%) | CH <sub>4</sub> | Ketidakpastian <sup>b</sup> (%) | N <sub>2</sub> O | Ketidakpastian <sup>b</sup> (%) | Unit   |
| Flaring – Produksi Gas <sup>c</sup>   | 3,4E-02-4,5E-02 | ±75                             | 2,2E-05-2,8E-05 | ±75                             | 5,9E-07-8,2E-07  | -10 ke +1000                    | Ton/10 <sup>6</sup> scf produksi gas                       |
| Flaring – memproses gas manis   | 5,1E-02-7,1E-02 | ±75                             | 3,4E-05-4,5E-05 | ±75                             | 7,1E-07-9,6E-07  | 10 ke +1000                     | Ton/10 <sup>6</sup> scf umpan gas mentah                   |
| Flaring – memproses gas tawar   | 0,10-0,14       | ±75                             | 6,8E-05-9,3E-05 | ±75                             | 1,5E-06-2,1E-06  | 10 ke +1000                     | Ton/10 <sup>6</sup> scf umpan gas mentah                   |
| Flaring – Produksi minyak konvensional  | 6,5-8,9         | ±75                             | 4,0E-03-5,4E-03 | ±75                             | 1,0E-04-1,4E-04  | 10 ke +1000                     | Ton/10 <sup>3</sup> bbl produksi minyak konvensional       |
| Flaring – produksi bitumen dingin/minyak berat  | 3,5-4,8         | -67 ke +150                     | 2,5E-03-3,5E-03 | -67 ke +150                     | 7,3E-05-1,0E-04  | 10 ke +1000                     | Ton/10 <sup>3</sup> bbl produksi minyak berat              |
| Flaring – produksi minyak termal  | 4,3-5,9         | -67 ke +150                     |                 | -67 ke +150                     | 3,8E-05-5,2E-05  | 10 ke +1000                     | Ton/10 <sup>3</sup> bbl produksi bitumen termal            |
| Unit yang dikonversi ke ton/10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> atau ton/100m <sup>3</sup> |                 |                                 |                 |                                 |                  |                                 |  |
| Sumber Kobaran  | Faktor Emisi    |                                 |                 |                                 |                  |                                 |  |
|   | CO <sub>2</sub> | Ketidakpastian <sup>b</sup> (%) | CH <sub>4</sub> | Ketidakpastian <sup>b</sup> (%) | N <sub>2</sub> O | Ketidakpastian <sup>b</sup> (%) | Unit   |
| Flaring – Produksi Gas <sup>c</sup>   | 1,2-1,6         | ±75                             | 7,6E-04-1,0E-03 | ±75                             | 2,1E-05-2,9E-05  | -10 ke +1000                    | Ton/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> produksi gas            |
| Flaring – memproses   | 1,8-2,5         | ±75                             | 1,2E-03-1,6E-03 | ±75                             | 2,5E-05-         | 10 ke +1000                     | Ton/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> umpan                   |

|  |           |             |                 |             |                 |             |   |
|--|-----------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|---|
| gas manis                                      |           |             |                 |             | 3,4E-05         |             | gas mentah  |
| Flaring – memproses gas tawar                  | 3,6 - 4,9 | ±75         | 2,4E-03-3,3E-03 | ±75         | 5,4E-05-7,4E-05 | 10 ke +1000 | Ton/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> umpan gas mentah             |
| Flaring – Produksi minyak konvensional         | 41,0-56,0 | ±75         | 2,5E-02-3,4E-02 | ±75         | 6,4E-04-8,8E-04 | 10 ke +1000 | Ton/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> produksi minyak konvensional |
| Flaring – produksi bitumen dingin/minyak berat | 22,0-30,0 | -67 ke +150 | 1,4E-01-1,9E-01 | -67 ke +150 | 4,6E-04-8,8E-04 | 10 ke +1000 | Ton/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> produksi minyak berat        |
| Flaring – produksi minyak termal               | 27,0-37,0 | -67 ke +150 | 1,6E-02-2,2E-02 | -67 ke +150 | 2,4E-04-3,3E-04 | 10 ke +1000 | Ton/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> produksi bitumen termal      |

Catatan kaki dan sumber:

<sup>a</sup>IPCC, 2006 *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2*, Bab 4 (Emisi yang Cepat Hilang), Tabel 4.2.5, 2006 Revisi November 2008.

<sup>b</sup>Ketidaktepastian berdasarkan 95% interval kepercayaan (IPCC, *Volume 2*, Bab 4, Bagian 4.2.2.7.2, 2006 Revisi November 2008).

<sup>c</sup>IPCC melaporkan bahwa volume yang berkobar harus digunakan untuk memperkirakan kobaran emisi daripada faktor emisi diatas ketika data tersedia. IPCC melaporkan kobaran volume berdasarkan faktor emisi adalah 0,012, 2,0 dan 0,000023 Gg/10<sup>8</sup> m<sup>3</sup> kobaran gas untuk CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, dan N<sub>2</sub>O berurutan, berdasarkan 98% efisiensi kobaran dan analisis gas khusus pada pabrik pemroses gas (91,9%CH<sub>4</sub>, 0,58%CO<sub>2</sub>, 0,68%N<sub>2</sub>, dan 6,84% hidrokarbon non-CH<sub>4</sub>, berdasarkan volume).

Tabel VII-17 Faktor Emisi untuk Gas *Flaring* (OGP Report, no. 197)

| Emisi            | Unit    | Faktor Emisi |
|------------------|---------|--------------|
| CO <sub>2</sub>  | Ton/ton | 2,61         |
| CH <sub>4</sub>  | Ton/ton | 0,035        |
| NO <sub>x</sub>  | Ton/ton | 0,0015       |
| N <sub>2</sub> O | Ton/ton | 0,000081     |
| SO <sub>x</sub>  | Ton/ton | 0,0000128    |
| VOC              | Ton/ton | 0,015        |

Catatan:

1. Mengasumsikan 95% dari gas dibakar; faktor = 2,75\*0,95 kecuali dalam area yang diatur ketat (misalnya Amerika Serikat) ketika faktor =2,75\*0,98;
2. Faktor karbondioksida mengasumsikan berat molekular sebesar 16. Jika berat molekul gas diketahui, gunakan nilai yang cocok yang tersaji pada Tabel 4.1 dalam konteks persamaan 2,75;
3. Karbon monoksida. Faktor emisi USEPA berdasarkan pengukuran yang dilakukan Data API/Asosiasi Pabrik Kimia;
4. Nitrogen Oksida. Faktor emisi USEPA berdasarkan pengukuran yang dilakukan Data API/Asosiasi Pabrik Kimia;
5. Sulfur Oksida: konten sulfur mengasumsikan 6,4ppm menurut berat, untuk kobaran gas dengan kandungan sulfur yang lebih tinggi, gunakan suatu faktor emisi dikalkulasikan menggunakan formula S1\*2,0 dimana S1 adalah fraksi berat sulfur dalam bahan bakar.
6. CH/VOC: komposisi gas yang diasumsikan; 70% CH<sub>4</sub> , 30% VOC menurut beratnya.

Inventaris Inggris menggunakan komposisi dari setiap bidang. Rata-rata komposisi 51 CH<sub>4</sub>, 49% VOC menurut berat komposisi gas yang diasumsikan inventaris Norwegia: 65% CH<sub>4</sub>, 35% VOC menurut berat.

Tabel VII-18 Faktor Emisi NO<sub>x</sub> dan PM untuk Gas *Flaring* (US EPA AP-42)

| Sumber  | Polutan         | Kontrol yang Melekat   | Peralatan kendali yang ditambahkan | Efisiensi Kontrol | Faktor Emisi | Unit-unit HHV | Referensi           |
|---------|-----------------|------------------------|------------------------------------|-------------------|--------------|---------------|---------------------|
| Kobaran | NO <sub>x</sub> | Uap/Air yang diberikan | Tidak ada                          | NA                | 0,068        | Lb/MMBtu      | AP-42, Tabel 13,5-1 |
| Kobaran | PM/PM10/PM2.5   | Uap/Air yang diberikan | Tidak ada                          | NA                | 0,0075       | Lb/MMBtu      | AP-42, Tabel 1.4-2  |

a. Tier 1

Perhitungan beban emisi berdasarkan:

1. volume produksi dan menggunakan faktor emisi baku berdasarkan tipe fasilitas yang dipublikasikan oleh API Compendium (Rumus 6), atau
2. estimasi volume total *flaring* yang didapatkan dari perhitungan neraca massa pada level fasilitas dan berdasarkan prinsip stoikometric (Rumus 8 dan 9) atau menggunakan faktor emisi baku yang dipublikasikan dari berbagai referensi ataupun faktor emisi dari data kandungan karbon/gas komposisi (untuk CO<sub>2</sub> saja – Rumus 10 dan 11).

b. Tier 2

Perhitungan beban emisi berdasarkan estimasi volume pada setiap unit suar bakar yang didapat dari perhitungan neraca massa dan berdasarkan prinsip stoikometric (Rumus 8 dan 9) atau menggunakan faktor emisi baku yang dipublikasikan dari berbagai referensi ataupun faktor emisi dari data kandungan karbon/gas komposisi (untuk CO<sub>2</sub> saja – Rumus 10 dan 11).

c. Tier 3

Perhitungan beban emisi berdasarkan hasil pengukuran secara berkala (setiap 1 bulan/3 bulan/6 bulan, dan lain-lain) yang kemudian digunakan untuk mendapatkan estimasi volume *flaring* dalam 1 tahun dan berdasarkan prinsip stoikometric (Rumus 8 dan 9) atau penggunaan faktor emisi. Faktor emisi yang digunakan dapat berupa faktor emisi baku yang dipublikasikan dari berbagai referensi ataupun faktor emisi dari data kandungan karbon/gas komposisi (untuk CO<sub>2</sub> saja – Rumus 10 dan 11).

d. Tier 4

Perhitungan beban emisi berdasarkan pengukuran secara terus-menerus menggunakan *flow meter* sehingga diperoleh volume *flaring* yang aktual dan berdasarkan prinsip stoikometric (Rumus 8 dan 9) atau penggunaan faktor emisi. Faktor emisi yang digunakan dapat berupa faktor emisi baku yang dipublikasikan dari berbagai referensi ataupun faktor emisi dari data kandungan karbon/gas komposisi (untuk CO<sub>2</sub> saja – Rumus 10 dan 11).

VI. PERHITUNGAN BEBAN EMISI DARI UNIT *THERMAL OXIDIZER* DAN INSINERATOR GAS KECUT



## A. Parameter Emisi

Parameter beban emisi yang dihitung untuk *Thermal Oxidizer* dan Insinerator Gas Kecut adalah parameter gas rumah kaca dan parameter utama yang merujuk pada PerMenLH 13/2009 seperti ditampilkan pada Tabel 6-1 berikut:

Tabel VII-19 Parameter Emisi dari Unit *Thermal Oxidizer* dan Insinerator Gas Kecut

| Gas Rumah Kaca  | Parameter Utama<br>(Peraturan Menteri Negara<br>Lingkungan Hidup Nomor 13<br>Tahun 2009) |
|---|--|
| a. CO <sub>2</sub><br>b. CH <sub>4</sub><br>c. N <sub>2</sub> O | SO <sub>x</sub>  |

## B. Pembagian Tier dan Metodologi

### 1. Tier 1

Perhitungan beban emisi yang berasal dari unit *thermal oxidizer* dan insinerator gas kecut adalah berdasarkan perkalian antara volume produksi dengan faktor emisi. Faktor emisi didapatkan dari referensi API Compendium 2009 dan/atau US-EPA AP-42.

Informasi yang diperlukan untuk menghitung emisi berdasarkan Tier 1 ini adalah:

- a. Jenis fasilitas (seperti produksi gas, pemrosesan gas, atau produksi minyak bumi).
- b. Faktor emisi  
API compendium pada Tabel 6-2 di bawah untuk parameter CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O yang didasarkan pada produksi total gas atau minyak dari jenis fasilitas, bukan laju alir pembakaran gas kecut.
- c. Input parameter berdasarkan jenis fasilitas emisi (seperti produksi (*throughput*) gas untuk lapangan produksi gas, volume masukan dari gas yang diproses di *gas processing plant* untuk tipe fasilitas *gas processing plant*, atau produksi minyak bumi untuk lapangan produksi minyak bumi).

Emisi dihitung berdasarkan formula dasar berikut:

$$\text{Emisi} = \text{input parameter (produksi, spesifik sesuai tipe fasilitas)} \times \text{faktor emisi} \quad (\text{Rumus 12})$$

API Compendium Section 4.7 menyebutkan bahwa emisi dari *thermal oxidizer* dan insinerator gas kecut dihitung dengan cara yang sama seperti pembakaran gas suar bakar. Faktor emisi dari API Compendium pada Tabel 6-2 di bawah dapat digunakan untuk keperluan perhitungan dari sumber ini.

Selain itu, gas kecut yang dibakar di *thermal oxidizer* ataupun insinerator juga membutuhkan bahan bakar tambahan sebagai penyulutnya. Untuk bahan bakar penyulut ini, API Compendium merekomendasikan agar perhitungannya dilakukan seperti perhitungan emisi untuk unit pembakaran luar.

#### 1) Perhitungan Emisi CO<sub>2</sub>

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{input parameter (produksi, spesifik sesuai tipe fasilitas)} \times \text{faktor emisi CO}_2$$

(Rumus 13)

2) Perhitungan Emisi CH<sub>4</sub>

$$\text{Emisi CH}_4 = \text{input parameter (produksi, spesifik sesuai tipe fasilitas)} \times \text{faktor emisi CH}_4$$

(Rumus 14)

3) Perhitungan Emisi N<sub>2</sub>O

$$\text{Emisi N}_2\text{O} = \text{input parameter (produksi, spesifik sesuai tipe fasilitas)} \times \text{faktor emisi N}_2\text{O}$$

(Rumus 15)

Tabel VII-20 Faktor emisi CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O untuk *Thermal Oxidizer* dan Insinerator Gas Kecut pada Negara-Negara Berkembang atau Negara-Negara dengan Ekonomi dalam Transisi (Tabel 4-12 - API Compendium, 2009)

| Unit Asli   |                 |                                  |                 |                                  |                  |                                  |  |
|---|-----------------|----------------------------------|-----------------|----------------------------------|------------------|----------------------------------|--|
| Sumber Kobaran  | Faktor Emisi    |                                  |                 |                                  |                  |                                  |  |
|   | CO <sub>2</sub> | Ketidakpas tian <sup>b</sup> (%) | CH <sub>4</sub> | Ketidakpa stian <sup>b</sup> (%) | N <sub>2</sub> O | Ketidakpa stian <sup>b</sup> (%) | Unit   |
| Flaring – Produksi Gas <sup>c</sup>                               | 1,2E-03-1,6E-03 | ±75                              | 7,6E-07-1,0E-06 | ±75                              | 2,1E-08-2,9E-08  | -10 ke +1000                     | Gg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> produksi gas                   |
| Flaring – memproses gas manis                                     | 1,8E-03-2,5E-03 | ±75                              | 1,2E-06-1,6E-06 | ±75                              | 2,5E-08-3,4E-08  | -10 ke +1000                     | Gg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> umpan gas mentah               |
| Flaring – memproses gas tawar                                     | 3,6E-03-4,9E-03 | ±75                              | 2,4E-06-3,3E-06 | ±75                              | 5,4E-08-7,4E-08  | -10 ke +1000                     | Gg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> umpan gas mentah               |
| Flaring – Produksi minyak konvensional                            | 4,1E-02-5,6e-02 | ±75                              | 2,5E-05-3,4E-05 | ±75                              | 5,4E-08-7,4E-08  | -10 ke +1000                     | Gg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> produksi minyak konvensional   |
| Flaring – produksi bitumen dingin/minyak berat                    | 2,2E-02-3,0E-02 | -67 ke +150                      | 1,4E-04-1,9E-04 | -67 ke +150                      | 6,4E-07-8,8E-07  | -10 ke +1000                     | Gg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> Produksi minyak berat          |
| Flaring – produksi minyak termal                                  | 2,7E-02-3,7E-02 | -67 ke +150                      | 1,6E-05-2,2E-05 | -67 ke +150                      | 2,4E-07-3,3E-07  | -10 ke +1000                     | ton/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> produksi minyak bitumen panas |
| Unit-unit dikonversi ke ton/10 <sup>6</sup> scf atau ton/1000 bbl |                 |                                  |                 |                                  |                  |                                  |  |
| Sumber Kobaran  | Faktor Emisi    |                                  |                 |                                  |                  |                                  |  |
|   | CO <sub>2</sub> | Ketidakpas tian <sup>b</sup> (%) | CH <sub>4</sub> | Ketidakpa stian <sup>b</sup> (%) | N <sub>2</sub> O | Ketidakpa stian <sup>b</sup> (%) | Unit   |

|  |                 |             |                 |             |                 |              |  |
|--|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|--------------|--|
| Flaring – Produksi Gas <sup>c</sup>            | 3,4E-02-4,5E-02 | <b>±75</b>  | 2,2E-05-2,8E-05 | <b>±75</b>  | 5,9E-07-8,2E-07 | -10 ke +1000 | Ton/10 <sup>6</sup> scf produksi gas                 |
| Flaring – memproses gas manis                  | 5,1E-02-7,1E-02 | <b>±75</b>  | 3,4E-05-4,5E-05 | <b>±75</b>  | 7,1E-07-9,6E-07 | -10 ke +1000 | Ton/10 <sup>6</sup> scf umpan gas mentah             |
| Flaring – memproses gas tawar                  | 0,10-0,14       | <b>±75</b>  | 6,8E-05-9,3E-05 | <b>±75</b>  | 1,5E-06-2,1E-06 | -10 ke +1000 | Ton/10 <sup>6</sup> scf umpan gas mentah             |
| Flaring – Produksi minyak konvensional         | 6,5-8,9         | <b>±75</b>  | 4,0E-03-5,4E-03 | <b>±75</b>  | 1,0E-04-1,4E-04 | -10 ke +1000 | Ton/10 <sup>3</sup> bbl produksi minyak konvensional |
| Flaring – produksi bitumen dingin/minyak berat | 3,5-4,8         | -67 ke +150 | 2,2E-02-3,0E-02 | -67 ke +150 | 7,3E-05-1,0E-04 | -10 ke +1000 | Ton/10 <sup>3</sup> bbl produksi minyak berat        |
| Flaring – produksi minyak termal               | 4,3-5,9         | -67 ke +150 | 2,5E-03-3,5E-03 | -67 ke +150 | 3,8E-05-5,2E-05 | -10 ke +1000 | Ton/10 <sup>3</sup> bbl produksi bitumen termal      |

Unit yang dikonversi ke ton/10<sup>8</sup> m<sup>3</sup> atau ton/100m<sup>3</sup>

| Sumber Kobaran                         | Faktor Emisi    |                                 |                 |                                 |                  |                                 | Unit  |
|--|-----------------|---------------------------------|-----------------|---------------------------------|------------------|---------------------------------|---|
|  | CO <sub>2</sub> | Ketidakpastian <sup>b</sup> (%) | CH <sub>4</sub> | Ketidakpastian <sup>b</sup> (%) | N <sub>2</sub> O | Ketidakpastian <sup>b</sup> (%) |   |
| Flaring – Produksi Gas <sup>c</sup>    | 1,2-1,6         | <b>±75</b>                      | 7,6E-04-1,0E-03 | <b>±75</b>                      | 2,1E-05-2,9E-05  | -10 ke +1000                    | Ton/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> produksi gas                 |
| Flaring – memproses gas manis          | 1,8-2,5         | <b>±75</b>                      | 1,2E-03-1,6E-03 | <b>±75</b>                      | 2,5E-05-3,4E-05  | 10 ke +1000                     | Ton/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> umpan gas mentah             |
| Flaring – memproses gas tawar          | 3,6 - 4,9       | <b>±75</b>                      | 2,4E-03-3,3E-03 | <b>±75</b>                      | 5,4E-05-7,4E-05  | 10 ke +1000                     | Ton/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> umpan gas mentah             |
| Flaring – Produksi minyak konvensional | 41,0-56,0       | <b>±75</b>                      | 2,5E-02-3,4E-02 | <b>±75</b>                      | 6,4E-04-8,8E-04  | 10 ke +1000                     | Ton/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> produksi minyak konvensional |

|  |           |             |                 |             |                 |             |  |
|--|-----------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|--|
| Flaring – produksi bitumen dingin/minyak berat | 22,0-30,0 | -67 ke +150 | 1,4E-01-1,9E-01 | -67 ke +150 | 4,6E-04-8,8E-04 | 10 ke +1000 | Ton/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> produksi minyak berat   |
| Flaring – produksi minyak termal               | 27,0-37,0 | -67 ke +150 | 1,6E-02-2,2E-02 | -67 ke +150 | 2,4E-04-3,3E-04 | 10 ke +1000 | Ton/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> produksi bitumen termal |

Catatan kaki dan sumber:

<sup>a</sup>IPCC, *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2*, Bab 4 (Emisi yang Cepat Hilang), Tabel 4.2.5, 2006 Revisi November 2008.

<sup>b</sup>Ketidakpastian berdasarkan 95% interval kepercayaan (*IPCC, Volume 2*, Bab 4, Bagian 4.2.2.7.2, 2006 Revisi November 2008).

<sup>c</sup>IPCC melaporkan bahwa volume yang berkobar harus digunakan untuk memperkirakan kobaran emisi daripada faktor emisi diatas ketika data tersedia. IPCC melaporkan kobaran volume berdasarkan faktor emisi adalah 0,012, 2,0 dan 0,000023 Gg/10<sup>8</sup> m<sup>3</sup> kobaran gas untuk CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, dan N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> berurutan, berdasarkan 98% efisiensi kobaran dan analisis gas khusus pada pabrik pemroses gas (91,9%CH<sub>4</sub>, 0,58%CO<sub>2</sub>, 0,68%N<sub>2</sub>, dan 6,84% hidrokarbon non-CH<sub>4</sub>, berdasarkan volume).

#### 4) Perhitungan Emisi SO<sub>2</sub>

Beban emisi SO<sub>2</sub> untuk Tier-1 tidak dapat dihitung karena ketidaktersediaan faktor emisi dari berbagai referensi.

## 2. Tier 2

Perhitungan untuk Tier 2 ini berdasarkan laju alir volumetrik dari gas kecut dengan menerapkan prinsip stoikiometri pembakaran dan neraca massa, dengan asumsi 98% hidrokarbon di gas kecut dan bahan bakar penyulut, terbakar menjadi CO<sub>2</sub>. Perhitungan dalam Tier-2 ini dapat dilakukan jika informasi berikut diketahui:

- a. Laju alir volumetrik dari gas kecut yang dibakar di *thermal oxidizer* ataupun insinerator gas kecut;
- b. Komposisi gas kecut.

Laju alir volumetrik dari gas kecut dapat diukur secara aktual dengan menggunakan *flow meter*, ataupun dapat diestimasi dengan menggunakan neraca massa. Komposisi gas kecut didapat dari sampling dan analisis laboratorium (gas kromatografi).

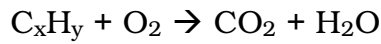
Jika unit *thermal oxidizer* atau insinerator gas kecut menggunakan bahan bakar penyulut yang diperlukan untuk menginisiasi pembakaran gas kecut, maka emisi dihitung berdasarkan prinsip unit pembakaran luar.

#### a. Perhitungan Emisi CO<sub>2</sub>

Emisi CO<sub>2</sub> berasal dari CO<sub>2</sub> yang ada sebagai komponen awal dari gas kecut dan CO<sub>2</sub> yang berasal dari pembakaran hidrokarbon yang ada di gas kecut. CO<sub>2</sub> yang berasal dari gas kecut dikuantifikasi berdasarkan laju alir volumetrik dari gas kecut, komposisi CO<sub>2</sub> dalam gas kecut, dan faktor konversi volume-molekular dan berat mol CO<sub>2</sub>.

CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari pembakaran hidrokarbon dihitung berdasarkan volume hidrokarbon yang dibakar dan komposisi hidrokarbon dalam gas kecut yang kemudian dikonversi menjadi mole dengan faktor konversi volume-molekular dan dikonversi menjadi massa dengan berat molekul.

Reaksi pembakaran adalah sebagai berikut:



Formula untuk menghitung emisi CO<sub>2</sub> berdasarkan *stoichiometric* dan neraca massa tersebut dapat diturunkan dalam API Compendium (Equation 4-15) menjadi sebagai berikut:

$$E_{CO_2} = \text{Volume flared} \times \text{Molar volume conversion} \times \text{MW CO}_2 \times \text{mass conversion} \times \left[ \sum \left( \frac{\text{mole Hydrocarbon}}{\text{mole gas}} \times \frac{A \text{ mole C}}{\text{mole Hydrocarbon}} \right) \times \frac{0.98 \text{ mole CO}_2 \text{ formed}}{\text{mole C combusted}} + \frac{B \text{ mole CO}_2}{\text{mole gas}} \right]$$

(Rumus 16)

Keterangan:

- ECO<sub>2</sub> = beban emisi CO<sub>2</sub> (ton).  
 Volume flared = volume gas kecut (scf).  
 Molar volume Conversion = konversi dari molar volume ke massa (379.3 scf/lbmole atau 23.685 m<sup>3</sup>/kgmole).  
 MWCO<sub>2</sub> = berat molekul CO<sub>2</sub>.  
 Mass conversion = tonnes/2204.62lb atau tonne/1000 kg.  
 A = jumlah mol karbon dari komponen hidrokarbon.  
 B = jumlah mol CO<sub>2</sub> yang terdapat pada aliran gas kecut.

#### b. Perhitungan Emisi CH<sub>4</sub>

Emisi CH<sub>4</sub> berasal dari residu CH<sub>4</sub> dalam gas kecut yang tidak terbakar. Asumsi pembakaran menyisakan 2% CH<sub>4</sub> dalam gas kecut yang langsung dilepas ke atmosfer. CH<sub>4</sub> dapat dihitung berdasarkan prinsip konversi unit dari volume ke massa seperti berikut (API Compendium Equation 4-16).

$$E_{CH_4} = V \times CH_4 \text{ Mole fraction} \times \% \text{ residual CH}_4 \times \frac{1}{\text{molar volume conversion}} \times MW_{CH_4}$$

(Rumus 17)

Keterangan:

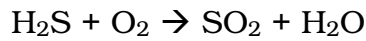
- ECH<sub>4</sub> = beban emisi CH<sub>4</sub> (lb).  
 V = volume gas kecut (scf).  
 % residual CH<sub>4</sub> = fraksi dari aliran gas kecut yang tidak terbakar (jika tidak diketahui nilainya 0.5% atau 2%; dalam hal ini faktor oksidasi masing-masing 95% atau 98%).  
 Molar volume conversion = konversi dari molar volume ke massa (379.3 scf/lbmole atau 23.685 m<sup>3</sup>/kgmole).  
 MW CH<sub>4</sub> = berat molekul CH<sub>4</sub>.

#### c. Perhitungan Emisi N<sub>2</sub>O

Untuk perhitungan emisi N<sub>2</sub>O dapat dilakukan dengan menggunakan faktor emisi pada Tabel 4-8 di atas, dengan asumsi alat kontrol yang mirip seperti *heater*.

#### d. Perhitungan Emisi SO<sub>2</sub>

SO<sub>2</sub> berasal dari pembakaran H<sub>2</sub>S yang diestimasi berdasarkan neraca massa dengan *stoichiometric* reaksi pembakaran sebagai berikut:



Emisi SO<sub>2</sub> dari *thermal oxidizer* atau insinerator gas kecut dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$E_{\text{SO}_2} = V_{\text{gas}} \times A \times \frac{1}{B} \times C \times \frac{D}{E}$$

(Rumus 18)

Keterangan:

$E_{\text{SO}_2}$  = emisi SO<sub>2</sub> dari *thermal oxidizer* ataupun insinerator gas kecut (tonne SO<sub>2</sub>).

$V_{\text{gas}}$  = volume dari gas kecut yang dibakar (m<sup>3</sup>).

$A$  = persen mole H<sub>2</sub>S dalam gas kecut.

$B$  = faktor konversi volume-molekular dari m<sup>3</sup> menjadi mole pada 60 deg F dan 14.7 psia which is 23.685 m<sup>3</sup>/kgmole or 23.685 litres/mole (*American Society of Testing and Materials (ASTM) D3588-98 (1998, reapproved in 2003)* dan *API Manual of Petroleum Measurement Standard Chapter 14, Section 5 (January 1991, Reaffirmed March 2002)*).

$C$  = efisiensi pembakaran sulfur. API Compendium merekomendasikan 100%.

$D$  = berat molekul SO<sub>2</sub> (64 kg/kgmole).

$E$  = faktor konversi dari kg ke ton (1000 kg/ton).

### 3. Tier 3

Beban emisi didapatkan berdasarkan pengukuran aktual yang dapat berupa data dari *online analyzer (Continuous Emission Monitoring System - CEMS)* ataupun pengukuran manual (sampling) secara periodik untuk masing-masing parameter. Emisi dihitung berdasarkan perkalian antara emisi yang terukur (mg/Nm<sup>3</sup>) dengan laju alir (laju alir volumetrik/satuan waktu) dan faktor konversi.

## VII. PERHITUNGAN BEBAN EMISI DARI UNIT PENANGKAPAN SULFUR (YANG DILENGKAPI DENGAN *THERMAL OXIDIZER* ATAU INSINERATOR)

### A. Parameter Emisi

Parameter beban emisi yang dihitung adalah parameter gas rumah kaca dan parameter utama berdasarkan PerMenLH No 13 tahun 2009 sebagai berikut:

Tabel VII-1 Parameter Emisi dari Unit Penangkapan Sulfur

| Gas Rumah Kaca   | Parameter Utama (Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 13 Tahun 2009) |
|--|---|
| CO <sub>2</sub><br>CH <sub>4</sub><br>N <sub>2</sub> O | SO <sub>x</sub>   |

SO<sub>2</sub> merupakan parameter utama yang dihasilkan dari unit penangkapan sulfur yang dilengkapi dengan *thermal oxidizer/insinerator*. Hal ini sesuai dengan US EPA AP-42 Sulfur Recovery, Section 4.2, yang menyatakan:

*“No data on emissions of volatile organic compounds, lead, nitrogen oxides, carbon monoxide, or particulate matter were found nor expected for the sulfur recovery process.”*

“Sulfur dioxide is the only criteria pollutant emitted from the sulfur recovery process.”

## B. Pembagian Tier dan Metodologi

### 1. Tier 1

Perhitungan beban emisi untuk Tier 1 pada unit penangkapan sulfur adalah berdasarkan volume produksi dikalikan faktor emisi. Faktor emisi didapat dari referensi API Compendium 2009 dan/atau US-EPA AP-42.

Informasi yang perlu diketahui adalah:

- a. Tipe fasilitas penangkapan sulfur, seperti :
  - 1) Ada atau tidaknya *amine absorber* untuk penangkapan sulfur.
  - 2) Tipe konfigurasi unit claus (seperti *reactor claus* dengan 2 atau 3 tahap katalis).
- b. Faktor Emisi
  - 1) API Compendium pada Tabel 4-4 dan 4-8 di atas masing-masing untuk parameter CO<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub>O yang didasarkan pada volume bahan bakar yang digunakan di *thermal oxidizer* atau insinerator. Emisi CO<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub>O yang terbentuk adalah hasil dari pembakaran pada unit *thermal oxidizer* atau insinerator sehingga faktor emisinya sama dengan faktor emisi unit pembakaran luar.
  - 2) API Compendium pada Tabel 7-2 di bawah ini untuk parameter CH<sub>4</sub>, jika Unit Penangkap Sulfur dengan *Amine-Based System*. “Ada beberapa teknologi lain untuk memisahkan gas kecut selain *amine*, seperti *Morphysorb*, *Kvaerner Membrane*, *Molecular Gate* dan *Molecular Sieves*. Teknologi-teknologi tersebut dilaporkan dapat menurunkan emisi CH<sub>4</sub>, namun faktor emisinya belum tersedia (EPA Gas STAR, August 2007)”
  - 3) US-EPA AP-42 untuk parameter SO<sub>2</sub>, seperti pada Tabel 7-3 di bawah.
- c. Volume sulfur yang di-*recovery*

#### 1) Perhitungan Emisi CO<sub>2</sub>

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{Volume bahan bakar}_{(\text{Therm-Ox atau insinerator})} \times \text{faktor emisi CO}_2$$

(Rumus 19)

Faktor emisi CO<sub>2</sub> yang digunakan untuk menghitung beban emisi, mengacu kepada Tabel 4-4 pada Bagian 4: Perhitungan Beban Emisi dari Unit Pembakaran Dalam dan Unit Pembakaran Luar.

Tidak tersedia faktor emisi untuk parameter CO<sub>2</sub> yang dilepas ke atmosfer dari Sistem *Amine*. Sehingga beban emisi CO<sub>2</sub> dari sistem *Amine* ini tidak dapat dihitung dengan Tier-1.

#### 2) Perhitungan Emisi CH<sub>4</sub>

Emisi CH<sub>4</sub> yang dihitung adalah berasal dari hasil regenerasi *Amine* yang dilepas ke atmosfer dari *venting system reboiler* dan CH<sub>4</sub> dari unit *thermal oxidizer* atau insinerator yang tidak terbakar secara sempurna. Jumlah CH<sub>4</sub> yang tertangkap oleh *Amine* pada unit penangkapan sulfur adalah sangat sedikit.

$$\text{Total Emisi CH}_4 = \text{Emisi CH}_4_{\text{regenerasi amine}} + \text{Emisi CH}_4_{\text{Therm-Ox atau Insinerator}}$$

(Rumus 20)

Jumlah CH<sub>4</sub> yang di-venting tersebut dapat dihitung dengan formula sebagai berikut :

$$\text{Emisi CH}_4 \text{ regenerasi amine} = \text{volume}_{\text{treated gas}} \times \text{faktor emisi CH}_4 \quad (\text{Rumus 21})$$

Tabel VII-2 Faktor emisi CH<sub>4</sub> untuk Unit Penangkapan Sulfur dari Hasil Regenerasi *Amine*

| Sumber   | Faktor Emisi Metana <sup>a</sup> , Unit Asli | Faktor Emisi Metana <sup>b</sup> , dikonversi ke ton dasar | Ketidakpastian <sup>c</sup> , (+/-%) |
|----------|--|--|--------------------------------------|
| AGR vent | 965 scf/10 <sup>6</sup> scf treated gas      | 0,0185 ton/10 <sup>6</sup> scf treated gas                 | 119                                  |
|          |  | 0,654 ton/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> treated gas       |                                      |
|          | 33,794 scfd/ unit AGR                        | 0,6482 ton/hari – unit AGR                                 | 125                                  |

Catatan Kaki dan Sumber:

<sup>a</sup> Myers, D.B *Methane Emissions from the Natural Gas Industry, Volume 14; Glycol Dehydrators, Final Report*, GRI-94/025731 dan EPA-600/R-96-080n. Badan Perlindungan Lingkungan AS dan Institut Penelitian Gas, Juni 1996. Berdasarkan unit DEA.

<sup>b</sup> Faktor emisi CH<sub>4</sub> dikonversi dari scf berdasarkan 60°F dan 14,7 psia.

<sup>c</sup> Ketidakpastian berdasarkan 95% interval kepercayaan yang dikonversi dari 90% interval kepercayaan dari data digunakan untuk mengembangkan faktor emisi asli.

Jika sistem *Amine* pada unit penangkap sulfur adalah sistem tertutup, dimana *venting* dari *reboiler* akan dialirkan ke *thermal oxidizer* atau insinerator maka perhitungan beban emisi dari regenerasi *amine* tidak dilakukan.

Sementara untuk jumlah CH<sub>4</sub> yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna dari unit *Thermal Oxidizer* atau insinerator tersebut dapat dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$\text{Emisi CH}_4 \text{ Therm-Ox atau Insinerato r} = \text{Volume bahan bakar}_{\text{(Therm-Ox atau insinerato r)}} \times \text{faktor emisi CH}_4 \quad (\text{Rumus 22})$$

Faktor emisi CH<sub>4</sub> yang digunakan untuk menghitung beban emisi, mengacu kepada Tabel 4-8 pada Bagian 4: Perhitungan Beban Emisi dari Unit Pembakaran Dalam dan Unit Pembakaran Luar (faktor emisi untuk *Heater*).

### 3) Perhitungan Emisi N<sub>2</sub>O

$$\text{Emisi N}_2\text{O} = \text{Volume bahan bakar}_{\text{(Therm-Ox atau insinerato r)}} \times \text{faktor emisi N}_2\text{O} \quad (\text{Rumus 23})$$

Faktor emisi N<sub>2</sub>O yang digunakan untuk menghitung beban emisi, mengacu kepada Tabel 4-8 pada Bagian 4: Perhitungan Beban Emisi dari Unit Pembakaran Dalam dan Unit Pembakaran Luar (faktor emisi untuk *Heater*).

### 4) Perhitungan Emisi SO<sub>2</sub>

Perhitungan emisi SO<sub>2</sub> pada Tier-1 berikut hanya berlaku untuk Unit Penangkap Sulfur yang dilengkapi dengan Sistem Claus, sementara yang menggunakan sistem lain, dapat menggunakan perhitungan pada Tier-2.

$$\text{Emisi SO}_2 = \text{Volume Sulfur yang direcovery} \times \text{faktor emisi SO}_2 \quad (\text{Rumus 24})$$



US EPA AP-42 bagian 5.18 (Februari, 1980) memuat faktor emisi dari unit penangkap sulfur *uncontrolled* dengan dua tingkat (*Reference 10*), tiga tingkat (*Reference 9, 11, dan 14*), dan empat tingkat konversi katalitik serta satu faktor emisi umum bagi proses yang terkontrol (*controlled*) tanpa memuat spesifikasi jumlah tingkatan katalitik (*Reference 12, dan 13*). Selain itu terdapat faktor emisi yang dapat digunakan untuk sistem dengan dua kontrol : insinerasi serta *Shell Claus Offgas Treatment process (SCOT)* dari dua referensi (*Reference 7, dan 8*).

Faktor emisi yang digunakan untuk menghitung beban emisi parameter SO<sub>2</sub> mengacu pada pada Tabel 7-3 berikut :

Tabel VII-3 Faktor Emisi SO<sub>2</sub> untuk Unit Penangkapan Sulfur (US EPA AP-42, Tabel 4.2-1)

| Peralatan Kontrol   | Peringkat Tes | Metode Uji | Peringkat Produksi <sup>a</sup> | Peringkat Emisi <sup>b</sup> | Faktor Emisi <sup>c</sup> |
|---|---------------|------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------------|
| Reference 7. Exhaust Stack                                  |               |            |                                 |                              |                           |
| SCOT-absorber dan insinerator                               | A             | 6C         | 1,27                            | 1,32                         | 1,07                      |
| Reference 8. Exhaust Stack                                  |               |            |                                 |                              |                           |
| SCOT-absorber dan insinerator                               | A             | 6C         | 17,2                            | 11,92                        | 0,69                      |
| Reference 9. Exhaust Stack (tiga tingkat katalik converter) |               |            |                                 |                              |                           |
| Inicinerator (efisiensi recovery 95.8 %)                    | A             | 6C         | 2,85                            | 239,57                       | 84,18                     |
| Reference 10. Exhaust Stack (dua tingkat katalik converter) |               |            |                                 |                              |                           |
| Inicinerator (efisiensi recovery 98.3 - 98.8 %)             | A             | 6C         | 3,46                            | 99,27                        | 28,63                     |

| Control Equipment   | Test Rating | Test Method | Production Rate <sup>a</sup> | Emission Rate <sup>b</sup> | Emission Factor <sup>c</sup> |
|---|-------------|-------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Reference 11. Exhaust Stack                               |             |             |                              |                            |                              |
| SCOT-absorber dan incinerator (99,8 % Efisiensi Recovery) | A           | 6C          | 6,40                         | 25,00                      | 3,90                         |
| Reference 12. Exhaust Stack                               |             |             |                              |                            |                              |
| Inicinerator  | A           | 6C          | 1,27                         | 78,32                      | 61,90                        |
| Reference 13. Exhaust Stack                               |             |             |                              |                            |                              |
| Incinerator   | C           | 6C          | 1,00                         | 0,36                       | 0,37                         |
| Reference 14. Exhaust Stack                               |             |             |                              |                            |                              |
| Incinerator (95 % Efisiensi Recovery)                     | C           | 6C          | 5,42                         | 573,44                     | 105,80                       |

Keterangan :

<sup>a</sup>Satuan dalam Mg/jam

<sup>b</sup>Satuan dalam kg/jam

<sup>c</sup>Satuan dalam kg/Mg dari sulfur terproduksi

Test Rating A: Beberapa tes dilakukan berdasar satu sumber menggunakan metodologi serupa dan dilaporkan secara cukup detail dengan validasi yang memadai. Tes ini tidak perlu sesuai dengan

metodologi spesifik baik dalam dokumen inhalable particulate (IP) protocol ataupun referensi metoda tes dari EPA, meskipun dokumen dan metoda ini digunakan sebagai petunjuk sebagai metodologi yang biasa digunakan.

Test Rating C: Tes berdasarkan dari metodologi baru dengan data pendukung yang terbatas.

## 2. Tier 2

Perhitungan beban emisi untuk Tier 2 ini adalah berdasarkan perhitungan neraca massa.

### a. Perhitungan Emisi CO<sub>2</sub>

Unit penangkap sulfur dapat langsung melepas CO<sub>2</sub> dari aliran gas kecut yang ditangkap pada sistem *Amine* ke atmosfer. Dalam hal ini emisi CO<sub>2</sub> dapat dihitung berdasarkan neraca massa menggunakan data volume gas kecut yang diproses, konsentrasi CO<sub>2</sub> sebelum dan sesudah sistem *Amine*, sebagaimana formula berikut (API Compendium Equation 5-2) :

$$E_{CO_2} = \left[ \left( \frac{\text{Volume}}{\text{time}} \times CO_2 \text{ mole\%} \right)_{\text{sour}} - \left( \frac{\text{Volume}}{\text{time}} \times CO_2 \text{ mole\%} \right)_{\text{sweet}} \right] \times \frac{44}{\text{molar volume conversion}}$$

(Rumus 25)

Keterangan:

ECO<sub>2</sub> = Emisi massa CO<sub>2</sub> per tahun (dalam pound atau kg);

Volume = volume dari gas yang manis dan tawar (dalam scf m<sup>3</sup> pada kondisi STP);

Tawar = mengacu pada inlet tawar gas mentah yang tidak dirawat. Gas asam biasanya terdiri dari CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S;

Manis = mengacu pada gas yang diolah setelah H<sub>2</sub>S dan CO<sub>2</sub> dipindahkan (biasanya gas jual atau saluran pipa gas berkualitas);

CO<sub>2</sub> mole% = konsentrasi molar (atau volume) dari gas manis dan tawar. Jika konsentrasi gas manis tidak diketahui, 0% dapat berlaku sebagai menyederhanakan asumsi, mengenali apa yang akan emisi mungkin di luar perkiraan. Diperhatikan, biasanya spesifikasi saluran pipa gas membatasi konsentrasi CO<sub>2</sub> sebanyak 2% atau kurang; dan

Molar volume conversion = konversi dari volume molar ke massa (379,3 scf/lbmole atau 23,685m<sup>3</sup>/kgmole).

Untuk mendapatkan total emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari Unit Penangkapan Sulfur dilakukan penambahan jumlah emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari Sistem *Amine* dengan emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari pembakaran di Unit *Thermal Oxidizer* atau insinerator, yang dirumuskan sebagai berikut :

Total E<sub>CO<sub>2</sub></sub> = CO<sub>2</sub> dari gas terproses + CO<sub>2</sub> dari pembakaran bahan bakar

$$E_{CO_2} = (\Delta \text{Vol} CO_2 \text{ gas terproses}) \times \frac{44}{\text{konversivolummolar}} + \text{Vol} \text{Bahan} \text{Bakar} \times \frac{\text{Faktoremisi} CO_2 \text{ bahan} \text{bakar} (lbs / scf)}{2205}$$

(Rumus 26)

Dimana:

- $E_{CO_2}$  = beban emisi  $CO_2$  per tahun (dalam kg atau pounds).
- Konversi volum molar = faktor konversi dari volume molar ke satuan massa (379.3 scf/lbmole atau 23.685 m<sup>3</sup>/kgmole).
- $\Delta Vol CO_2$  gas terproses = selisih volume  $CO_2$  antara *sour gas* dan *sweet/sales gas* per satuan waktu ( $CO_2$  dihitung sebagai gas inert yang tertangkap di unit penangkapan sulfur).

b. Perhitungan Emisi  $CH_4$

Emisi  $CH_4$  yang dihitung adalah berasal dari hasil regenerasi *Amine* yang dilepas ke atmosfer dari *venting system reboiler*, sebagaimana Tier-1 dan  $CH_4$  dari unit *thermal oxidizer* atau insinerator yang tidak terbakar secara sempurna, sebagai berikut :

$$E_{CH_4} = V \times CH_4 \text{ Mole fraction} \times \% \text{ residual } CH_4 \times \frac{1}{\text{molar volume conversion}} \times MW_{CH_4}$$

(Rumus 27)

Keterangan:

- $E_{CH_4}$  = beban emisi  $CH_4$  (lb).
- V = volume inlet ke Unit Penangkapan Sulfur (scf).
- % residual  $CH_4$  = fraksi dari *flared stream* yang tidak terbakar (jika tidak diketahui nilainya 0.5% atau 2%; dalam hal ini faktor oksidasi masing-masing 95% atau 98%).
- Molar volume conversion = konversi dari molar volume ke massa (379.3 scf/lbmole atau 23.685 m<sup>3</sup>/kgmole).
- MW  $CH_4$  = berat molekul  $CH_4$ .

$$\text{Total Emisi } CH_4 = \text{Emisi } CH_4 \text{ regenerasi amine} + \text{Emisi } CH_4 \text{ Therm-Ox atau Insinerator}$$

(Rumus 28)

c. Perhitungan Emisi  $N_2O$

Untuk perhitungan emisi  $N_2O$  menggunakan perhitungan Tier-1.

d. Perhitungan Emisi  $SO_2$

Perhitungan beban emisi  $SO_2$  untuk Tier-2 pada dasarnya menggunakan neraca massa berdasarkan prinsip stoikiometri.

1. Untuk unit penangkap sulfur dengan sistem *Amine* yang tidak dilengkapi dengan system Claus, dapat dilakukan perhitungan:

$$SO_2 \text{ (ton)} = \text{laju alir } H_2S \text{ input (ton)} \times (\% \text{ removal}) \times 64/34$$

(Rumus 29)

2. Sementara unit penangkap sulfur dengan sistem *Amine* yang dengan sistem Claus dan SCOT dimana laju alir massa  $H_2S$  diketahui, emisi  $SO_2$  dapat dihitung dengan formula berikut (referensi SGS):

$$SO_2 \text{ (ton)} = \text{laju alir } H_2S \text{ input (ton)} \times (1 - \text{efisiensi recovery}) \times 64/34$$

(Rumus 30)

Apabila data produksi sulfur diketahui, maka pengukuran bisa dilakukan dengan menggunakan metode neraca massa sebagai berikut:

$$E_{SO_2} \text{ (tonnes/yr)} = \frac{\text{Volumefuel (scf/yr)} \times H_2S \% \text{ Molex} SO_2 \text{ MW}}{379,3 \left( \frac{\text{scf}}{\text{lbs}} \right) \times 2205 \left( \frac{\text{lbs}}{\text{tonne}} \right)} + (1 - \% \eta) \times \text{Sulfur APR} \left( \frac{\text{tonnes}}{\text{year}} \right) \times \left( \frac{64}{32} \right)$$

(Rumus 31)

Keterangan:

- SO<sub>2</sub> MW = SO<sub>2</sub> molecular weight ~ 64.
- η = % recovery efficiency of claus and tail gas unit.
- Sulfur APR = Sulfur Annual Production Rate.
- 64/32 = molecular weight SO<sub>2</sub>/ molecular weight S.

### 3. Tier 3

Beban emisi didapatkan berdasarkan pengukuran aktual kadar emisi yang dapat berupa data dari *online analyzer* (Continuous Emission Monitoring System-CEMS) ataupun pengukuran manual (sampling) secara periodik untuk masing-masing parameter pada gas buang (*stack*). Emisi dihitung berdasarkan perkalian antara emisi yang terukur (mg/Nm<sup>3</sup>) dengan laju alir (laju alir volumetrik/satuan waktu) dan faktor konversi.

Di bawah ini adalah contoh perhitungan untuk parameter SO<sub>2</sub> :

1. Untuk pengukuran dengan on-line analyzer (CEMS) memperhitungkan faktor konversi seperti berikut ini:

$$E = C \times Q \times (2.62 \times 10^{-6}) \times H$$

(Rumus 32)

Keterangan:

- E = Emisi (kg/year).
- C = konversi rata - rata SO<sub>2</sub> (ppm).
- Q = Laju alir gas ke Therm-Ox (Nm<sup>3</sup>/hr).
- 2.62 x 10<sup>-6</sup> = konversi dari ppm SO<sub>2</sub> menjadi kg/Nm<sup>3</sup> pada kondisi normal.
- H = jam operasi per tahun.

Contoh perhitungan emisi SO<sub>2</sub> dengan Tier 3 adalah:

- Hasil pengukuran dengan analyzer : 814 ppm
- Laju gas keluaran dari cerobong : 123.900 Nm<sup>3</sup>/jam
- Waktu produksi dalam 1 tahun : 8760 jam
- Emisi SO<sub>2</sub> = 814 x 123.900 x 2,62 .10<sup>-6</sup> x 8760 = 2300 ton/ tahun

2. Untuk pengukuran berdasarkan hasil lab, jika hasil analisa yang dilaporkan belum memasukkan faktor O<sub>2</sub> terkoreksi maka emisi SO<sub>2</sub> dihitung berdasarkan formulasi sebagai berikut ini:

$$C_{\text{corr}} = C_{\text{terukur}} \times (21 - O_{2\text{corr}}) / (21 - O_{2\text{terukur}}) *$$

$$E = C_{\text{corr}} \times Q \times 0,0036 \times [\text{Opr. Hours}] *$$

$$Q = v \times A *$$

(Rumus 33)

Keterangan :

- C<sub>corr</sub> = konsentrasi dengan koreksi O<sub>2</sub> yang ditetapkan dalam baku mutu emisi(mg/Nm<sup>3</sup>).
- C<sub>terukur</sub> = konsentrasi terukur sebelum dikoreksi dengan koreksi O<sub>2</sub>(mg/Nm<sup>3</sup>).

- $O_{2corr}$  = koreksi  $O_2$  yang ditetapkan dalam baku mutu emisi(%). \*\*)
   
 $O_{2terukur}$  = prosentase  $O_2$  diukur langsung dalam gas emisi(%).
   
 $E$  = emisi (kg/tahun).
   
 $Q$  = Laju alir emisi volumetrik( $m^3$ /detik).
   
 0,0036 = faktor konversi dari mg/detik ke kg/jam.
   
 Opr. Hours = lama operasi sumber emisi selama 1 tahun (jam).
   
 $V$  = Laju alir (m/detik).
   
 $A$  = Luas penampang *stack* ( $m^2$ ).

\*) Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 21 Tahun 2008 tentang Baku mutu emisi sumber tidak bergerak bagi usaha dan/atau Kegiatan pembangkit tenaga listrik thermal

\*\*) Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 13 Tahun 2009, koreksi  $O_2$  yang digunakan adalah 0% untuk Lampiran II E

Contoh perhitungan emisi  $SO_2$  yang dilakukan dengan Tier 3:

Dari hasil pengukuran manual, didapatkan nilai :

Parameter  $SO_2$  = 220.50 mg/ $Nm^3$ ,

$O_2$  = 6.7%, dan

Laju Alir = 7.64 m/s (*online analyzer*).

Diameter *stack* = 2,8 meter.

Maka :

$$\begin{aligned}
 SO_{2corr} &= SO_{2terukur} \times (21 - O_{2corr}) / (21 - O_{2terukur}) \\
 &= 220.50 \text{ mg}/Nm^3 \times (21 - 0) / (21 - 6.7) \\
 &= 323.8112 \text{ mg}/Nm^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= v \cdot A \\
 &= 7.64 \text{ m/s} \times \frac{1}{4} \times \pi \times 1.4^2 \\
 &= 11.75 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_{SO_2} &= C_{corr} \times Q \times 0,0036 \times [\text{Opr. Hours}] \\
 &= 323.8112 \text{ mg}/Nm^3 \times 11.75 \text{ m}^3/\text{s} \times 0,0036 \times 8760 \\
 &\quad \text{jam/tahun} \\
 &= 119987.6 \text{ kg/tahun} \approx 120 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

## VIII. PERHITUNGAN BEBAN EMISI DARI SUMBER *FUGITIVE*

### A. Parameter Emisi

Parameter beban emisi yang dihitung dari sumber *fugitive* adalah parameter gas rumah kaca dan parameter lainnya sebagaimana ditampilkan pada Tabel 8-1.

Tabel VIII-1 Parameter Emisi dari Sumber *Fugitive*

| Gas Rumah Kaca  | Lain-Lain |
|-----------------|-----------|
| CH <sub>4</sub> | nmVOC     |

### B. Pembagian Tier dan Metodologi

#### 1. Tier 1

Perhitungan beban emisi untuk Tier 1 menggunakan faktor emisi pada tingkat fasilitas (*facility level*). Metode ini merupakan metode yang paling sederhana untuk menghitung emisi dari sumber *fugitive* yang didasarkan pada tipe fasilitas dan laju produksi.

Data yang dibutuhkan untuk menghitung beban emisi adalah:

- a. tipe fasilitas (misalnya fasilitas pengolah gas, fasilitas pengolah minyak);
- b. laju produksi.

Perhitungan yang diterapkan untuk menghitung beban emisi pada Tier 1 adalah dengan menggunakan rumus dasar sebagai berikut:

$$E = Q_p \times EF \quad \text{(Rumus 34)}$$

Dimana:

- E = Beban emisi pencemar (kg/tahun).
- Q<sub>p</sub> = Laju produksi.
- EF = Faktor emisi.

Faktor emisi CH<sub>4</sub> yang digunakan dapat mengacu kepada Tabel 6-2 dari API Compendium 2009 yang ditampilkan pada Tabel 8-2 di bawah. Perhitungan beban emisi CH<sub>4</sub> selanjutnya menggunakan rumus berikut:

$$E_{CH_4} = Q_p \times EF_{\text{(untuk \%CH}_4 \text{ sebagaimana Table 8-2)}} \quad \text{(Rumus 35)}$$

Apabila %CH<sub>4</sub> aktual tidak sesuai dengan %CH<sub>4</sub> pada Tabel 8-2, maka dihitung sebagai berikut:

$$E_{CH_4} = Q_p \times EF_{\text{(untuk \%CH}_4 \text{ sebagaimana Table 8-2)}} \times \%CH_{4\text{aktual}} / \%CH_{4\text{Tabel 8-2}} \quad \text{(Rumus 36)}$$

$$E_{NMHC} = E_{CH_4} \times \frac{(1 - \%CH_4)}{\%CH_4} \quad \text{(Rumus 37)}$$

Keterangan :

- E<sub>CH<sub>4</sub></sub> = beban emisi methane - CH<sub>4</sub> (ton).
- E<sub>NMHC</sub> = beban emisi *non methane Volatile Organic Compound* - nmVOC (ton).
- % CH<sub>4</sub> = % mole CH<sub>4</sub> dalam emisi fugitive.

Tabel VIII-2 Faktor Emisi CH<sub>4</sub> untuk Sumber *Fugitive* – Level Fasilitas (API Compendium 2009)

| Sumber                       | Faktor Emisi Unit Asli  | Ketidakastian (±%) <sup>a</sup> | Faktor Kandungan Dasar Gas        | Faktor Emisi <sup>b</sup> Unit Dikonversi  | Referensi Faktor  |
|------------------------------|---|---------------------------------|-----------------------------------|--|---|
| <b>Produksi</b>              |   |                                 |                                   |  |   |
| Produksi Minyak di Daratan   | 0,5173 lb CH <sub>4</sub> /bbl yang diproduksi                | 95,5                            | 78,8 molekul %<br>CH <sub>4</sub> | 2,346E-04 tonCH <sub>4</sub> /bbl yang diproduksi<br>1,476E-03 ton CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup> yang diproduksi                 | Studi emisi metana minyak EPA; lihat penurunan pada lampiran C  |
| Produksi Minyak lepas pantai | 0,2069 lb CH <sub>4</sub> /bbl yang diproduksi                | Tidak Tersedia                  | 78,8 molekul %<br>CH <sub>4</sub> | 9,368E-05 tonCH <sub>4</sub> /bbl yang diproduksi<br>5,903E-04 ton CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup> yang diproduksi                 | Diasumsikan menjadi 40% faktor emisi produksi minyak di daratan |
| Produksi gas di Daratan      | 57,33 lb CH <sub>4</sub> /10 <sup>6</sup> scf yang diproduksi | 52,9                            | 78,8 molekul %<br>CH <sub>4</sub> | 2,601E-02 ton CH <sub>4</sub> /10 <sup>6</sup> scf yang diproduksi<br>9,18E-01 ton CH <sub>4</sub> /10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> | Studi EPA/GRI Volume 2; lihat penurunan pada lampiran C         |

|  |   |                |                                       |   |   |
|--|---|----------------|---------------------------------------|---|---|
|  |   |                |                                       | yang diproduksi   |   |
| Produksi gas Lepas Pantai                                      | 22,93 lb CH <sub>4</sub> /10 <sup>6</sup> scf yang diproduksi             | Tidak Tersedia | 78,8 molekul %<br><br>CH <sub>4</sub> | 1,040E-02 ton CH <sub>4</sub> /10 <sup>6</sup> scf yang diproduksi<br>3,673E-01 ton CH <sub>4</sub> /10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> yang diproduksi | Diasumsikan menjadi 40% faktor emisi produksi gas di daratan  |
| Pabrik Pengolahan Gas  | 64,43 lb CH <sub>4</sub> /10 <sup>6</sup> scf yang diproduksi             | 82,2           | 86,8 molekul %<br><br>CH <sub>4</sub> | 2,922E-02 ton CH <sub>4</sub> /10 <sup>6</sup> scf yang diolah<br>1,032E+00 ton CH <sub>4</sub> /10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> yang diolah         | Studi EPA/GRI Volume 2; lihat penurunan pada lampiran C       |
| Pangkalan Penyimpanan Gas                                      | 1.491.936 lb CH <sub>4</sub> /stasiun-tahun                               | 74,7           | 93,4 molekul %<br>CH <sub>4</sub>     | 6,767E-02 ton CH <sub>4</sub> stasiun - tahun   | Studi EPA/GRI Volume 2; lihat penurunan pada lampiran C       |
| <b>Saluran pipa transmisi gas</b>                              |   |                |                                       |   |   |
| CH <sub>4</sub> dari saluran pipa yang bocor                   | 7.928 lb CH <sub>4</sub> /mil-tahun                                       | 113            | 93,4 molekul %<br><br>CH <sub>4</sub> | 3,596E+00 ton CH <sub>4</sub> /mil-tahun<br>2,235E+00 ton CH <sub>4</sub> /km-tahun   | Studi EPA/GRI Volume 2 dan 9; lihat penurunan pada lampiran C |
| CO <sub>2</sub> dari oksidasi <sup>c</sup>                     | lb CH <sub>4</sub> /mil - tahun   | 70,3           | 2 molekul %<br><br>CO <sub>2</sub>    | 3,443E-03 ton CO <sub>2</sub> /mil-tahun<br>2,140E-03 ton CO <sub>2</sub> /km-tahun   | Studi EPA/GRI Volume 2 dan 9; lihat penurunan pada lampiran C |
| saluran pipa transmisi mentah                                  | Tidak tersedia  |                |                                       |   |   |
| <b>Pipa saluran distribusi gas</b>                             |   |                |                                       |   |   |
| CH <sub>4</sub> dari saluran pipa yang bocor                   | 3,557 lb CO <sub>2</sub> /mil-tahun                                       | 62,7           | 93,4 molekul %<br><br>CH <sub>4</sub> | 1,613E+00 ton CH <sub>4</sub> /mil-tahun<br>1,002E+00 ton CO <sub>2</sub> /km-tahun   | Studi EPA/GRI Volume 2 dan 9; lihat penurunan pada lampiran C |
| CO <sub>2</sub> dari oksidasi                                  | 1,236 lb CO <sub>2</sub> /mil-tahun                                       | 76,6           | 2 molekul %<br>CH <sub>4</sub>        | 5,606E-01 ton CO <sub>2</sub> /mil-tahun<br>3,484E-01 ton CO <sub>2</sub> /km-tahun   | Studi EPA/GRI Volume 2 dan 9; lihat penurunan pada lampiran C |
| CO <sub>2</sub> <sup>d</sup> dari saluran pipa yang bocor      | 235,4 lb CO <sub>2</sub> /mil-tahun                                       | 74,4           | 2 molekul %<br>CH <sub>4</sub>        | 1,068E-01 ton CO <sub>2</sub> /mil-tahun<br>6,636E-02 ton CO <sub>2</sub> /km-tahun   | Studi EPA/GRI Volume 2 dan 9; lihat penurunan pada lampiran C |
| <b>Pengilangan<sup>f</sup></b>                                 |   |                |                                       |   |   |
| Sistem bahan bakar gas – pengilangan 50.000 ke 99.000 bbl/hari | 10,2 ton 55 ton CH <sub>4</sub> /tahun (bahan bakar gas +menciptakan gas) | Tidak tersedia | Tidak tersedia                        | 3,75E-07 ton bahan baku CH <sub>4</sub> /bbl<br>2,36E-06 ton bahan baku CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup>   | Berasal dari data yang disediakan pada Lampiran F.            |
| Sistem bahan bakar gas – pengilangan                           | 77 ton CH <sub>4</sub> /tahun   | Tidak tersedia | Tidak tersedia                        | 1,41E-06 ton bahan baku CH <sub>4</sub> /bbl  | Batasan tengah kapasitas                                      |

|   |                               |                |                |   |   |
|---|-------------------------------|----------------|----------------|---|---|
| 100.000 hingga 199.000 bbl/hari                               |                               |                |                | 8,88E-06 ton bahan baku CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup>   | diasumsikan untuk mengkonversi emisi menjadi sebuah dasar |
| Sistem Gas Alam – pengilangan 50.000 – 99.000 bbl/hari        | 26 ton CH <sub>4</sub> /tahun | Tidak tersedia | Tidak Tersedia | 9,56E-07 ton bahan baku CH <sub>4</sub> /bbl<br>6,01E-06 ton bahan baku CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup> |   |
| Sistem Gas Alam – pengilangan 100.000 hingga 199.000 bbl/hari | 55 ton CH <sub>4</sub> /tahun | Tidak tersedia | Tidak Tersedia | 1,01E-06 ton bahan baku CH <sub>4</sub> /bbl<br>6,34E-06 ton bahan baku CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup> |   |

Catatan kaki dan sumber:

Harrison, M.R., L.M, Campbell, T.M., Shires, and R.M. Cowgill. Methane Emissions from the Natural Gas Industry, Volumer 2: Technical Report, Final Report, GRI-94/0257.1 dan EPA-600/R-96-080b.

Badan Perlindungan Lingkungan dan Institut Penelitian Gas Amerika Serikat, Juni 1996.

Campbell, L.M., M.V. Campbell, dan D.L Epperson. Methane Emissions from the Natural Gas Industry, Volume 9; Underground Pipeline, Final Report, GRI-94/0257.26 dan EPA-600/R-96-080i.

Badan Perlindungan Lingkungan dan Institut Penelitian Gas Amerika Serikat, Juni 1996.

Harrison, M.R, T.M, Shires, R.A Baker, dan C.J Loughan. Methane Emissions from the U.S Petroleum Industry, Laporan Akhir, EPA-600/R-99-010. Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat. Februari 1999.

Studi pengilangan emisi CH<sub>4</sub> yang lekas hilang tersedia di Lampiran F.

<sup>a</sup>Ketidakpastian berdasarkan 95% interval kepercayaan dari data yang digunakan untuk mengembangkan faktor emisi asli.

<sup>b</sup>faktor emisi dapat disesuaikan berdasarkan konsentrasi relative CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> untuk memperkirakan emisi CO<sub>2</sub>.

<sup>c</sup>Porsi A dalam CH<sub>4</sub> dipancarkan dari pipa bawah tanah yang bocor yang dioksidasi untuk membentuk CO<sub>2</sub>.

<sup>d</sup>Mengkombinasikan emisi CO<sub>2</sub> dari peralatan dan saluran pipa berdasarkan suatu konsentrasi dari molekul 2% CO<sub>2</sub> di dalam saluran pipa gas.

## 2. Tier 2

Perhitungan beban emisi dari sumber *fugitive* untuk Tier 2 adalah dengan menggunakan faktor emisi tingkat peralatan (*equipment*) yang didasarkan pada peralatan yang terdapat pada suatu fasilitas pengolahan minyak dan gas.

Data yang dibutuhkan untuk menghitung beban emisi adalah:

Tipe dan jumlah peralatan.

Perhitungan yang diterapkan untuk menghitung beban emisi pada Tier 2 adalah dengan menggunakan rumus dasar sebagai berikut:

$$E = N \times EF$$

(Rumus 38)

Dimana:

E = Beban emisi pencemar (kg/tahun).

N = Jumlah peralatan.

EF = Faktor emisi.

Faktor emisi CH<sub>4</sub> yang digunakan dapat mengacu kepada API Compendium 2009 yang ditampilkan pada tabel-tabel di bawah. Perhitungan beban emisi CH<sub>4</sub> selanjutnya menggunakan rumus berikut:

$$E_{CH_4} = N \times EF_{(untuk \%CH_4 78.8\%)}$$



(Rumus 39)

Apabila %CH<sub>4</sub> aktual tidak sama dengan 78.8% sebagaimana Tabel 8-3, maka dihitung sebagai berikut:

$$E_{CH_4} = N \times EF_{\text{(untuk \%CH}_4 \text{ 78.8\%)}} \times \frac{\% CH_4 \text{ aktual}}{78.8\%}$$

(Rumus 40)

$$E_{NMHC} = E_{CH_4} \times \frac{(1 - \% CH_4)}{\% CH_4}$$

(Rumus 41)

$$E_{VOC} = E_{CH_4} \times \frac{(1 - \% CH_4)}{\% CH_4}$$

(Rumus 42)

Dimana :

E<sub>CH<sub>4</sub></sub> = beban emisi methane - CH<sub>4</sub> (ton).

E<sub>NMHC</sub> = beban emisi *non methane Volatile Organic Compound* - nmVOC (ton).

% CH<sub>4</sub> = % mole CH<sub>4</sub> dalam emisi fugitive.

Tabel VIII-3 Faktor Emisi CH<sub>4</sub> untuk Sumber *Fugitive* pada *Onshore Crude Production* – Level Peralatan (API Compendium 2009)

| Dasar Peralatan                                     | Referensi Faktor Emisi CH <sub>4</sub> <sup>a</sup> ,<br>Unit Asli |                               | Ketidakpastian <sup>b</sup><br>(±%) | Referensi Faktor Emisi CH <sub>4</sub> <sup>c</sup> ,<br>Unit Dikonversi |  |
|---|--|-------------------------------|-------------------------------------|--|--|
| Sumber minyak – minyak mentah berat                 | 0,83   | scfd/sumur                    | 30                                  | 6,63E-07   | Ton/sumur-jam  |
| Sumber minyak – minyak mentah ringan                | 19,58  | scfd/sumur                    | 30                                  | 1,56E-05   | Ton/sumur-jam  |
| Pos pemompaan minyak <sup>d</sup>                   | 1,06   | lb CH <sub>4</sub> /mil-tahun | 30                                  | 5,49E-08<br>3,41E-08   | Ton CH <sub>4</sub> /mil-jam<br>Ton CH <sub>4</sub> /mil-jam |
| Pemisah – minyak mentah berat                       | 0,85   | scfd/separator                | 30                                  | 6,79E-07   | ton/pemisah-jam  |
| Pemisah – minyak mentah ringan                      | 51,33  | scfd/separator                | 30                                  | 4,10E-05   | ton/pemisah-jam  |
| Pengolah Pemanas – minyak mentah ringan             | 59,74  | scfd/pemanas                  | 30                                  | 4,77E-05   | ton/pemanas-jam  |
| Headers – minyak mentah berat                       | 0,59   | scfd/header                   | 30                                  | 4,72E-07   | ton/header-jam   |
| Headers – minyak mentah ringan                      | 202,78   | scfd/header                   | 30                                  | 1,62E-04   | ton/header-jam   |
| Tank – minyak mentah ringan                         | 34,4   | scfd/tank                     | 30                                  | 2,75E-05   | ton/tank-jam   |
| Kompresor kecil – minyak mentah ringan              | 46,14  | scfd/kompresor                | 30                                  | 3,69E-05   | ton/kompresor-jam  |
| Kompresor besar <sup>c</sup> – minyak mentah ringan | 16,360   | scfd/kompresor                | 100                                 | 1,31E-02   | ton/kompresor-jam  |
| Area Penjualan                                      | 40,55  | scfd/area                     | 100                                 | 3,24E-05   | ton/area-jam   |

Catatan Kaki dan Sumber:

<sup>a</sup>Harrison, M.R., T.M. Shires, R.A. Baker, dan C.J Loughan. Methane Emissions from The US Petroleum Industry. Laporan Akhir, EPA 600/R-99-010, Badan Perlindungan Lingkungan, 1999.

<sup>b</sup>ketidakpastian diasumsikan berdasarkan penilaian teknik (Harrison, et al, 1999).

<sup>e</sup>Faktor emisi dikonversi dari scf berdasarkan 60F dan 14,7 psia. Rata-rata konsentrasi CH<sub>4</sub> diasosiasikan dengan faktor-faktor emisi ini disediakan pada Tabel E-4 yakni 78,8 molekul %. Jika kandungan CH<sub>4</sub> aktual berbeda dengan nilai standar, faktor emisi yang tertera di atas disesuaikan dengan rasio dari kandungan site CH<sub>4</sub> terhadap konsentrasi standar.

<sup>d</sup>PSI, 1989.

<sup>e</sup>Kompresor besar merupakan kompresor yang lebih dari tiga tahap kompresi

Tabel VIII-4 Faktor Emisi CH<sub>4</sub> untuk Sumber *Fugitive* pada *Onshore Natural Gas Production* – Level Peralatan (API Compendium 2009)

| Basis Peralatan  | Referensi Faktor Emisi, Satuan Awal <sup>a,b</sup> |                                  | Ketidakpastian <sup>c</sup> (±%) | Faktor Emisi <sup>d</sup> , Satuan yang Dikonversi |                                     |
|--|--|----------------------------------|----------------------------------|--|-------------------------------------|
| Sumur Gas <sup>e</sup>                                   | 8.217  | scfy CH <sub>4</sub> /sumur      | 25,7                             | 1,80E-05   | Ton CH <sub>4</sub> /sumur-jam      |
| Separator <sup>e</sup>                                   | 20.714   | scfy CH <sub>4</sub> /separator  | 87,9                             | 4,42E-05   | Ton CH <sub>4</sub> /separator-jam  |
| Pemanas <sup>e</sup>                                     | 20.985   | scfy CH <sub>4</sub> /pemanas    | 173                              | 4,60E-05   | Ton CH <sub>4</sub> /pemanas-jam    |
| Kompresor Reciprocating Gas Kecil <sup>e</sup>           | 97.023   | scfy CH <sub>4</sub> /kompresor  | 127                              | 2,12E-04   | Ton CH <sub>4</sub> /kompresor-jam  |
| Kompresor Reciprocating Gas Besar <sup>e,f</sup>         | 5,55E+06   | scfy CH <sub>4</sub> /kompresor  | 202                              | 1,22E-02   | Ton CH <sub>4</sub> /kompresor-jam  |
| Dudukan Kompresor Reciprocating Gas Besar <sup>f,g</sup> | 8.247  | scfy CH <sub>4</sub> /pos        | 126                              | 6,59E-03   | Ton CH <sub>4</sub> /pos-jam        |
| Meter/Pipa <sup>e</sup>                                  | 16.073   | scfy CH <sub>4</sub> /meter      | 159                              | 3,52E-05   | Ton CH <sub>4</sub> /meter-jam      |
| Dehidrator <sup>e</sup>                                  | 32.561   | scfy CH <sub>4</sub> /dehidrator | 45,1                             | 7,13E-05   | Ton CH <sub>4</sub> /dehidrator-jam |
| Kumpulan Jalur pipa <sup>e,h</sup>                       | 826  | lb CO <sub>2</sub> /mil-tahun    | 113                              | 4,28E-05   | Ton CH <sub>4</sub> /mil-jam        |
|  |  |                                  |                                  | 2,66E-05   | Ton CH <sub>4</sub> /km-jam         |
| CO <sub>2</sub> Dari oksidasi <sup>e,i</sup>             | 84,7   | lb CO <sub>2</sub> /mil-tahun    | 70,2                             | 4,38E-06   | Ton CO <sub>2</sub> /mil-jam        |
|  |  |                                  |                                  | 2,72E-06   | Ton CO <sub>2</sub> /km-jam         |
| CO <sub>2</sub> dari kebocoran jalur pipa <sup>e</sup>   | 112.8  | lb CO <sub>2</sub> /mil-tahun    | 114                              | 5,84E-06   | Ton CO <sub>2</sub> /mil-jam        |
|  |  |                                  |                                  | 3,63E-06   | Ton CO <sub>2</sub> /km-jam         |

Catatan kaki dan sumber:

<sup>a</sup>Harrison. M.R. L.M. Campbell, T.M. Shires, and R.M. Cowgill. Methane Emissions from the Natural Gas Industry. Volume 2: Technical Report, Final Report. GRI-94/0257.1 and EPA-600/R-96-080b. Gas Research Institute and U.S. Environmental Protection Agency. June 1996.

<sup>b</sup>Ketidakpastian berdasarkan atas 95% Confidence Interval dari data yang digunakan untuk mengembangkan Faktor Emisi Awal.

<sup>c</sup>Konversi faktor emisi dari scfy berdasar pada 60 F dan 14.7 psia. Rata-rata konsentrasi CH<sub>4</sub> terkait dengan faktor emisi ini, yang tercantum di tabel E-4, adalah 78.8 mole %; Rata-rata konsentrasi CO<sub>2</sub> (untuk pipa bawah tanah), yang juga tercantum di tabel E-4, adalah 2 mole %. Apabila konsentrasi aktual berbeda dengan nilai standar, faktor emisi diatas dapat disesuaikan dengan rasio dari *concentration sites* sampai konsentrasi standar.

<sup>d</sup>Turunan faktor emisi terdapat di Lampiran C

<sup>e</sup>Kompresor besar adalah kompresor yang memiliki lebih dari 3 tingkat kompresi. Dudukan kompresor besar adalah dudukan yang memiliki 5 kompresor atau lebih.

<sup>f</sup>Dikarenakan ketidaktersediaan data yang digunakan untuk mengkalkulasi Referensi Faktor Emisi, ketidakpastian di 95% selangkepercayaan dihitung berdasarkan pada

selangkepercayaan di 90% selangkepercayaan yang tersedia di sumber, dengan mengasumsikan satu data terdiri dari 10 set.

<sup>§</sup>Penjelasan lebih lanjut tentang kumpulan jalur pipa faktor emisi fugitive tersedia di Lampiran C.

<sup>h</sup>Sejumlah CH<sub>4</sub> yang keluar dari kebocoran pipa bawah tanah adalah bentuk oksidasi dari CO<sub>2</sub>.

Tabel VIII-5 Faktor Emisi CH<sub>4</sub> untuk Sumber *Fugitive* pada *Natural Gas Processing* – Level Peralatan (API Compendium 2009)

| Basis Peralatan                    | Referensi Faktor Emisi CH <sub>4</sub> <sup>ab</sup> , Satuan Awal |                   | Ketidakpastian <sup>c</sup> (±%) | Faktor Emisi CH <sub>4</sub> <sup>d</sup> , Satuan yang Dikonversi |   |
|------------------------------------|--|-------------------|----------------------------------|--|---|
|                                    |  |                   |                                  |  |   |
| Volume Pemrosesan Gas <sup>e</sup> | 130,563  | Diprosesscf/MMscf | 58,1                             | 2,50E-03   | diproses ton/MMscf                          |
|                                    |  |                   |                                  | 8,84E-02   | diproses ton/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> |
| Kompresor <i>Reciprocating</i>     | 11.198   | scfd/kompresor    | 95,2                             | 8,95E-03   | ton/kompresor-jam                           |
| Kompresor Sentrifugal              | 21.230   | scfd/kompresor    | 51,8                             | 1,07E-02   | ton/kompresor-jam                           |

Catatan kaki & Sumber:

<sup>a</sup>Harrison, M.R., L.M. Campbell, T.M. Shires dan R.M. Cowgill. *Methane Emissions from the Natural Gas Industry, Volume 2: Technical Report*, Laporan Akhir, GRI-94/0257.1 dan EPA-600/R-96-080b. Institut Riset Gas dan Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat, Juni 1996.

<sup>b</sup>Hummel, K.E., L.M. Campbell, dan M.R Harrison. *Methane Emissions from the Natural Gas Industry, Volume 8: Equipments Leaks*, Laporan Akhir, GRI-94/0257.25 dan EPA-600/R-96-080h. Institut Riset Gas dan Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat, Juni 1996.

<sup>c</sup>Ketidakpastian berdasar pada 95% selangkepercayaan dari data yang digunakan untuk mengembangkan faktor emisi awal.

<sup>d</sup>Konversi faktor emisi dari scfy berdasar pada 60F dan 14,7 psia. Rata-rata konsentrasi CH<sub>4</sub> terkait dengan faktor emisi ini, yang tercantum di tabel E-4, adalah 86,8 mole %. Apabila isi CH<sub>4</sub> aktual berbeda dengan nilai standar, faktor emisi diatas dapat disesuaikan dengan rasio konten *site* CH<sub>4</sub> sampai konsentrasi standar.

<sup>e</sup>Lihat turunan di Lampiran C

Tabel VIII-6 Faktor Emisi CH<sub>4</sub> untuk Sumber *Fugitive* pada *Natural Gas Transmission and Storage* – Level Peralatan (API Compendium 2009)

| Basis Peralatan  | Referensi Faktor Emisi <sup>a,b</sup> , Satuan Awal |                                 | <i>Uncertainty</i> <sup>c</sup> (±%) | Faktor Emisi <sup>d</sup> , Satuan yang Dikonversi |                                    |
|--|---|---------------------------------|--------------------------------------|--|------------------------------------|
|  |   |                                 |                                      |  |                                    |
| Dudukan Kompresor                                      | 8.778   | scfd CH <sub>4</sub> /pos       | 126                                  | 7,02E-03   | Ton CH <sub>4</sub> /pos-jam       |
| Dudukan Kompresor – <i>Reciprocating</i> Compressor    | 15.205  | scfd CH <sub>4</sub> /kompresor | 84,2                                 | 1,22E-02   | Ton CH <sub>4</sub> /kompresor-jam |
| Dudukan Kompresor – Sentrifugal Compressor             | 30.305  | scfd CH <sub>4</sub> /kompresor | 45,7                                 | 2,42E-02   | Ton CH <sub>4</sub> /kompresor-jam |
| Dudukan Meter/Reg.                                     | 60.011  | scfd CH <sub>4</sub> /pos-tahun | 1500 <sup>f</sup>                    | 1,31E-04   | Ton CH <sub>4</sub> /pos-jam       |
| Dudukan M&R – <i>farm taps</i> atau penjualan langsung | 31,2  | scfd CH <sub>4</sub> /pos       | 97,6                                 | 2,49E-05   | Ton/pos-jam                        |
| Dudukan M&R – Transmisi terhubung                      | 3.984   | scfd CH <sub>4</sub> /pos       | 96,1                                 | 3,18E-03   | Ton/pos-jam                        |

| Basis Peralatan                                  | Referensi Faktor Emisi <sup>a,b</sup> , Satuan Awal |                                 | Uncertainty <sup>c</sup> (±%) | Faktor Emisi <sup>d</sup> , Satuan yang Dikonversi |   |
|--|---|---------------------------------|-------------------------------|--|---|
| Jalur Transmisi Pipa Gas <sup>e</sup>            | 23,12   | lb CH <sub>4</sub> /mil-tahun   | 94,7                          | 1,20E-06<br>7,44E-07                               | Ton CH <sub>4</sub> /mil-jam<br>Ton CH <sub>4</sub> /km-jam |
| CO <sub>2</sub> dari Oksidasi <sup>e,g</sup>     | 7,59  | lb CO <sub>2</sub> /mil-tahun   | 70,3                          | 3,93E-07<br>2,44E-07                               | Ton CO <sub>2</sub> /mil-jam<br>Ton CO <sub>2</sub> /km-jam |
| CO <sub>2</sub> dari kebocoran pipa <sup>e</sup> | 1,52  | lb CO <sub>2</sub> /mil-tahun   | 90,1                          | 7,88E-08<br>4,89E-08                               | Ton CO <sub>2</sub> /mil-jam<br>Ton CO <sub>2</sub> /km-jam |
| Dudukan penyimpanan                              | 21.507  | scfd CH <sub>4</sub> /pos       | 132                           | 1,72E-02   | ton CH <sub>4</sub> /pos-jam                                |
| Penyimpanan – Reciprocating Compressor           | 21.116  | scfd CH <sub>4</sub> /kompresor | 60,4                          | 1,69E-02   | ton CH <sub>4</sub> /sumur-jam                              |
| Penyimpanan – Sentrifugal Compressor             | 30.573  | scfd CH <sub>4</sub> /kompresor | 39,0                          | 2,44E-03   | ton CH <sub>4</sub> /sumur-jam                              |
| Sumur Penyimpanan                                | 114,5   | scfd CH <sub>4</sub> /sumur     | 76,0                          | 9,15E-05   | ton CH <sub>4</sub> /sumur-jam                              |

Catatan Kaki dan Sumber:

<sup>a</sup>Harrison, M.R., L.M. Campbell, T.M. Shires dan R.M. Cowgill. *Methane Emissions from the Natural Gas Industry, Volume 2: Technical Report*, Laporan Akhir, GRI-94/0257.1 dan EPA-600/R-96-080b. Institut Riset Gas dan Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat, Juni 1996.

<sup>b</sup>Campbell, L.M. dan B.E. Stapper. *Methane Emissions from The Natural Gas Industry, Volume 10: Metering and Pressure Regulating, Stations in Natural Gas and Transmission and Distribution*, Laporan Akhir, GRI-94/0257.27 dan EPA-600/R-96-080j. Institut Riset Gas dan Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat, Juni 1996.

<sup>c</sup>Ketidakpastian berdasar pada 95% selang kepercayaan dari data yang digunakan untuk mengembangkan faktor emisi awal.

<sup>d</sup>Konversi faktor emisi dari scf berdasar pada 60F dan 14,7 psia. Rata-rata konsentrasi CH<sub>4</sub> terkait dengan faktor emisi ini, yang tercantum di tabel E-4, adalah 93,4 mole %; Rata-rata konsentrasi CO<sub>2</sub> (untuk pipa bawah tanah), juga tercantum di tabel E-4, adalah 2 mole %. Apabila konsentrasi aktual berbeda dengan nilai standar, faktor emisi diatas dapat disesuaikan dengan rasio *concentration site* sampai konsentrasi standar.

<sup>e</sup>Turunan faktor emisi terdapat pada Lampiran C

<sup>f</sup>Rentang ketidakpastian (0-900.158 scf CH<sub>4</sub>/duduk-tahun)

<sup>g</sup>Sejumlah CH<sub>4</sub> yang keluar dari kebocoran pipa bawah tanah adalah bentuk oksidasi dari CO<sub>2</sub>.

### 3. Tier 3

Perhitungan beban emisi dari sumber *fugitive* untuk Tier 3 adalah dengan menggunakan faktor emisi tingkat komponen yang didasarkan pada komponen yang terdapat pada suatu fasilitas pengolahan minyak dan gas.

Data yang dibutuhkan:

Tipe dan jumlah peralatan

Perhitungan yang diterapkan untuk menghitung beban emisi pada Tier 3 adalah dengan menggunakan rumus dasar sebagai berikut:

$$E = N \times EF$$

(Rumus 42)

Dimana:

E = Beban emisi pencemar (kg/tahun)

N = Jumlah komponen

EF = Faktor emisi

Faktor emisi yang digunakan dapat mengacu kepada API Compendium 2009 yang ditampilkan pada tabel – tabel berikut. Perhitungan beban emisi selanjutnya menggunakan rumus berikut:

$$E_{TVOC} = N \times EF \quad \text{(Rumus 43)}$$

Sehingga :

$$E_{CH_4} = N \times EF \times \% \text{ wt } CH_4 \quad \text{(Rumus 44)}$$

$$E_{NMHC} = N \times EF \times \% \text{ wt } NMHC \quad \text{(Rumus 45)}$$

Dimana :

$E_{TVOC}$  = emisi fugitive Total Volatile Organic Compound (TVOC).

$E_{CH_4}$  = emisi fugitive methane (CH<sub>4</sub>).

$E_{NMHC}$  = emisi fugitive non methane hidrokarbon (NMHC).

% wt CH<sub>4</sub> = % berat CH<sub>4</sub> dalam emisi fugitive.

% wt VOC = % berat VOC dalam emisi fugitive.

Tabel VIII-7 Faktor Emisi untuk Sumber *Fugitive* pada Produksi Minyak dan Gas Bumi – Level Komponen (API Compendium 2009)

| Komponen – Jasa <sup>a</sup> | Faktor Emisi, Satuan Awal <sup>b</sup> ,<br>kg gas/jam/komponen | Faktor Emisi, konversi ke ton<br>gas/jam/komponen |
|------------------------------|---|---|
| Tuas – gas                   | 4,5E03  | 4,5E-06   |
| Tuas – minyak berat          | 8,4E-06   | 8,4E-09   |
| Tuas – minyak ringan         | 2,5E-03   | 2,5E-06   |
| Tuas – air/minyak            | 9,8E-05   | 9,8E-08   |
| Penghubung – gas             | 2,0E-04   | 2,0E-07   |
| Penghubung – minyak berat    | 7,5E-06   | 7,5E-09   |
| Penghubung – minyak ringan   | 2,1E-04   | 2,1E-07   |
| Penghubung – air/minyak      | 1,1E-04   | 1,1E-07   |
| Flensa – gas                 | 3,9E-04   | 3,9E-07   |
| Flensa- minyak berat         | 3,9E-07   | 1,1E-07   |
| Flensa – minyak ringan       | 1,1E-04   | 2,9E-09   |
| Flensa – air/minyak          | 2,9E-06   | 2,0E-06   |
| Jalur terbuka – gas          | 2,0E-03   | 2,0E-06   |
| Jalur terbuka –minyak berat  | 1,4E-04   | 1,4E-07   |
| Jalur terbuka –minyak ringan | 1,4E-03   | 1,4E-06   |
| Jalur terbuka – air/minyak   | 2,5E-04   | 2,5E-07   |
| Segel pompa – gas            | 2,4E-03   | 2,4E-06   |
| Segel pompa – minyak ringan  | 1,3E-02   | 1,3E-05   |
| Segel pompa – air/minyak     | 2,4E-05   | 2,4E-08   |
| Lainnya – gas                | 8,8E-03   | 88E-06  |
| Lainnya – minyak berat       | 3,2E-05   | 3,2E-08   |
| Lainnya – minyak ringan      | 7,5E-03   | 7,5E-06   |
| Lainnya – air/minyak         | 1,4E-02   | 1,4E-05   |

Catatan kaki & sumber:

<sup>a</sup>EPA mendefinisikan cairan ringan sebagai cairan dimana jumlah konsentrasi konstituen individual dengan tekan uap lebih dari 0.3 kPa pada 20C adalah lebih besar dari atau sama dengan 20 weight percent. EPA mendefinisikan cairan berat sebagai cairan yang bukan gas/uapatau servis cairan ringan.

<sup>b</sup>Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (*U.S Environment Protection Agency/EPA*). *Protocol for Equipment Leak Emission Estimates*, EPA-453/R-95-017, Kantor Perencanaan dan Standar Kualitas Udara EPA, November 1995, Tabel 2-4.

| Komponen – Tipe Fasilitas <sup>a</sup> | Faktor Emisi <sup>b</sup> , Satuan Awal,<br>lb/TOC/hari/komponen | Faktor Emisi, konversi ke ton<br>TOC/komponen-jam |
|--|--|---|
| Tuas – produksi gas                    | 1,39E-01   | 2,63E-06  |
| Tuas – produksi minyak mentah berat    | 6,86E-04   | 1,30E-08  |
| Tuas – produksi minyak                 | 7,00E-02   | 1,32E-06  |

|   |          |           |
|---|----------|-----------|
| mentah ringan                                 |          |           |
| Penghubung – produksi gas                     | 1,70E-02 | 3,21E-07  |
| Penghubung – produksi minyak mentah berat     | 4,22E-04 | 7,98E-09  |
| Penghubung – produksi minyak mentah ringan    | 8,66E-03 | 1,64E-07  |
| Flensa – produksi gas                         | 6,23E-03 | 1,18E-07  |
| Flensa – produksi minyak mentah berat         | 1,16E-03 | 2,19E-08  |
| Flensa – produksi minyak mentah ringan        | 4,07E-03 | 7,69E-08  |
| Jalur Terbuka – produksi gas                  | 3,63E-02 | 6,86E-07  |
| Jalur Terbuka – produksi minyak mentah berat  | 8,18E-03 | 1,55E-07  |
| Jalur Terbuka – produksi minyak mentah ringan | 6,38E-02 | 1,21E-06  |
| Segel Pompa – produksi gas                    | 1,03E-02 | 1,95E-07  |
| Segel Pompa – produksi minyak mentah ringan   | 1,68E-02 | 3,18E-07  |
| Lainnya – produksi gas                        | 4,86E-01 | 9,196E-06 |
| Lainnya – produksi minyak mentah berat        | 3,70E-03 | 6,99E-03  |
| Lainnya – produksi minyak mentah ringan       | 3,97E-01 | 7,50E-06  |

Catatan kaki & Sumber:

<sup>a</sup>Faktor emisi ini spesifik pada tempat pengembangan, tidak berkaitan dengan satu jasa spesifik. Contoh, satu tempat yang memproduksi minyak mentah ringan akan mendaftar ke produksi minyak bumi kecil akan terlihat seperti faktor produksi emisi minyak mentah ringan, tanpa peduli akan jenis jasa. API Publications 4615 mendefinisikan minyak mentah ringan sebagai minyak dengan 20 gravitasi API atau lebih, dan minyak mentah berat sebagai minyak dengan gravitasi API kurang dari 20.

<sup>b</sup>Institut Perminyakan Amerika (*American Petroleum Institute/API*). *Emission Factors for Oil and Gas Production Operations*, API Publication Number 4615, Departemen Ilmu Kesehatan dan Lingkungan, Januari 1995, Tabel ES-1.

Tabel VIII-8 Faktor Emisi Sumber Fugitive pada *Offshore* – Level Komponen (API Compendium 2009)

| Komponen         | Faktor Emisi, Unit-unit Orisinil <sup>a</sup> , lb TOC/hari/komp. | Faktor Emisi, dikonversi ke ton TOC/komponen-jam |
|------------------|---|--|
| Katup            | 0.027   | 5.14E-07   |
| Segel pompa      | 0.010   | 1.95E-07   |
| Lainnya          | 0.367   | 6.94E-06   |
| Konektor         | 0.006   | 1.08E-07   |
| Flensa           | 0.010   | 1.97E-07   |
| Jalur open-ended | 0.054   | 1.01E-06   |

Catatan kaki dan sumber:

<sup>a</sup> American Petroleum Institute (API). *Emission Factors for Oil and Gas Production Operations*, API Publication Number 4615, Health and Environmental Sciences Department, Januari, 1995, Tabel ES-1.

Tabel VIII-9 Faktor Emisi Sumber Fugitive pada *Natural Gas Plant, Gathering Compressor Station, dan Well Site* – Level Komponen (API Compendium 2009)

| Komponen   | Fase I (Gas Plants) <sup>b</sup>  |  | Fase II (Gas Plants, Gathering Compressor Stations, dan Well Sites) <sup>c</sup> |  |
|------------|---|--|--|--|
|            | Rata-rata Faktor Emisi THC <sup>a</sup> , Unit-unit Orisinil, Kg/jam/sumber | Rata-rata Faktor Emisi THC, dikonversi ke ton/jam/sumber | Rata-rata Faktor Emisi THC <sup>a</sup> , Unit-unit Orisinil, kg/jam/sumber      | Rata-rata Faktor Emisi THC, dikonversi ke ton/jam/sumber |
| Konektor   | 2.22E-03  | 2.22E-06   | 3.30E-03   | 3.30E-06   |
| Katup Blok | 1.10E-02  | 1.10E-05   | 1.47E-02   | 1.47E-05   |
| Katup      | 4.85E-02  | 4.85E-05   | 3.73E-02   | 3.73E-05   |

|                             |          |          |          |          |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| pengontrol                  |          |          |          |          |
| Katup Pelepas Tekanan (PRV) | 6.73E-02 | 6.73E-05 | 4.70E-04 | 4.70E-07 |
| Tekanan Regulator           | 1.74E-02 | 1.74E-05 | 6.31E-03 | 6.31E-06 |
| Lubang Meter                | 3.58E-03 | 3.58E-06 | 2.70E-03 | 2.70E-06 |
| Ventilasi crank case        | 8.83E-01 | 8.83E-04 | 1.20E-01 | 1.20E-04 |
| Jalur Open-ended            | 5.18E-02 | 5.18E-05 | 2.39E-01 | 2.39E-04 |
| Segel Kompresor             | 8.52E-01 | 8.52E-04 | 5.20E-01 | 5.20E-04 |

Catatan kaki dan sumber:

<sup>a</sup> U.S Environmental Protection Agency (EPA). *EPA Phase II Aggregate Site Report: Cost-Effective Directed Inspection and Maintenance Control Opportunities at Five Gas Processing Plants and Upstream Gathering Compressor Stations and Well Sites, Technical Report*, prepared by National Gas Machinery Laboratory, Clearstone Engineering, Ltd., and Innovative Environmental Solutions, Inc., Maret 2006, Tabel 4.

<sup>b</sup> Fase I dari studi didasarkan pada survey terhadap empat fasilitas pengolahan gas di Western U.S. yang diselesaikan selama kuartal 4 Tahun 2000.

<sup>c</sup> Fase II dari studi didasarkan pada survey terhadap lima pabrik pengolahan gas, tujuh stasiun pengumpulan kompresor dan 12 well sites selama kuartal pertama Tahun 2004 dan kuartal kedua Tahun 2005. Tabel 3 dari laporan referensi diatas menunjukkan bahwa ukuran tingkat emisi THC dari komponen yang bocor adalah 1348 ton/fasilitas-thn untuk gas plants, 131 ton/fasilitas-thn untuk stasiun pengumpulan kompresor, dan 8 ton/fasilitas-thn untuk well sites. Berdasarkan penghitungan dari fasilitas dan ukuran tingkat kebocoran, ukuran tingkat kebocoran terdiri dari 86.9% dari gas plants, 11.8% dari stasiun pengumpulan kompresor, dan 1.2% dari well-sites.

<sup>d</sup> Akun kategori komponen segel kompresor untuk emisi dari segel kompresor individu. Seperti kebocoran segel kompresor secara khusus diukur dari ventilasi umum dan jalur saluran, emisi telah dibagi secara merata antara segel dalam unit-unit dengan kebocoran yang terdeteksi

Tabel VIII-10 Faktor Emisi Sumber Fugitive pada *Natural Gas Plant* – Level Komponen (API Compendium 2009)

| Komponen         | Faktor Emisi, Unit-unit orisinil <sup>a</sup> , Lb TOC/hari/komp. | Faktor Emisi, Dikonversi ke ton TOC/komponen-jam |
|------------------|---|--|
| Katup            | 2.04E-01  | 3.86E-06   |
| Segel pompa      | 6.09E-01  | 1.15E-05   |
| Lainnya          | 2.57E-01  | 4.86E-06   |
| Konektor         | 1.45E-02  | 2.74E-07   |
| Flensa           | 2.32E-02  | 4.38E-07   |
| Jalur open-ended | 5.46E-02  | 1.03E-06   |

Catatan kaki dan sumber:

<sup>a</sup> American Petroleum Institute (API). *Emission Factors for Oil and Gas Production Operations*, API Publication Number 4615, Health and Environmental Sciences Department, Januari, 1995, Tabel ES-1.

Tabel VIII-11 Faktor Emisi Sumber Fugitive pada *Natural Gas Transmission and Storage* – Level Komponen (API Compendium 2009)

| Komponen                        | Faktor Emisi <sup>a</sup> , Kg THC/jam/komp. | Faktor Emisi, ton TOC/komponen-jam | Ketidakpastian <sup>b</sup> (± %) |
|---------------------------------|--|------------------------------------|-----------------------------------|
| Katup Blok                      | 0.002140                                     | 2.14E-06                           | 40.1                              |
| Katup pengontrol                | 0.01969                                      | 1.97E-05                           | 70.2                              |
| Konektor                        | 0.0002732                                    | 2.73E-07                           | 19.0                              |
| Segel Kompresor - reciprocating | 0.6616                                       | 6.62E-04                           | 38.9                              |
| Segel Kompresor - sentrifugal   | 0.8139                                       | 8.14E-04                           | 71.5                              |

|   |             |          |                |
|---|-------------|----------|----------------|
| Katup pelepas tekanan   | 0.2795      | 2.80E-04 | +127/-100      |
| Jalur open-ended (OEL)  | 0.08355     | 8.36E-05 | 53.0           |
| OEL – stasiun atau sistem blowdown tekanan kompresor <sup>c</sup>                             | 0.9369      | 9.37E-04 | 61.6           |
| OEL – depressurized reciprocating (komponen sistem blowdown)                                  | 2.347       | 2.35E-03 | +67.5/-67.6    |
| OEL – depressurized sentrifugal (komponen sistem blowdown)                                    | 0.7334      | 7.33E-04 | +103/-100      |
| OEL – overall pressurized/depressurized reciprocating <sup>d</sup> (komponen sistem blowdown) | 1.232       | 1.23E-03 | Tidak tersedia |
| OEL – overall pressurized/depressurized sentrifugal <sup>d</sup> (komponen sistem blowdown)   | 0.7945      | 7.94E-04 | Tidak tersedia |
| Lubang Meter  | 0.003333    | 3.33E-06 | +40.5/-40.6    |
| Meter gas lainnya   | 0.000009060 | 9.06E-09 | +116/-100      |

Catatan kaki dan sumber:

<sup>a</sup> D.J. Picard, M. Stribruy, and M.R. Harrison. *Handbook for Estimating Methane Emissions from Canadian Natural Gas Systems*. GTC Program #3. Environmental Technologies, Mei 25, 1998 Tabel 4.

<sup>b</sup> Ketidakpastian berdasarkan 95% selang kepastian dari data yang digunakan untuk mengembangkan faktor emisi orisinil.

<sup>c</sup> Tipe kompresor tidak ditentukan. Faktor emisi diasumsikan untuk menerapkan salah satu tipe kompresor atau stasiun reciprocating atau sentrifugal.

<sup>d</sup> Keseluruhan OEL faktor emisi rata-rata yang diperhitungkan untuk waktu unit kompresor pressurized dan depressurized selama tahun yang diestimasikan menggunakan annual fractions dari mode pengerjaan yang diambil dari Tabel 4-20 dari Volume 8 dari GRI/EPA studi emisi metana (Hummel, et al., 1996). Persentasi dari studi GRI/EPA adalah 79.1% pressurized/20.9% depressurized untuk reciprocating kompresor dan 30% pressurized/70% depressurized untuk kompresor sentrifugal. Oleh karena itu, persentasi ini diaplikasikan kepada dasar pressurized dan depressurized faktor emisi yang disediakan dalam tabel diatas untuk mengembangkan factor keseluruhan yang mewakili rata-rata factor emisi tahunan yang dikonversikan ke basis per jam.

Tabel VIII-12 Faktor Emisi Sumber Fugitive pada *Natural Gas Distribution Meter/Regulator Stations* – Level Komponen (API Compendium 2009)

| Komponen               | Faktor emisi <sup>a</sup> ,<br>Kg<br>THC/jam/komp. | Faktor emisi,<br>Ton<br>TOC/komponen-<br>jam | Ketidakpastian <sup>b</sup><br>(± %) |
|------------------------|--|--|--------------------------------------|
| Katup                  | 0.00111  | 1.11E-06                                     | +162/ -100                           |
| Katup pengontrol       | 0.01969  | 1.97E-05                                     | 70.2                                 |
| Konektor               | 0.00011  | 1.10E-07                                     | +92.0 / -92.1                        |
| Katup Pelepas Tekanan  | 0.01665  | 1.67E-05                                     | +138 / -100                          |
| Jalur open-ended (OEL) | 0.08355  | 8.36E-05                                     | 53.0                                 |
| OEL – stasiun blowdown | 0.9369   | 9.37E-04                                     | 61.6                                 |
| Lubang meter           | 0.00333  | 3.33E-06                                     | +40.5 / -40.6                        |
| Meter gas lainnya      | 0.00001  | 9.06E-09                                     | +116 / -100                          |

Catatan kaki dan sumber:

<sup>a</sup> Ross, B.D. and D.J. Picard, *Measurement of Methods Emissions from Western Canadian Natural Gas Facilities*, Gas Technology Canada, GTC Program #3, Environment Technology Program, September, 1996.

<sup>b</sup> Ketidakpastian berdasarkan pada 95% selang kepastian dari data yang digunakan untuk mengembangkan faktor emisi orisinil.



Faktor emisi pada level komponen dari US EPA AP-42 berlaku untuk kegiatan minyak dan gas bumi di sektor hilir sebagaimana ditampilkan Tabel 8-13 dibawah ini.

Tabel VIII-13 Faktor Emisi untuk Sumber *Fugitive* pada Kegiatan Hilir Minyak dan Gas Bumi (US EPA AP-42)

| Rata-rata faktor emisi untuk perkiraan emisi fugitive |                                 |         |               |                        |
|---|---------------------------------|---------|---------------|------------------------|
| Tipe Peralatan  | Faktor emisi TOC, kg/jam-sumber |         |               |                        |
|   | Servis                          | SOCMI   | Kilang Minyak | Terminal marketing     |
| Katup   | Gas                             | 0.00597 | 0.0268        | 13 x 10 <sup>-5</sup>  |
|   | Cairan Ringan                   | 0.00403 | 0.0109        | 4,3 x 10 <sup>-5</sup> |
|   | Cairan Berat                    | 0.00023 | 0.00023       | -                      |
| Segel Pompa   | Gas                             | -       | -             | 6.5 x 10 <sup>5</sup>  |
|   | Cairan Ringan                   | 0.0199  | 0.144         | 5.4 x 10 <sup>4</sup>  |
|   | Cairan Berat                    | 0.00862 | 0.021         | -                      |
| Segel Kompresor                                       | Gas                             | 0.228   | 0.636         | 1.2 x 10 <sup>4</sup>  |
|   | Cairan Ringan                   | -       | -             | 1.3 x 10 <sup>4</sup>  |
|   | Cairan Berat                    | 0.00183 | 0.00025       | -                      |
| Katup Pelepas Tekanan                                 | Gas                             | 0.104   | 0.16          | 1.2 x 10 <sup>4</sup>  |
| Fittings (konektor dan flensa)                        | Gas                             | 0.00183 | 0.00025       | 4.2 x 10 <sup>-5</sup> |
|   | Cairan Ringan                   | 0.00183 | 0.00025       | 8.0 x 10 <sup>6</sup>  |
|   | Cairan Berat                    | 0.00183 | 0.00025       | -                      |
| Jalur open-ended                                      | Semua                           | 0.0017  | 0.0023        | -                      |
| Koneksi sampling                                      | Semua                           | 0.0150  | 0.0150        | -                      |
| Sumber : U.S. EPA, 1995                               |                                 |         |               |                        |

Selain itu, faktor emisi sumber *fugitive* yang dipublikasikan oleh SGS yang didasarkan pada kandungan 70% wt CH<sub>4</sub> dan 30% wt VOC juga dapat digunakan sebagai berikut.

Tabel VIII-14 Faktor Emisi Sumber Fugitive – Level Komponen (SGS)

| Tipe Fasilitas               | Faktor Emisi Rata-rata kg/tahun-komponen |
|------------------------------|--|
| Minyak mentah ringan daratan | 1,41                                     |
| Minyak mentah berat daratan  | 0,033                                    |
| Produksi gas daratan         | 3,86                                     |
| Minyak dan gas lepas pantai  | 0,911                                    |

## IX. PERHITUNGAN BEBAN EMISI DARI TANGKI TIMBUN

### A. Parameter Emisi

Parameter terkait yang diemisi yang akan dihitung dalam bentuk *working and standing (breathing) losses* dari tangki timbun meliputi:

Tabel IX-1 Parameter Emisi dari Sumber Tangki Timbun

| Gas Rumah Kaca  | Lain – lain |
|-----------------|-------------|
| CH <sub>4</sub> | nmVOC       |

## B. Pembagian Tier dan Metodologi

### 1. Tier 1

Perhitungan beban emisi berdasarkan volume throughput dan menggunakan faktor emisi baku yang dipublikasikan dari berbagai referensi.

$$EL = T \times EF \quad \text{(Rumus 46)}$$

Keterangan:

EL = beban emisi (ton).

T = *Throughput* tangki timbun (dapat berupa volume atau massa, tergantung faktor emisi yang digunakan).

EF = faktor emisi baku yang dipublikasikan dari berbagai referensi (lihat Tabel 9-2 dan 9-3 di bawah).

Tabel IX-2 Faktor Emisi CH<sub>4</sub> dan nmVOC untuk Tangki Timbun (OGP)

| Gas emisi       | <i>Fixed roof tanks</i> | <i>Internal floating roof tanks</i> | <i>External floating roof tanks</i> | Unit               |
|-----------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| CH <sub>4</sub> | 0,0000002               | 0,00000004                          | 0,00000015                          | ton/ton throughput |
| nmVOC           | 0,000112                | 0,0000002                           | 0,00000085                          |                    |

Tabel IX-3 Faktor Emisi CH<sub>4</sub> dan nmVOC untuk Tangki Timbun berdasarkan Tipe Tangki (SANGEA)

| Tipe Bahan Bakar | Tipe Tangki                    | Komposisi Emisi        |            | Faktor Emisi Generic         |                  | Unit         |
|------------------|--------------------------------|------------------------|------------|------------------------------|------------------|--------------|
|                  |                                | Faktor CH <sub>4</sub> | Faktor VOC | Faktor Emisi CH <sub>4</sub> | Faktor Emisi VOC |              |
| Minyak Mentah    | Vertical fixed roof (Dark)     | 0.150                  | 0.850      | 1.5573E-02                   | 8.8246E-02       | Ton/10*3 bbl |
| Minyak Mentah    | Vertical fixed roof (White)    | 0.150                  | 0.850      | 1.0688E-02                   | 6.0565E-02       | Ton/10*3 bbl |
| Minyak Mentah    | External Floating Roof (White) | 0.150                  | 0.850      | 3.7784E-04                   | 2.1411E-03       | Ton/10*3 bbl |
| Minyak Mentah    | External Floating Roof (Dark)  | 0.150                  | 0.850      | 4.7178E-04                   | 2.6734E-03       | Ton/10*3 bbl |
| Minyak Mentah    | Internal Floating Roof (White) | 0.150                  | 0.850      | 9.7278E-05                   | 5.5124E-04       | Ton/10*3 bbl |
| Minyak Mentah    | Internal Floating Roof (Dark)  | 0.150                  | 0.850      | 9.8739E-05                   | 5.5952E-04       | Ton/10*3 bbl |
| Bensin           | Vertical fixed roof (Dark)     | 0.000                  | 1.000      | 0.0000E+00                   | 2.3274E-01       | Ton/10*3 bbl |
| Bensin           | Vertical fixed roof (White)    | 0.000                  | 1.000      | 0.0000E+00                   | 3.4205E-01       | Ton/10*3 bbl |
| Bensin           | External Floating Roof (White) | 0.000                  | 1.000      | 0.0000E+00                   | 1.7044E-02       | Ton/10*3 bbl |
| Bensin           | External Floating Roof (Dark)  | 0.000                  | 1.000      | 0.0000E+00                   | 2.2098E-02       | Ton/10*3 bbl |
| Bensin           | Internal Floating Roof (White) | 0.000                  | 1.000      | 0.0000E+00                   | 3.7379E-03       | Ton/10*3 bbl |
| Bensin           | Internal Floating Roof (Dark)  | 0.000                  | 1.000      | 0.0000E+00                   | 4.9604E-03       | Ton/10*3 bbl |
| JP-4             | Vertical fixed roof (Dark)     | 0.000                  | 1.000      | 0.0000E+00                   | 6.4499E-02       | Ton/10*3 bbl |

|                  |                                |       |       |            |            |              |
|------------------|--------------------------------|-------|-------|------------|------------|--------------|
| JP-5             | Vertical fixed roof (White)    | 0.000 | 1.000 | 0.0000E+00 | 9.2542E-02 | Ton/10*3 bbl |
| JP-6             | External Floating Roof (White) | 0.000 | 1.000 | 0.0000E+00 | 3.9138E-03 | Ton/10*3 bbl |
| JP-7             | External Floating Roof (Dark)  | 0.000 | 1.000 | 0.0000E+00 | 4.8039E-03 | Ton/10*3 bbl |
| JP-8             | Internal Floating Roof (White) | 0.000 | 1.000 | 0.0000E+00 | 8.8152E-04 | Ton/10*3 bbl |
| JP-9             | Internal Floating Roof (Dark)  | 0.000 | 1.000 | 0.0000E+00 | 8.0105E-04 | Ton/10*3 bbl |
| Minyak Tanah     | Vertical fixed roof (Dark)     | 0.000 | 1.000 | 0.0000E+00 | 7.9747E-04 | Ton/10*3 bbl |
| Minyak Tanah     | Vertical fixed roof (White)    | 0.000 | 1.000 | 0.0000E+00 | 1.4136E-03 | Ton/10*3 bbl |
| Minyak Tanah     | External Floating Roof (White) | 0.000 | 1.000 | 0.0000E+00 | 8.7215E-05 | Ton/10*3 bbl |
| Minyak Tanah     | External Floating Roof (Dark)  | 0.000 | 1.000 | 0.0000E+00 | 1.0348E-04 | Ton/10*3 bbl |
| Minyak Tanah     | Internal Floating Roof (White) | 0.000 | 1.000 | 0.0000E+00 | 5.6943E-05 | Ton/10*3 bbl |
| Minyak Tanah     | Internal Floating Roof (Dark)  | 0.000 | 1.000 | 0.0000E+00 | 5.4143E-05 | Ton/10*3 bbl |
| Minyak Distilasi | Vertical fixed roof (Dark)     | 0.000 | 1.000 | 0.0000E+00 | 6.1782E-04 | Ton/10*3 bbl |
| Minyak Distilasi | Vertical fixed roof (White)    | 0.000 | 1.000 | 0.0000E+00 | 1.0704E-03 | Ton/10*3 bbl |
| Minyak Distilasi | External Floating Roof (White) | 0.000 | 1.000 | 0.0000E+00 | 7.1049E-05 | Ton/10*3 bbl |
| Minyak Distilasi | External Floating Roof (Dark)  | 0.000 | 1.000 | 0.0000E+00 | 8.9181E-05 | Ton/10*3 bbl |
| Minyak Distilasi | External Floating Roof (Dark)  | 0.000 | 1.000 | 0.0000E+00 | 8.9181E-05 | Ton/10*3 bbl |
| Minyak Distilasi | Internal Floating Roof (White) | 0.000 | 1.000 | 0.0000E+00 | 4.7680E-05 | Ton/10*3 bbl |
| Minyak Distilasi | Internal Floating Roof (Dark)  | 0.000 | 1.000 | 0.0000E+00 | 5.1440E-05 | Ton/10*3 bbl |

## 2. Tier 2

Perhitungan beban emisi untuk Tier 2 adalah berdasarkan perhitungan detail sebagai berikut.

### a. Fixed Roof Tank

$$L_T = L_S + L_W$$

$L_T$  = total losses, lb/yr  
 $L_S$  = standing storage losses, lb/yr  
 $L_W$  = working losses, lb/yr

$$L_S = 365 \cdot V_V W_V K_E K_S$$

$V_V$  = vapor space volume, ft<sup>3</sup>  
 $W_V$  = vapor density, lb/ft<sup>3</sup>  
 $K_E$  = vapor space expansion factor, dimensionless  
 $K_S$  = vented space saturation factor, dimensionless

$$L_W = 0.0010 M_V P_{VA} Q K_N K_P$$

$Q$  = annual net throughput (tank capacity (bbl) times annual turnover rate), bbl/yr  
 $K_N$  = turnover factor, dimensionless  
 for turnovers > 36/year,  $K_N = (180 + N)/6N$   
 for turnovers ≤ 36,  $K_N = 1$   
 $N$  = number of tank volume turnovers per year  
 $K_P$  = working loss product factor, dimensionless  
 for crude oils = 0.75  
 for all other liquids = 1.0

(Rumus 47)

Perhitungan masing-masing variabel sebagai berikut:

- 1) Vapor density ( $W_V$ )

$$W_V = \frac{M_V P_{VA}}{RT_{LA}}$$

(Rumus 48)

Dimana:

$M_V$  = molecular weight.  
 $P_{VA}$  = vapour pressure.  
 $RT_{LA}$  = temperature.

- 2) Vapor space outage:

$$H_{VO} = H_S - H_L + H_{RO}$$

(Rumus 49)

Dimana:

$H_S$  = tinggi tangki.  
 $H_L$  = tinggi cairan.  
 $H_{RO}$  = roof outage →  $1/3 \cdot SR \cdot RS$ .  
 $SR$  : roof slope  
 $RS$  : tank shell radius =  $1/2 D$

- 3) Vapor space volume ( $V_V$ )

$$V_V = \left( \frac{\pi}{4} D^2 \right) H_{RO}$$

(Rumus 50)

Keterangan:

$D$  = diameter.  
 $H_{VO}$  = vapor space outage.

- 4) Vapor space expansion factor

$$K_E = \frac{\Delta T_V}{T_{LA}} + \frac{\Delta P_V - \Delta P_B}{P_A - P_{VA}}$$

(Rumus 51)

Keterangan: nilai masing – masing besaran mengacu kepada tabel properti bahan bakar yang ditunjukkan oleh Tabel 9-4, kecuali  $\Delta T_V$  yang merupakan selisih suhu maksimum dan minimum bahan bakar.

Tabel IX-4 Besaran Nilai  $M_V$ ,  $P_{VA}$ ,  $W_I$  untuk Beberapa Bahan Bakar Cair

| Cairan Minyak                      | Berat Molekul Uap pada suhu 60°F $M_V$ (lb/lb-mole) | Kepadatan Cairan Pada suhu 60°F $W_I$ (lb/gal) | TekananUap (True Vapor Pressure, $P_{VA}$ (psa)) |         |         |         |         |         |         |
|------------------------------------|---|--|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                    |   |  | 40°F   | 50°F    | 60°F    | 70°F    | 80°F    | 90°F    | 100°F   |
| RVP 5 Minyak Mentah                | 50  | 7,1  | 1,8  | 2,3     | 2,8     | 3,4     | 4,0     | 4,8     | 5,7     |
| Minyak Bahan Bakar Destilasi No. 2 | 130   | 7,1  | 0,0031   | 0,0045  | 0,0065  | 0,0090  | 0,012   | 0,016   | 0,022   |
| Bensin RVP 7                       | 68  | 5,6  | 2,3  | 2,9     | 3,5     | 4,3     | 5,2     | 6,2     | 7,4     |
| Bensin RVP 7,8                     | 68  | 5,6  | 2,5929   | 3,2079  | 3,9363  | 4,793   | 5,7937  | 6,9552  | 8,2952  |
| Bensin RVP 8,3                     | 68  | 5,6  | 2,7888   | 3,444   | 4,2188  | 5,1284  | 6,1891  | 7,4184  | 8,8344  |
| Bensin RVP 10                      | 66  | 5,6  | 3,4  | 4,2     | 5,2     | 6,2     | 7,4     | 8,8     | 10,5    |
| Bensin RVP 11,5                    | 65  | 5,6  | 4,078  | 4,9997  | 6,069   | 7,3132  | 8,7519  | 10,4053 | 12,2949 |
| Bensin RVP 13                      | 62  | 5,6  | 4,7  | 5,7     | 6,9     | 8,3     | 9,9     | 11,7    | 13,8    |
| Bensin RVP 13,5                    | 62  | 5,6  | 4,932  | 6,0054  | 7,2573  | 8,7076  | 10,3774 | 12,2888 | 14,4646 |
| Bensin RVP 15,0                    | 60  | 5,6  | 5,5802   | 6,774   | 8,1621  | 9,7656  | 11,6067 | 13,7085 | 16,0948 |
| Kerosin Jet                        | 130   | 7,0  | 0,0041   | 0,0060  | 0,0085  | 0,011   | 0,015   | 0,021   | 0,029   |
| Nafta Jet (JP-4)                   | 80  | 6,4  | 0,8  | 1,0     | 1,3     | 1,6     | 1,9     | 2,4     | 2,7     |
| Minyak Sisa No. 6                  | 190   | 7,9  | 0,00002  | 0,00003 | 0,00004 | 0,00006 | 0,00009 | 0,00013 | 0,00019 |

5) Faktor satu rasi ruang pelepasan uap

$$K_S = \frac{1}{1 + 0.053P_{VA}H_{VO}} \quad \text{(Rumus 52)}$$

Keterangan: nilai  $P_{VA}$  diambil dari tabel properti bahan bakar dengan nilai besaran tergantung suhu yang dipilih, sedangkan nilai  $H_{VO}$  merupakan hasil perhitungan.

b. Tangki atap terapung eksternal

$$L_T = L_{WD} + L_R + L_F + L_D$$

$$L_{WD} = (0.943) Q C_S W_I / D$$

$$L_R = (K_{Ra} + K_{Rb} v^b) P^* D M_V K_C$$

$$L_F = F_F P^* M_V K_C$$

(Rumus 53)

Keterangan:

$L_T$  = kerugian total (lb/tahun)

$L_{WD}$  = kerugian pengambilan (lb/tahun)

$L_R$  = kerugian segel rim dari tangki atap terapung eksternal (lb/tahun)

$L_F$  = kerugian kecocokan dek (lb/tahun)

$L_D$  = kerugian lapisan dek (lb/tahun, nilainya =0 untuk tangki atap terapung eksternal)

Perhitungan masing - masing variabel sebagai berikut:  
6) *Withdrawal loss per year (L<sub>WD</sub>)*

$$L_{WD} = 0.943 QCW_L/D$$

(Rumus 54)

Keterangan:

- Q = rata-rata produk yang disimpan per tahun (bbl/tahun)  
C<sub>s</sub> = *product withdrawal shell clingage factor* (bbl/1000 ft<sup>2</sup>; lihat Tabel 9-5)  
W<sub>L</sub> = massa jenis produk (lb/gall)  
D = diameter tangki

Tabel IX-5 Faktor *Clingage* Rata-rata (bbl/10<sup>3</sup> ft<sup>2</sup>)

| Produk yang Disimpan        | Kondisi Pelat |             |                      |
|-----------------------------|---------------|-------------|----------------------|
|                             | Karat Ringan  | Karat Pekat | <i>Gunite Lining</i> |
| Bensin                      | 0,0015        | 0,0075      | 0,15                 |
| Persediaan komponen-tunggal | 0,0015        | 0,0075      | 0,15                 |
| Minyak Mentah               | 0,0060        | 0,030       | 0,60                 |

<sup>a</sup>Referensi 3. Jika tidak ada informasi khusus yang tersedia, nilai yang ada pada tabel ini dapat diasumsikan mewakili kondisi yang pada umumnya atau khususnya di tangki yang baru digunakan.

7) *Kerugian Segel Rim (L<sub>R</sub>)*

$$L_R = (K_{Ra} + K_{Rb} V^n) DP^* M_v K_C$$

(Rumus 55)

Keterangan:

- L<sub>RL</sub> = kerugian segel rim tahunan selama pendaratan atap, lb/tahun  
K<sub>Rd</sub> = faktor kerugian segel rim kecepatan nol angin lb-mole/ft-tahun  
K<sub>Rb</sub> = faktor kerugian segel rim bergantung kecepatan angin, lb-mole/((mph)<sup>n</sup>-ft-tahun)  
N = segel-berhubungan dengan eksponen kerugian kecepatan angin, tak berdimensi (K<sub>Ra</sub>, K<sub>Rb</sub>, dan n khusus untuk konfigurasi segel kerugian yang diberikan)  
V = rata-rata lingkungan kecepatan angin, mph  
D = diameter tangki, ft  
M<sub>v</sub> = berat persediaan molekul uap, lb-lb-mole  
P\* = fungsi tekanan gas, tidak berdimensi  
K<sub>C</sub> = faktor produk;  
K<sub>C</sub> = 0,4 untuk minyak mentah;  
K<sub>C</sub> = 1 untuk semua cairan organik  
Nilai dari faktor K<sub>Ra</sub>, K<sub>Rb</sub> dan n untuk external floating roof tank dapat dilihat pada Tabel 9-6.

Tabel IX-6 Faktors *Rim Seal Loss* (K<sub>Ra</sub>, K<sub>Rb</sub> dan n) untuk *Floating Roof Tanks*

| Konstruksi Tangki dan Sistem Segel Rim    | Pengukuran Rata-Rata Segel         |  |                         |
|---|------------------------------------|--|-------------------------|
|   | K <sub>Ra</sub><br>(lb-mole/ft-yr) | K <sub>Rb</sub><br>[lb-mole/(mph) <sup>n</sup> -ft-yr] | n<br>(tidak berdimensi) |
| Tangki yang dilas ( <i>Welded Tanks</i> ) |                                    |  |                         |
| Segel <i>Mechanical-shoe</i>              | 5.8                                | 0.3  | 2.1                     |

|   |                  |       |     |
|---|------------------|-------|-----|
| <i>Primary only</i> <sup>b</sup>            | 1.6              | 0.3   | 1.6 |
| <i>Shoe-mounted secondary</i>               | 0.6              | 0.4   | 4.0 |
| <i>Rim-mounted secondary</i>                |                  |       |     |
| Segel <i>Liquid-mounted</i>                 |                  |       |     |
| <i>Primary only</i>                         | 1.6              | 0.3   | 1.5 |
| Pelindung Udara ( <i>Weather shield</i> )   | 0.7              | 0.3   | 1.2 |
| <i>Rim-mounted secondary</i>                | 0.3              | 0.6   | 0.3 |
| Segel <i>Vapor-mounted</i>                  | 6.7 <sup>c</sup> | 0.2   | 3.0 |
| <i>Primary only</i>                         | 3.3              | 0.1   | 3.0 |
| Pelindung Udara ( <i>Weather shield</i> )   | 2.2              | 0.003 | 4.3 |
| <i>Rim-mounted secondary</i>                |                  |       |     |
| Tangki yang dipaku ( <i>Riveted Tanks</i> ) |                  |       |     |
| Segel <i>Mechanical-shoe</i>                |                  |       |     |
| <i>Primary only</i>                         | 10.8             | 0.4   | 2.0 |
| <i>Shoe-mounted secondary</i>               | 9.2              | 0.2   | 1.9 |
| <i>Rim-mounted secondary</i>                | 1.1              | 0.3   | 1.5 |

Catatan: Faktor rim-seal  $K_{Ra}$ ,  $K_{Rb}$ , dan  $n$  hanya dapat digunakan untuk kecepatan angin dibawah 15 mil/jam

<sup>a</sup> Referensi 5, kecuali diindikasikan

<sup>b</sup> Apabila tidak tersedia informasi yang lebih spesifik, *welded tank* dengan *average-fitting mechanical-shoe seal* utama dapat digunakan untuk mewakili konstruksi umum atau serupa dan segel rim yang digunakan untuk eksternal dan *domed external floating tanks*.

<sup>c</sup> Apabila tidak tersedia informasi yang lebih spesifik, nilai ini diasumsikan dapat diterapkan pada sistem segel rim yang saat ini digunakan untuk tangki atap terapung internal.

<sup>d</sup> Kolom sumur dan tangga sumur tidak khusus digunakan dengan atap tetap yang dapat digunakan sendiri (*self supported fixed roots*)

<sup>e</sup> Referensi 16,19.

<sup>f</sup> Sebuah slot panduan patok/ccontoh sumur merupakan penyesuaian yang opsional dan tidak selalu digunakan.

<sup>g</sup> Pengujian dilakukan dengan posisi mengambang dengan penyeka mengambang pada dan 1 inci di atas penutup bergeser. Pengguna harus berhati-hati terhadap penerapan faktor-faktor ini ke terapung yang diposisikan dengan penghapus atau atas terapung dibawah penutup bergeser ("terapung pendek"). Faktor emisi untuk terapung seperti ini diharapkan berada diantara faktor untuk panduan patok tanpa terapung dan terapung, tergantung posisi terapung atas dan/atau penyeka yang berada dalam panduan patok.

<sup>h</sup> Pengujian dilakukan dengan posisi terapung dengan penyeka mengapung dalam ketinggian yang bervariasi berhubungan dengan penutup bergeser. Konfigurasi penyesuaian juga termasuk selongsong patok yang membatasi aliran udara dari ruang uap sumur ke slot panduan patok. Konsekuensinya, posisi terapung dalam panduan patok (diatas, atau dibawah penutup bergeser) tidak diharapkan mempengaruhi level emisi secara signifikan untuk konfigurasi penyesuaian ini, sejak fungsi dari selongsong patok adalah untuk membatasi aliran uap dari ruangan uap di bawah dek ke panduan tiang/patok.

<sup>j</sup>  $N_{vb} = 1$  untuk atap tanki internal yang mengapung

<sup>k</sup> Rintisan cerat tidak digunakan pada dek mengapung internal kontak yang dipaku / *welded contact internal floating decks*.

$$P^* = \frac{\frac{P_{VA}}{P_A}}{\left[1 + \left(1 - \frac{P_{VA}}{P_A}\right)^{0.5}\right]^2}$$

(Rumus 56)

$P_{VA}$  = the true vapor pressure of the materials stored, psia

$P_A$  = atmospheric pressure, psia = 14.7

8) Kerugian Pengukuran Dek [Deck Fitting Loss ( $L_F$ )]

$$L_F = F_F P^* M_V K_C$$

(Rumus 57)

Dimana:

$$F_F = \sum_{i=1}^3 (K_{Fi}) (N_{Fi})$$

(Rumus 58)

Tabel IX-7 Faktor *Deck-Fitting Loss* ( $K_{Fa}$ ,  $K_{Fb}$  dan  $n$ ) dan Jumlah Tipikal dari *Deck Fittings* ( $N_{F^a}$ )

| Tipe Pengukuran dan Detail Konstruksi  | Faktor Kerugian          |  |                        | Tipe Jumlah Pengukuran, $N_F$ |
|--|--------------------------|--|------------------------|-------------------------------|
|  | $K_{Fa}$<br>(lb-mole/yr) | $K_{Fb}$<br>(lb-mole/(mph) <sup>m</sup> -yr] | $n$<br>(dimensionless) |                               |
| Access hatch (diameter sumur 24 inci)  |                          |  |                        | 1                             |
| Bolted cover, dengan paking  | 1.6                      | 0  | 0                      |                               |
| Unbolted cover, tanpa paking   | 36 <sup>c</sup>          | 5.9  | 1.2                    |                               |
| Unbolted cover, dengan paking  | 31                       | 5.2  | 1.3                    |                               |
| Fixed roof support column well <sup>d</sup>  |                          |  |                        | $N_c$<br>(Tabel 7.1-11)       |
| Pipa bundar, pelindung geser tanpa paking  | 31                       |  |                        |                               |
| Pipa bundar, pelindung geser dengan paking   | 25                       |  |                        |                               |
| Pipa bundar, flexible fabric sleeve seal   | 10                       |  |                        |                               |
| Kolom buatan, pelindung geser tanpa paking   | 51                       |  |                        |                               |
| Kolom buatan, pelindung geser dengan paking  | 33                       |  |                        |                               |
| Unslotted guide-pole dan well (diameter unslotted pole 8 inci, sedangkan untuk well 21 inci)             |                          |  |                        | 1                             |
| Pelindung geser tanpa paking   | 31                       | 150  | 1.4                    |                               |
| Pelindung geser tanpa paking dengan pole sleeve  | 25                       | 2.2  | 2.1                    |                               |
| Pelindung geser dengan paking  | 25                       | 13   | 2.2                    |                               |
| Pelindung geser dengan paking dengan pole wiper  | 14                       | 3.7  | 0.78                   |                               |
| Pelindung geser dengan paking dengan pole sleeve   | 8.6                      | 12   | 0.81                   |                               |
| Slotted guide-pole/sample well (diameter slotted pole 8 inci, sedangkan untuk well 21 inci) <sup>a</sup> |                          |  |                        | F                             |
| Pelindung geser dengan dan tanpa paking  | 43                       | 270  | 1.4                    |                               |
| Pelindung geser dengan dan tanpa paking dg float <sup>g</sup>  | 31                       | 36   | 2.0                    |                               |
| Pelindung geser dengan paking, dg pole wiper   | 41                       | 48   | 1.4                    |                               |
| Pelindung geser dengan paking,   | 11                       | 46   | 1.4                    |                               |



|  |                  |      |      |   |
|--|------------------|------|------|---|
| dg pole sleeve   |                  |      |      |   |
| Pelindung geser dengan paking, dg pole sleeve dan pole wiper                     | 8.3              | 4.4  | 1.6  |   |
| Pelindung geser dengan paking, dg float dan pole wiper <sup>g</sup>              | 21               | 7.9  | 1.8  |   |
| Pelindung geser dengan paking, dg float, pole sleeve dan pole wiper <sup>h</sup> | 11               | 9.9  | 0.89 |   |
| Gauge-float well (automatic gauge)   |                  |      |      | 1   |
| Unbolted cover, tanpa paking   | 14 <sup>c</sup>  | 5.4  | 1.1  |   |
| Unbolted cover, dengan paking  | 4.3              | 17   | 0.38 |   |
| Bolted cover, dengan paking  | 2.8              | 0    | 0    |   |
| Gauge hatch/sample port  |                  |      |      | 1   |
| Weighted mechanical actuation, dengan paking <sup>b</sup>                        | 0.47             | 0.02 | 0.97 |   |
| Weighted mechanical actuation, tanpa paking                                      | 2.3              |      |      |   |
| Slit fabric seal, 10% open area <sup>c</sup>                                     | 12               | 0    | 0    |   |
| Vaccum breaker   |                  |      |      | N <sub>Vb</sub> (Tabel 7.1-13) <sup>j</sup> |
| Weighted mechanical actuation, tanpa paking                                      | 7.8              | 0.01 | 4.0  | Deck drain                                  |
| Weighted mechanical actuation, dengan paking <sup>b</sup>                        | 6.2 <sup>c</sup> | 1.2  | 0.94 | (diameter 3 inci)                           |
|  |                  |      |      | Open <sup>b</sup>                           |
|  |                  |      |      | 90% closed                                  |
|  |                  |      |      | 1.5   |
|  |                  |      |      | 1.8   |
|  |                  |      |      | 0.21  |
|  |                  |      |      | 0.14  |
|  |                  |      |      | 1.7   |
|  |                  |      |      | 1.1N <sub>d</sub> (Tabel 7.1-13)            |
| Stub drain (diameter 1-inci) <sup>h</sup>  | 1.2              |      |      | N <sub>d</sub> (Table 7.1-15)               |
| Deck leg (diameter 3-inci)   |                  |      |      | N <sub>1</sub> (Table 7.1-15),              |
| Adjustable, internal floating deck <sup>c</sup>                                  | 7.9              |      |      | (Table 7.1-14)                              |
| Adjustable, pontoon area-tanpa paking <sup>b</sup>                               | 2.0              | 0.37 | 0.91 |   |
| Adjustable, pontoon area-dengan paking   | 1.3              | 0.08 | 0.65 |   |
| Adjustable, pontoon area-sock  | 1.2              | 0.14 | 0.65 |   |
| Adjustable, center area-tanpa paking <sup>b</sup>                                | 0.82             | 0.53 | 0.14 |   |
| Adjustable, center area-dengan paking <sup>m</sup>                               | 0.53             | 0.11 | 0.13 |   |
| Adjustable, center area-sock <sup>m</sup>  | 0.49             | 0.16 | 0.14 |   |
| Adjustable, double-deck roofs  | 0.82             | 0.53 | 0.14 |   |
| Fixed  | 0                | 0    | 0    |   |
| Rim vent <sup>n</sup>  |                  |      |      | 1   |
| Weighted mechanical actuation, tanpa paking                                      | 0.68             | 1.8  | 1.0  |   |
| Weighted mechanical actuation, dengan paking <sup>b</sup>                        | 0.71             | 0.10 | 1.0  |   |
| Ladder well  |                  |      |      | 1 <sup>d</sup>                              |
| Pelindung geser, tanpa paking <sup>c</sup>                                       | 98               |      |      |   |
| Pelindung geser, dengan paking   | 56               |      |      |   |

Catatan: Faktor *deck-fitting loss*, K<sub>Fa</sub>, K<sub>Fb</sub>, dan m, hanya dapat digunakan untuk kecepatan angin dibawah 15 mil/jam.

<sup>a</sup> Ref. 5, kecuali diindikasikan sebaliknya.

- b Apabila tidak tersedia informasi yang lebih spesifik, nilai ini diasumsikan dapat digunakan untuk mewakili deck fitting umum atau serupa yang digunakan untuk external dan domed external floating tanks.
- c Apabila tidak tersedia informasi yang lebih spesifik, nilai ini diasumsikan dapat digunakan untuk mewakili deck fitting umum atau serupa yang digunakan untuk internal dan domed external floating tanks.
- d Column wells dan ladder wells tidak dapat menggunakan self supported fixed roofs.
- e References 16,19.
- f Slotted guide-pole/sample well bersifat pilihan dan jarang digunakan.
- g Pengujian dilakukan dengan floats yang diposisikan dengan float wiper dan 1 inci di atas sliding cover.  
Pengguna mewaspadai pengaplikasian faktor ini pada floats yang diposisikan dengan wiper atau diatas float dibawah sliding cover (float terpendek). Pengeluaran faktor untuk float semacam ini diharapkan terjadi diantara faktor-faktor lain untuk guide-pole tanpa/dengan float, tergantung dari posisi float teratas dan/atau wiper dengan guide-pole.
- h Pengujian dilakukan dengan float yang diposisikan dengan float wiper pada ketinggian yang berbeda dengan mempertimbangkan sliding cover. Konfigurasi ini juga mencakup pole sleeve yang membatasi pergerakan udara dari ruang uap pada sumur menuju slotted guidepole. Sebagai konsekuensi, posisi float dengan guidepole (pada, diatas, atau dibawah sliding cover) diharapkan tidak memberikan dampak yang signifikan pada level emisi pada konfigurasi ini, mengingat fungsi dari pole sleeve adalah untuk membatasi pergerakan uap dari ruang uap dibawah dek menuju guidepole.
- j  $N_{vb} = 1$  untuk internal floating roof tanks.
- k Stub drains tidak digunakan pada interaksi antara welded dengan internal floating decks.
- m Faktor kerugian ini merupakan turunan dari hasil pontoon-area deck legs dengan gaskets dan socks.
- n Rim vents hanya digunakan dengan mechanical-shoe primary seals.

Tabel IX-8 *External Floating Roof Tanks: Jumlah Tipikal dari Vacuum Breakers ( $N_{vb}$ ) dan Deck Drains ( $N_d$ )*

| Diameter Tanki<br>D (kaki) <sup>b</sup> | Jumlah Vacuum Breakers, $N_{vb}$ |                     | Jumlah Deck<br>drains, $N_d$ |
|---|----------------------------------|---------------------|------------------------------|
|   | Pontoon Roof                     | Double-Deck<br>Roof |                              |
| 50                                      | 1                                | 1                   | 1                            |
| 100                                     | 1                                | 1                   | 1                            |
| 150                                     | 2                                | 2                   | 2                            |
| 200                                     | 3                                | 2                   | 3                            |
| 250                                     | 4                                | 3                   | 5                            |
| 300                                     | 5                                | 3                   | 7                            |
| 350                                     | 6                                | 4                   | ND                           |
| 400                                     | 7                                | 4                   | ND                           |

## X. PERHITUNGAN BEBAN EMISI DARI PROSES BONGKAR MUAT CAIRAN HIDROKARBON

### A. Parameter Emisi

Parameter emisi yang berpotensi dihasilkan dari kegiatan bongkar muat cairan hidrokarbon dan perlu dihitung beban emisinya meliputi:

Tabel X-1 Parameter Emisi dari Proses Bongkar Muat Hidrokarbon

| Gas Rumah Kaca  | Lain – lain |
|-----------------|-------------|
| CH <sub>4</sub> | nmVOC       |

### B. Pembagian Tier dan Metodologi

Perhitungan beban emisi dari proses bongkar muat cairan hidrokarbon dapat dilakukan dengan berbagai metoda yang dipilih berdasarkan ketersediaan data. Perbedaan metoda perhitungan tersebut tidak menunjukkan perbedaan tingkat akurasi hasil perhitungan yang

signifikan sehingga untuk perhitungan beban emisi dari proses bongkar muat cairan hidrokarbon ini tidak ada mengaplikasikan konsep Tier.

#### 1. Metoda 1

Perhitungan beban emisi berdasarkan volume cairan yang terlibat dalam proses bongkar muat dan menggunakan faktor emisi tipikal yang dipublikasikan secara umum.

$$EL = T \times EF$$

(Rumus 59)

Dimana:

EL = beban emisi (ton).

TV = *Throughput loaded* (dapat berupa volume atau massa, tergantung faktor emisi yang digunakan).

EF = faktor emisi - faktor emisi baku yang dipublikasikan dari API Compendium atau OGP.

Faktor emisi yang dapat dijadikan acuan ataupun dasar perhitungan untuk menghitung beban emisi dari kegiatan bongkar muat bersumber dari API Compendium 2009 yang disajikan pada Tabel 10-1 dan dari OGP sebagaimana ditampilkan pada Tabel 10-1.

Tabel X-2 Faktor Emisi TOC untuk *Loading Losses* (API Compendium)

| Tipe Loading  | Unit                         |   | Minyak Mentah <sup>a,b,c</sup> |
|---|------------------------------|---|--------------------------------|
| Rel/Truk <sup>d</sup> Dasar Laut – Dedicated normal service     | Original Units               | Lb TOC/10 <sup>3</sup> gal loaded             | 2                              |
|   |                              | mg TOC/L loaded                               | 240                            |
|   | Converted Units <sup>e</sup> | ton TOC/10 <sup>6</sup> gal loaded            | 0.91                           |
|   |                              | ton TOC/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> loaded | 0.240                          |
| Rel/Truk <sup>d</sup> Dasar Laut – Vapor balance service        | Original Units               | Lb TOC/10 <sup>3</sup> gal loaded             | 3                              |
|   |                              | mg TOC/L loaded                               | 400                            |
|   | Converted Units <sup>e</sup> | ton TOC/10 <sup>6</sup> gal loaded            | 1.51                           |
|   |                              | ton TOC/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> loaded | 0.400                          |
| Rel/Truk <sup>d</sup> Permukaan Laut – Dedicated normal service | Original Units               | Lb TOC/10 <sup>3</sup> gal loaded             | 5                              |
|   |                              | mg TOC/L loaded                               | 580                            |
|   | Converted Units <sup>e</sup> | ton TOC/10 <sup>6</sup> gal loaded            | 2.20                           |
|   |                              | ton TOC/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> loaded | 0.580                          |
| Rel/Truk <sup>d</sup> Permukaan Laut – Vapor balance service    | Original Units               | Lb TOC/10 <sup>3</sup> gal loaded             | 3                              |
|   |                              | mg TOC/L loaded                               | 400                            |
|   | Converted Units <sup>e</sup> | ton TOC/10 <sup>6</sup> gal loaded            | 1.51                           |
|   |                              | ton TOC/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> loaded | 0.400                          |
| Marine Loading <sup>f</sup> – Kapal/tongkang                    | Original Units               | Lb TOC/10 <sup>3</sup> gal loaded             | 0.61                           |
|   |                              | mg TOC/L loaded                               | 73                             |
|   | Converted Units <sup>e</sup> | ton TOC/10 <sup>6</sup> gal loaded            | 0.28                           |
|   |                              | ton TOC/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> loaded | 0.073                          |
| Marine Loading <sup>f</sup> - Tongkang                          | Original Units               | Lb TOC/10 <sup>3</sup> gal loaded             | 1.0                            |
|   |                              | mg TOC/L loaded                               | 120                            |

|  |                              |   |               |
|--|------------------------------|---|---------------|
|  | Converted Units <sup>e</sup> | ton TOC/10 <sup>6</sup> gal loaded<br>ton TOC/10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> loaded | 0.45<br>0.120 |
|--|------------------------------|---|---------------|

Catatan kaki dan sumber:

- Faktor yang ditunjukkan adalah merupakan total kumpulan organik. AP-42 melaporkan bahwa VOC mencakup kira-kira 85% dari TOC untuk minyak mentah. Karena itu, asumsi sederhana untuk CH<sub>4</sub> unsur dari TOC adalah 15% diluar data spesifik dari lokasi, menyadari bahwa hal ini akan sama dengan melakukan estimasi terhadap emisi yang terlalu tinggi.
- EPA, AP-42, Section 5, Tabel 5.2-5 DAN 5.2-6, 2008.
- Sampel minyak mentah memiliki RVP 5 psia
- Faktor emisi dari pemuatan dengan rel/truk merupakan turunan dengan menggunakan Equation B-5 dengan asumsi suhu cair 60<sup>o</sup> F.
- Dirubah dari faktor emisi original yang dihasilkan dari unit mg/L di AP-42. Karena itu, round-off errors dapat menghasilkan perbedaan kecil pada saat merubah faktor emisi dari unit lb/10<sup>3</sup> galon.
- Marine loading factors didasarkan pada suhu cair 60<sup>o</sup>F.

Tabel X-3 Faktor Emisi CH<sub>4</sub> dan nmVOC Kegiatan *Loading* (OGP)

| Gas emisi       | Rail/Cars/Tank Truck | Ship Loading | Unit               |
|-----------------|----------------------|--------------|--------------------|
| CH <sub>4</sub> | 0,000058             | 0,000018     | Ton/ton throughput |
| VOC             | 0,00033              | 0,0001       |                    |

Catatan:

Komposisi diasumsikan 15% CH<sub>4</sub>, 85% nmVOC.

## 2. Metoda 2

Perhitungan beban emisi dengan menggunakan rumus sebagai berikut yang mengacu pada US EPA.

### a. *Product fuel loading*

$$E = \text{Fuel Transferred} \times EF$$

(Rumus 60)

Dimana:

E = beban emisi dari kegiatan transfer bahan bakar (ton).

EF = faktor emisi - faktor emisi baku yang dipublikasikan dari US EPA.

Tabel X-4 Faktor Emisi nmVOC untuk Gasoline *Loading* di *Marine Terminal* (US EPA AP-42)

|                      |                  | Faktor Emisi untuk Kapal/Tongkang |  | Faktor Emisi untuk Tongkang |  |
|----------------------|------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------|--|
| Kondisi Tanki Kapal  | Kargo Sebelumnya | mg VOC/L transferred              | lb VOC/10 <sup>3</sup> gal transferred | mg VOC/L transferred        | lb VOC/10 <sup>3</sup> gal transferred |
| <i>Uncleaned</i>     | Rentan*          | 315                               | 2.6                                    | 465                         | 3.9                                    |
| <i>Ballasted</i>     | Rentan           | 205                               | 1.7                                    | -                           | -                                      |
| <i>Cleaned</i>       | Rentan           | 180                               | 1.5                                    | ND                          | ND                                     |
| <i>Gas-freed</i>     | Rentan           | 85                                | 0.7                                    | ND                          | ND                                     |
| <i>Any condition</i> | Tidak Rentan     | 85                                | 0.7                                    | ND                          | ND                                     |
| <i>Gas-freed</i>     | Semua Cargo      | ND                                | ND                                     | 245                         | 2.0                                    |

|                           |             |     |     |     |     |
|---------------------------|-------------|-----|-----|-----|-----|
| Typical Overall Situation | Semua Cargo | 215 | 1.8 | 410 | 3.4 |
|---------------------------|-------------|-----|-----|-----|-----|

b. Crude Oil Loading

$$C_L = C_A + C_G$$

(Rumus 61)

Dimana:

- $C_L$  = total loading loss dari crude oil loading (lb/10<sup>3</sup>gal).
- $C_A$  = Arrival emission factor, dikontribusikan oleh uap dari tangki kosong sebelum loading (lb/10<sup>3</sup>gal), lihat Tabel 10-4.
- $C_G$  = faktor emisi yang dihasilkan, dikontribusikan dari penguapan ketika aktivitas loading (lb/10<sup>3</sup>gal), lihat Rumus 62.

Tabel X-5 Average Arrival Emission Factors ( $C_A$ ) untuk Persamaan Emisi Crude Oil Loading (US EPA AP-42)

| Kapal/Perahu Tongkang | Kargo Sebelumnya | Faktor Emisi Kedatangan (lb TOC/10 <sup>3</sup> gal) |
|-----------------------|------------------|--|
| Uncleaned             | Rentan*          | 0.86   |
| Ballasted             | Rentan           | 0.46   |
| Cleaned or gas-freed  | Rentan           | 0.33   |
| Kondisi lain          | Tidak Rentan     | 0.33   |

$$C_G = 1.84 \times (0.44 \times P - 0.42) \frac{M \times G}{T}$$

(Rumus 62)

Keterangan:

- P = True vapor pressure dari crude oil yang dimuat (psia).
- M = Berat molekul dari uap (lb/lb-mole).
- G = Growth factor dari uap = 1,2 (dimensionless).
- T = Suhu dari bulk liquid loaded (°R atau °F+460).

3. Metoda 3

Perhitungan beban emisi/loading losses (TOC) pada kegiatan pengisian mobil tangki dan RTW (rail cars) untuk semua jenis BBM termasuk crude dan gasoline menggunakan rumus berikut:

$$L_L = 124 * S * P * M/T$$

(Rumus 63)

Dimana:

- $L_L$  = Loading loss (mg VOC/liter cairan yang dimuat).
- M = Berat molekul dari uap (kg/kgmol).
- P = True vapor pressure dari cairan yang dimuat (kPa, absolute).

T = Suhu dari *bulk liquid loaded* ( $^{\circ}\text{K}$  atau  $^{\circ}\text{C}+273.15$ ).

S = Faktor saturasi (lihat Tabel 10-5).

Tabel X-6 Faktor Saturasi (S) untuk Menghitung *Petroleum Liquid Loading Losses* (US EPA AP-42)

| Pengangkut Kargo               | Metode Operasional  | S Factor |
|--------------------------------|---|----------|
| Truk tanki dan rel mobil tanki | Pemuatan clean cargo tank di Permukaan Laut                         | 1.45     |
|                                | Pemuatan di Permukaan Laut: <i>dedicated normal service</i>         | 1.45     |
|                                | Pemuatan di Dasar Laut: <i>dedicated vapour balance service</i>     | 1.00     |
|                                | Pemuatan di Permukaan Laut: <i>dedicated vapour balance service</i> | 1.00     |
|                                | Pemuatan di Dasar Laut: <i>dedicated normal service</i>             | 0.60     |
|                                | Pemuatan clean cargo tank di Dasar Laut                             | 0.50     |
| Kapal Laut                     | Pemuatan di Dasar Laut: Kapal                                       | 0.2      |
|                                | Pemuatan di Dasar Laut: Tongkang                                    | 0.5      |

X-7 Properties dari Beberapa *Petroleum Liquids*

| Petrol                          | Vapor Molecular Weight at 60 $^{\circ}$ F, $W_L$ (lb/gal) | Liquid Density At 60 $^{\circ}$ F, $W_L$ (lb/gal) | Tekanan Uap yang sebenarnya, $P_{VA}$ (psi) |                 |                 |                 |                 |                 |                  |
|---------------------------------|---|---|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
|                                 |   |   | 40 $^{\circ}$ F                             | 50 $^{\circ}$ F | 60 $^{\circ}$ F | 70 $^{\circ}$ F | 80 $^{\circ}$ F | 90 $^{\circ}$ F | 100 $^{\circ}$ F |
| Minyak Mentah RVP 5             | 50  | 7.1   | 1.8   | 2.3             | 2.8             | 3.4             | 4.0             | 4.8             | 5.7              |
| Bahan Bakar Minyak Terdistilasi | 130   | 7.1   | 0.0031                                      | 0.0045          | 0.0065          | 0.0090          | 0.012           | 0.016           | 0.022            |
| Bensin RVP 7                    | 68  | 5.6   | 2.3   | 2.9             | 3.5             | 4.3             | 5.2             | 6.2             | 7.4              |
| Bensin RVP 7.8                  | 68  | 5.6   | 2.5929                                      | 3.2079          | 3.9363          | 4.793           | 5.7937          | 6.9552          | 8.2952           |
| Bensin RVP 8.3                  | 68  | 5.6   | 2.7888                                      | 3.444           | 4.2188          | 5.1284          | 6.1891          | 7.4184          | 8.8344           |
| Bensin RVP 10                   | 66  | 5.6   | 3.4   | 4.2             | 5.2             | 6.2             | 7.4             | 8.8             | 10.5             |
| Bensin RVP 11.5                 | 65  | 5.6   | 4.087                                       | 4.9997          | 6.069           | 7.3132          | 8.7519          | 10.4053         | 12.2949          |
| Bensin RVP 13                   | 62  | 5.6   | 4.7   | 5.7             | 6.9             | 8.3             | 9.9             | 11.7            | 13.8             |
| Bensin RVP 13.5                 | 62  | 5.6   | 4.932                                       | 6.0054          | 7.2573          | 8.7076          | 10.3774         | 12.2888         | 14.4646          |
| Bensin RVP 15.0                 | 60  | 5.6   | 5.5802                                      | 6.774           | 8.1621          | 9.7656          | 11.6067         | 13.7085         | 16.0948          |

|                  |     |     |             |             |             |             |             |             |             |
|------------------|-----|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Minyak Tanah     | 130 | 7.0 | 0.0041      | 0.0060      | 0.0085      | 0.011       | 0.015       | 0.021       | 0.029       |
| Naphtha (JP-4)   | 80  | 6.4 | 0.8         | 1.0         | 1.3         | 1.6         | 1.9         | 2.4         | 2.7         |
| Sisa Minyak No.6 | 190 | 7.9 | 0.0000<br>2 | 0.0000<br>3 | 0.0000<br>4 | 0.0000<br>6 | 0.0000<br>9 | 0.0001<br>3 | 0.0001<br>9 |

## XI. PERHITUNGAN BEBAN EMISI DARI PROSES DEHIDRASI

### A. Parameter Emisi

Parameter emisi yang berpotensi dihasilkan dari venting kegiatan dehidrasi dengan menggunakan glikol atau *desiccant* dan perlu dihitung beban emisinya adalah sebagai berikut:

Tabel XI-1 Parameter Emisi dari Proses Dehidrasi

|                 |  |
|-----------------|--|
| Gas Rumah Kaca  | Parameter Utama Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 13 Tahun 2009) |
| CH <sub>4</sub> | nmVOC  |

### B. Pembagian Tier dan Metodologi

#### 1. Parameter CH<sub>4</sub>

Unit proses dehidrasi baik yang menggunakan glikol maupun *desiccant* dapat mengemisikan CH<sub>4</sub>. Pada dehidrator glikol, CH<sub>4</sub> dilepas ke atmosfer dari hasil regenerasi di *reboiler* sementara pada dehidrator *desiccant*, emisi CH<sub>4</sub> dihasilkan pada saat *vessel* dibuka untuk mengganti tablet *desiccant*. Emisi CH<sub>4</sub> dari dehidrator *desiccant* lebih sedikit daripada dehidrator glikol. Jika venting CH<sub>4</sub> dari proses dehidrasi ini dialirkan ke *flare*, maka perhitungan emisi CH<sub>4</sub> dari proses dehidrasi ini tidak perlu dilakukan dan diganti dengan perhitungan emisi dari proses pembakaran di *flaring*.

#### a. Tier 1

Perhitungan beban emisi CH<sub>4</sub> pada Tier 1 dari venting proses dehidrasi yang menggunakan glikol adalah mengalikan volume gas yang diproses dengan faktor emisi CH<sub>4</sub> yang mengacu pada pada Table 11-2 dan Tabel 11-3, atau Tabel 11-4 di bawah. Pada Table 11-2, faktor emisi diklasifikasi berdasarkan sektor industri yang didasarkan atas kapasitas rata-rata dehidrator pada masing-masing sektor industri, sementara pada Tabel 11-4, faktor emisi berdasarkan *set up* peralatan rata-rata untuk berbagai sektor industri.

Emisi CH<sub>4</sub> = volume gas yang diproses x faktor emisi CH<sub>4</sub>

(Rumus 64)

Tabel XI-2 Faktor Emisi CH<sub>4</sub> dari Proses Dehidrasi Glikol tanpa Sistem Kontrol – tidak termasuk Emisi *Glycol-Gas Assisted Pump* (Sumber: API Compendium, 2009)

| Segmen Industri | CH <sub>4</sub> Faktor Emisi Original Units | CH <sub>4</sub> Faktor Emisi <sup>b</sup> , Dalam ton | CH <sub>4</sub> untuk segmen industri | Uncertainty <sup>c</sup> (+/-%) |
|-----------------|---|---|---------------------------------------|---------------------------------|
| Produksi        | 275.57 scf/10 <sup>6</sup> scf gas yang     | 0.0052859 ton/10 <sup>6</sup> scf gas                 | 78.8 mole %                           | 191                             |

|                 |  |  |             |     |
|-----------------|--|--|-------------|-----|
|                 | diolah   | yang diolah<br>0.18667 ton/10 <sup>6</sup><br>m <sup>3</sup> gas yang<br>diolah  |             |     |
| Pengolahan Gas  | 121.55 scf/10 <sup>6</sup><br>scf gas yang<br>diolah | 0.0023315<br>ton/10 <sup>6</sup> scf gas<br>yang diolah<br>0.082338<br>ton/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> gas<br>yang diolah | 86.8 mole % | 249 |
| Transmisi Gas   | 93.72 scf/10 <sup>6</sup> scf<br>gas yang diolah     | 0.001798<br>ton/10 <sup>6</sup> scf gas<br>yang diolah<br>0.06349 ton/10 <sup>6</sup><br>m <sup>3</sup> gas yang<br>diolah   | 93.4 mole % | 257 |
| Penyimpanan Gas | 117.18 scf/10 <sup>6</sup><br>scf gas yang<br>diolah | 0.0022477<br>ton/10 <sup>6</sup> scf gas<br>yang diolah<br>0.079377<br>ton/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> gas<br>yang diolah | 93.4 mole % | 197 |

Catatan kaki dan sumber:

<sup>a</sup>Myers, D.B. *Methane Emissions from the Natural Gas Industry, Volume 14: Glycol Dehydrators, Final Report*, GRI-94/0257.31 dan EPA-600/R-96-080n, Gas Research Institute dan U.S. Environmental Protection Agency, June 1996.

<sup>b</sup>CH<sub>4</sub> faktor emisi yang dirubah dari scfy berdasarkan 60°F dan 14.7 psia.

<sup>c</sup>Uncertainty berdasarkan 95% confidence interval; namun demikian, karena data yang digunakan untuk menghitung faktor sumber emisi tidak tersedia, Uncertainty 95% confidence interval dihitung menggunakan uncertainty 90% confidence interval yang tersaji pada sumber, dengan asumsi data pada tingkat 10.

Faktor emisi CH<sub>4</sub> pada Tabel 11-2 di atas, berdasarkan atas kandungan CH<sub>4</sub> default pada masing-masing sektor industri. Jika kandungan CH<sub>4</sub> spesifik berbeda dari nilai default, faktor emisi dapat disesuaikan berdasarkan perbandingan antara kandungan CH<sub>4</sub> spesifik dengan kandungan CH<sub>4</sub> default.

Perhitungan beban emisi CH<sub>4</sub> dengan menggunakan faktor emisi pada Tabel 11-2 hanya mencakup emisi dari proses dehidrasi glikol yang tidak termasuk emisi dari *Glycol-Gas Assisted Pump*. Emisi CH<sub>4</sub> dari *Glycol-Gas Assisted Pump* selanjutnya dapat dihitung dengan menggunakan faktor emisi pada Tabel 11-3 berikut.

Tabel XI-3 Faktor Emisi CH<sub>4</sub> *Kimray Glycol-Gas Assisted Pump* dari GRI/EPA (Sumber: API Compendium, 2009)

| Segmen Industri | CH <sub>4</sub> Faktor Emisi <sup>a</sup> , Original Units | CH <sub>4</sub> Faktor Emisi <sup>b</sup> , Dalam ton      | CH <sub>4</sub> untuk segmen industri | Uncertainty <sup>c</sup> (+/-%) |
|-----------------|--|--|---------------------------------------|---------------------------------|
| Produksi        | 992.0 scf/10 <sup>6</sup> scf gas yang diolah              | 0.01903 ton/10 <sup>6</sup> scf gas yang diolah            | 78.8 mole %                           | 82.8                            |
|                 |  | 0.6720 ton/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> gas yang diolah  |                                       |                                 |
| Pengolahan      | 177.75 scf/10 <sup>6</sup> scf gas yang diolah             | 0.0034096 ton/10 <sup>6</sup> scf gas yang diolah          | 86.8 mole %                           | 61.5                            |
|                 |  | 0.12041 ton/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> gas yang diolah |                                       |                                 |



Catatan kaki dan sumber:

<sup>a</sup>Myers, D.B. dan M.R. Harrison *Methane Emissions from the Natural Gas Industry, Volume 14: Glycol Dehydrators, Final Report*, GRI-94/0257.31 dan EPA-600/R-96-080n, Gas Research Institute dan U.S. Environmental Protection Agency, June 1996.

<sup>b</sup>CH<sub>4</sub> faktor emisi yang dirubah dari scfy berdasarkan 60°F dan 14.7 psia.

<sup>c</sup>Uncertainty berdasarkan 95% confidence interval; namun demikian, karena data yang digunakan untuk menghitung faktor sumber emisi tidak tersedia, Uncertainty 95% confidence interval dihitung menggunakan uncertainty 90% confidence interval yang tersaji pada sumber, dengan asumsi data pada tingkat 10.

Sementara faktor emisi CH<sub>4</sub> pada Tabel 11-4 dapat digunakan untuk perhitungan beban emisi CH<sub>4</sub> dari proses dehidrasi glikol dan dengan/tanpa *Glycol-Gas Assisted Pump*.

Tabel XI-4 Faktor Emisi CH<sub>4</sub> dari Proses Dehidrasi Glikol Berdasarkan GRI-GLY Calc™ –termasuk Emisi *Glycol-Gas Assisted Pump*

| Metode Operasional                    | CH <sub>4</sub> Faktor Emisi <sup>a</sup> , Original Units                | CH <sub>4</sub> Faktor Emisi <sup>b</sup> , Dalam ton      |
|---------------------------------------|---|--|
| Pompa gas tanpa flash separator       | 82.63 ton/tahun per 10 <sup>6</sup> Nm <sup>3</sup> /hari gas yang diolah | 0.006410 ton/10 <sup>6</sup> scf gas yang diolah           |
|                                       |   | 0.2264 ton/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> gas yang diolah  |
| Pompa gas dengan flash separator      | 1.98 ton/tahun per 10 <sup>6</sup> Nm <sup>3</sup> /hari gas yang diolah  | 0.000154 ton/10 <sup>6</sup> scf gas yang diolah           |
|                                       |   | 0.00542 ton/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> gas yang diolah |
| Pompa elektrik tanpa flash separator  | 21.46 ton/tahun per 10 <sup>6</sup> Nm <sup>3</sup> /hari gas yang diolah | 0.001665 ton/10 <sup>6</sup> scf gas yang diolah           |
|                                       |   | 0.05879 ton/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> gas yang diolah |
| Pompa elektrik dengan flash separator | 1.64 ton/tahun per 10 <sup>6</sup> Nm <sup>3</sup> /hari gas yang diolah  | 0.000127 ton/10 <sup>6</sup> scf gas yang diolah           |
|                                       |   | 0.00449 ton/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> gas yang diolah |

Catatan kaki dan sumber:

<sup>a</sup>Texaco, 1999. Berdasarkan hasil dari GRI Report No. GRI-98/0073, *Investigation of Condenser Efficiency for HAP Control from Glycol Dehydrator Reboiler Vent Streams: Analysis of Data from the EPA 114 Questionnaire and GRI's Condenser Monitoring Program*.

<sup>b</sup>Uncertainty data tidak tersedia pada sumber ini.

<sup>c</sup>CH<sub>4</sub> faktor emisi berdasarkan 60°F DAN 14.7 psia.

Jika *stripping gas* berupa gas alam diterapkan untuk membantu menyisahkan air dan senyawa lain yang tertangkap pada glikol, Tabel 11-2, Tabel 11-3, dan Tabel 11-4 tidak dapat digunakan untuk menghitung emisi CH<sub>4</sub>. Dalam hal ini perhitungan dilakukan dengan menggunakan *software* GRI-GLYCalc™. Akan tetapi jika *stripping gas* yang digunakan berupa *flash gas* atau nitrogen, Tabel 11-2, Tabel 11-3, dan Tabel 11-4 dapat diacu untuk menghitung emisi CH<sub>4</sub> karena emisi CH<sub>4</sub> tidak bertambah.

Untuk proses dehidrasi yang menggunakan *desiccant*, perhitungan beban emisi CH<sub>4</sub> pada Tier 1 menggunakan rumus berikut:

$$GLD = \frac{H \times D^2 \times \pi \times P_2 \times G \times N}{4 \times P_1}$$

(Rumus 65)

Keterangan:

- GLD = gas yang hilang dari desiccant dehydrator, scf/yr  
H = tinggi dehidrator kapal, ft;  
D = diameter dehidrator kapal;  
P<sub>2</sub> = tekanan gas, psia;  
P<sub>1</sub> = tekanan atmosfer, 14.7 psia;  
G = gas  
N = jumlah perubahan desiccant per tahun

$$Emisi CH_4 = GLD \times CH_4 \text{ molar content} \times \frac{lbmole CH_4}{379.3 scf CH_4} \times \frac{16 lb CH_4}{lbmole CH_4} \times \frac{tonnes}{2204.62 lb}$$

(Rumus 64)

b. Tier 2

Perhitungan beban emisi CH<sub>4</sub> pada Tier 2 hanya berlaku untuk venting proses dehidrasi glikol, yaitu dengan menggunakan *process simulator* atau *software* seperti GRI-GRYCalc™. Informasi yang diperlukan antara lain berupa komposisi gas hidrokarbon basah, laju alir gas basah, temperatur dan tekanan gas basah, kandungan air dari gas basah dan kering, laju alir glikol, laju alir *stripping gas* yang digunakan, keberadaan *gas-driven glycol pump*, serta temperatur dan tekanan *flash tank*.

c. Tier 3

Perhitungan beban emisi CH<sub>4</sub> pada Tier 3 adalah berdasarkan hasil pengukuran, yaitu mengalikan konsentrasi CH<sub>4</sub> yang terukur pada gas yang diventing (koreksi O<sub>2</sub> sebesar 0%) dengan laju alirnya.

Perhitungan ini berlaku untuk proses dehidrasi baik yang menggunakan glikol maupun *desiccant*. Laju alir gas dihitung berdasarkan hasil pengukuran kecepatan gas dikali luas penampang *stack* yang diukur pada keadaan standar (25°C dan tekanan 1 atm) dan kondisi kering.

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$E = V \times C_{CH_4} \times 0.031536$$

(Rumus 65)

Keterangan:

- E = beban emisi (ton/tahun)  
V = laju alir gas yang diventing (m<sup>3</sup>/s)  
C<sub>CH<sub>4</sub></sub> = konsentrasi CH<sub>4</sub> (mg/m<sup>3</sup>)  
0.031536 = konversi mg ke ton dan detik ke tahun

## 2. Parameter nmVOC

Perhitungan beban emisi untuk parameter nmVOC dari proses dehidrasi glikol maupun *desiccant* dilakukan dengan mengalikan konsentrasi kandungan hidrokarbon terukur pada gas yang diventing (koreksi O<sub>2</sub> sebesar 0%) dengan laju alirnya. Perhitungan beban emisi nmVOC ini tidak menerapkan Tier karena Peraturan Menteri LH No. 13 tahun 2009 telah mewajibkan pengukuran konsentrasi nmVOC pada gas yang diventing. Laju alir gas dihitung berdasarkan hasil

pengukuran kecepatan gas dikali luas penampang *stack* yang diukur dalam keadaan standar (25°C dan tekanan 1 atm) dan kondisi kering.

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:, yang sesuai dengan

$$E = V \times C_{nmVOC} \times 0.031536$$

(Rumus 66)

Keterangan:

E = beban emisi (ton/tahun)

V = laju alir gas yang diventing (m<sup>3</sup>/s)

C<sub>nmVOC</sub> = konsentrasi nmVOC (mg/m<sup>3</sup>)

0.031536 = konversi mg ke ton dan detik ke tahun

## XII. PERHITUNGAN BEBAN EMISI DARI REGENATOR KATALIS UNIT PERENKAHAN KATALITIK ALIR (*FLUID CATALYTIC CRACKING UNIT*)

### A. Parameter emisi

Parameter emisi yang berpotensi dihasilkan dari kegiatan unit perengkahan katalitik alir dan perlu dihitung beban emisinya meliputi:

Tabel XII-1 Parameter Beban Emisi dari Regenerator Katalis Unit Perengkahan Katalitik Alir

| Gas Rumah Kaca  | Parameter Utama<br>(Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 13 Tahun 2009) |
|-----------------|--|
| CO <sub>2</sub> | SO <sub>x</sub><br>NO <sub>x</sub>   |

### B. Pembagian Tier dan Metodologi

Perhitungan beban emisi dari proses regenerasi katalis unit perengkahan katalitik alir dapat dilakukan dengan berbagai metoda yang dipilih berdasarkan ketersediaan data. Perbedaan metoda perhitungan tersebut tidak menunjukkan perbedaan tingkat akurasi hasil perhitungan sehingga untuk perhitungan beban emisi dari regenerator katalis unit perengkahan katalitik alir tidak mengaplikasikan konsep Tier.

#### 1. Parameter CO<sub>2</sub>

##### a. Metode 1

Metode ini digunakan untuk menghitung emisi CO<sub>2</sub> apabila partial pressure dari CO<sub>2</sub> dan CO serta konsentrasi flue gas tidak diketahui. Pendekatan pertama yang digunakan adalah *coke burn rate* yang dinyatakan dalam *mass per year*. Emisi CO<sub>2</sub> dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$ECO_2 = CC_{AVG} \times CF \times \frac{44 \text{ mass units CO}_2/\text{mole}}{12 \text{ mass units C/mole}}$$

(Rumus 67)

Keterangan:

ECO<sub>2</sub> = Emisi CO<sub>2</sub> dalam satuan massa (pounds, kg, ton) per tahun

CC<sub>AVG</sub> = rata-rata harian *coke burn rate* dalam satuan massa/tahun

CF = fraksi karbon dalam *coke* yang dibakar (jika tidak diketahui, gunakan default = 1)

- 44 = berat molekul dari CO<sub>2</sub> ; dan  
 12 = berat molekul karbon (*coke* diasumsikan sebagai karbon)

b. Metode 2

Perhitungan ini dilakukan apabila tekanan parsial CO<sub>2</sub> dan CO diketahui, sehingga emisi CO<sub>2</sub> dapat dihitung dengan rumus :

$$ECO_2 = [K_1 \times Q_r \times (P_{CO_2} + P_{CO})] \times \frac{44 \text{ mass units CO}_2/\text{mole}}{12 \text{ mass units C/mole}} \times H \quad (\text{Rumus 68})$$

$$Q_r = \frac{79 \times Q_a + (100 - P_{O_2}) \times Q_{O_2}}{100 - P_{CO_2} - P_{CO} - P_{O_2}} \quad (\text{Rumus 69})$$

Keterangan:

- ECO<sub>2</sub> = emisi CO<sub>2</sub> (lb/year atau kg/year)  
 K<sub>1</sub> = *carbon conversion factor burn term* (0.0186 lb-min/hr-dscf-% atau 0.2982 kg-min/hr-dscm-, dapat dilihat pada Tabel 12-2)  
 Q<sub>r</sub> = debit volumetrik *exhaust* gas sebelum memasuki sistem kontrol emisi (dscf/min atau dscm/min)  
 P<sub>CO<sub>2</sub></sub> dan P<sub>CO</sub> = persen konsentrasi CO<sub>2</sub> dan CO, pada *exhaust regenerator*. Percent by volume (*dry basis*), dan  
 H = waktu operasional tahunan (jam/tahun) ; yaitu 8760 jam/tahun jika dioperasikan secara terus menerus sepanjang tahun

Variabel K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> atau K<sub>3</sub> mengacu pada Tabel 12-2.

Tabel XII-2 Coke Burn Rate Material Balance Conversion Factors (*API Compendium 2009*)

| Variable       | Variable yang diajukan                                      | Nilai  | Unit                 |
|----------------|---|--------|----------------------|
| K <sub>1</sub> | Pembakaran karbon   | 0.2982 | (kg min)/(hr dscm %) |
|                |   | 0.0186 | (lb min)/(hr dscf %) |
| K <sub>2</sub> | Pembakaran Hidrogen dari O <sub>2</sub> Air                 | 2.0880 | (kg min)/(hr dscm %) |
|                |   | 0.1303 | (lb min)/(hr dscf %) |
| K <sub>3</sub> | Pembakaran Hidrogen dari O <sub>2</sub> dan CO <sub>2</sub> | 0.0994 | (kg min)/(hr dscm )  |
|                |   | 0.0062 | (lb min)/(hr dscf )  |

c. Metode 3

Digunakan apabila terdapat data *air blower capacity* dan konsentrasi *flue gas*, sehingga emisi CO<sub>2</sub> dapat dihitung dengan rumus:

$$ECO_2 = (AR + SOR) \times (FCO_2 + FCO) \times \frac{44}{\text{molar volume conversion}} \times H \quad (\text{Rumus 70})$$

Keterangan:

|                         |   |
|-------------------------|---|
| ECO <sub>2</sub>        | = Emisi CO <sub>2</sub> dalam satuan massa (pounds, kg, ton) per tahun  |
| AR                      | = air rate dalam standard feet <sup>3</sup> atau m <sup>3</sup> , dalam basis kering ( <i>dry basis</i> )                                     |
| SOR                     | = Supplemental Oxygen Rate (jika ada) dalam standard feet <sup>3</sup> atau m <sup>3</sup> per menit, dalam basis kering ( <i>dry basis</i> ) |
| FCO <sub>2</sub>        | = fraksi CO <sub>2</sub> dalam flue gas, dalam dry basis (dinyatakan dalam angka "0.12" untuk nilai 12%, bukan 12)                            |
| FCO                     | = fraksi CO dalam flue gas, dalam dry basis (dinyatakan dalam angka "0.08" untuk nilai 8%, bukan 8)   |
| Molar volume Conversion | = konversi dari volume molar menjadi satuan massa (379.3 scf/lbmole atau 23.685 m <sup>3</sup> /kgmole); dan                                  |
| H                       | = waktu operasional tahunan (menit/tahun) ; yaitu 525600 jam/tahun jika dioperasikan secara terus menerus sepanjang tahun                     |

Untuk unit RCC dengan *Partial Combustion*, perlu dilakukan perhitungan emisi *supplemental firing* dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Emisi CO}_2 = \% C_n \times \text{FG} \times \text{EF } C_n \times H \quad (\text{Rumus 71})$$

Keterangan:

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| Emisi CO <sub>2</sub>            | = beban emisi CO <sub>2</sub> (ton/tahun)                                    |
| %C <sub>n</sub>                  | = fraksi C <sub>n</sub> dalam fuel gas(%)                                    |
| FG                               | = Pemakaian fuel gas(ton/jam)  |
|                                  | = Fuel gas(kNm <sup>3</sup> /jam) x (BM/22,4)                                |
| EF C <sub>n</sub> H <sub>n</sub> | = faktor emisi C <sub>n</sub> H <sub>n</sub> , dapat dilihat pada Tabel 12-3 |
| H                                | = <i>operating hours</i> (jam/tahun)   |

Tabel XII-3 Faktor Emisi Hidrokarbon (SGS)

| Hidrokarbon                                     | Faktor Konversi<br>Ton CO <sub>2</sub> /ton bahan bakar |
|---|---|
| Metana CH <sub>4</sub>                          | 2,75  |
| Etana C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>             | 2,93  |
| Propana C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>           | 3,00  |
| Butana C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>           | 3,03  |
| Pentana C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>          | 3,06  |
| Oktana C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>           | 3,09  |
| Dekana C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>          | 3,10  |
| C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>                 | 3,11  |
| C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>                 | 3,11  |
| C <sub>22</sub> H <sub>46</sub>                 | 3,12  |
| Batubara C <sub>n</sub> (44/12)                 | 3,67  |
| Bahan bakar gas/Turbin<br>Gas/Mesin Gas/Pemanas | 2,75  |

|  |      |
|--|------|
| Gas (mengasumsikan metana murni)           |      |
| Gas yang Dibeli (C1 sampai C3)             | 2,80 |
| Bensin (C5 sampai C12)                     | 3,08 |
| Kerosin (bahan bakar jet) (C10 sampai C14) | 3,11 |
| Diesel (C15 sampai C22)                    | 3,12 |
| Standar Kilang Bahan Bakar                 | 3,14 |
| Bahan bakar minyak berat untuk kelautan    | 3,17 |
| Minyak mentah                              | 3,21 |
| Batubara/kokas FCC                         | 3,67 |

## 2. Parameter SO<sub>2</sub>

Perhitungan parameter SO<sub>2</sub> hanya menerapkan satu metode dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{SO}_2 \text{ (ton/thn)} = 2 \times \text{coke terbakar (ton/thn)} \times \text{kandungan sulphur dalam coke (fraksi berat)} \quad (\text{Rumus 72})$$

$$\text{Kandungan sulphur di dalam coke} = R \times \text{kandungan sulphur dalam feed (\% berat)} \quad (\text{Rumus 73})$$

Dimana :

R = 1.1 untuk *Vacuum Gas Oil*

R = 2.0 untuk *Hydrotreated Gas Oil*

R = 1.8 untuk *residue*

R = 3.1 untuk *Hydrotreated Residue*

## 3. Parameter NO<sub>2</sub>

Perhitungan beban emisi NO<sub>2</sub> dilakukan melalui beberapa tahapan,, yaitu:

1. Menentukan konsentrasi NO<sub>2</sub> dalam *flue gas*. Langkah ini terbagi dua, berdasarkan % volume oksigen dalam *flue gas*.

- a. Untuk O<sub>2</sub> < 2.5% volume, maka :

$$\text{NO}_2(\text{ppmv}) = 56 + (0.229 N_{\text{feed}}) + 1.63 (T_{\text{regen}} + 680) + 117.1 (O_2 + 2) \quad (\text{Rumus 74})$$

Keterangan:

NO<sub>2</sub> = konsentrasi NO<sub>2</sub> di dalam flue gas (basis kering) dalam satuan ppmv

N<sub>feed</sub> = total nitrogen dalam feed dalam satuan ppmv

T<sub>regen</sub> = temperatur bed regenerator

O<sub>2</sub> = % volume oksigen dalam flue gas

- b. Untuk O<sub>2</sub> > 2.5% volume, maka :

$$\text{NO}_2(\text{ppmv}) = 56 + (0.229 N_{\text{feed}}) + 1.63 (T_{\text{regen}} + 680) + 117.1 (O_2 + 2) \quad (\text{Rumus 75})$$

Keterangan:

$NO_2$  = konsentrasi  $NO_2$  di dalam flue gas (basis kering) dalam satuan ppmv

$N_{feed}$  = total nitrogen dalam feed dalam satuan ppmv

$T_{regen}$  = temperatur bed regenerator

$O_2$  = 2.5 % volume untuk dasar perhitungan

2. Menghitung beban emisi parameter  $NO_2$ , dengan dua alternatif formula perhitungan, berdasarkan jenis pembakaran.

a. *Full Burn Unit*

$$\text{Emisi } NO_2 \text{ (ton/tahun)} = NO_2(\text{ppmv}) \times C_1 \times (23 \times 10^{-6}) \quad (\text{Rumus 76})$$

Keterangan:

$C_1$  = Jumlah Coke terbakar dalam FCC (ton/thn) + fuel oil dan/atau torch oil (ton/thn)

b. *Partial Burn Unit*

$$\text{Emisi } NO_2 \text{ (ton/tahun)} = 0.55 \times \text{emisi } NO_2 \text{ (ton/tahun)} \quad (\text{Rumus 77})$$

### XIII. PERHITUNGAN BEBAN EMISI DARI UNIT PENTAWARAN GAS KECUT $CO_2$ ( $CO_2$ REMOVAL UNIT)

#### A. Parameter Emisi

Parameter beban emisi yang dihitung adalah parameter gas rumah kaca sebagai berikut:

Tabel XIII-1 Parameter Emisi dari Unit Pentawaran Gas Kecut  $CO_2$  ( $CO_2$  Removal Unit)

| Gas Rumah Kaca |
|----------------|
| $CO_2$         |
| $CH_4$         |

#### B. Pembagian Tier dan Metodologi

Perhitungan beban emisi untuk unit pentawaran gas kecut  $CO_2$  tidak menerapkan konsep Tier dimana metodologi perhitungannya mengacu pada API compendium 2009.

##### 1. Perhitungan Emisi $CO_2$

Unit pentawaran gas kecut  $CO_2$  dapat langsung melepas  $CO_2$  dari aliran gas kecut yang telah ditangkap pada sistem *Amine* ke atmosfer. Dalam hal ini emisi  $CO_2$  dapat dihitung berdasarkan neraca massa menggunakan data volume gas kecut yang diproses, konsentrasi  $CO_2$  sebelum dan sesudah unit pentawaran kecut, sebagaimana formula berikut (API Compendium Equation 5-2):

$$E_{CO_2} = \left[ \left( \frac{\text{Volume}}{\text{time}} \times CO_2 \text{ mole\%} \right)_{\text{sour}} - \left( \frac{\text{Volume}}{\text{time}} \times CO_2 \text{ mole\%} \right)_{\text{sweet}} \right] \times \frac{44}{\text{molar volume conversion}}$$

(Rumus 78)

$E_{CO_2}$  = beban emisi  $CO_2$  per tahun (dalam pounds atau kg)

- Volume = volume dari gas kecut (sour gas) dan sweet gas (dalam scf atau m<sup>3</sup> pada kondisi STP)
- Sour = mengacu pada inlet gas kecut (sour gas) yang belum diolah. Gas asam biasanya terdiri dari CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S.
- Sweet = mengacu pada gas yang telah diolah/dipisahkan dari H<sub>2</sub>S dan CO<sub>2</sub> (dalam bentuk gas jual atau kualitas gas pipeline).
- CO<sub>2</sub> mole% = konsentrasi dalam bentuk molar (volume) gas kecut (sour gas) dan sweet gas. Jika konsentrasi sweet gas tidak diketahui, maka dapat diasumsikan 0%, dan diakui sebagai kelebihan estimasi emisi. Catatan: Biasanya spesifikasi gas pipeline membatasi konsentrasi CO<sub>2</sub> hanya sebesar 2% atau kurang.
- Konversi volume molar= konversi dari volume molar ke beban (379,3 scf/lbmole atau 23,685 m<sup>3</sup>/kgmole)

## 2. Perhitungan Emisi CH<sub>4</sub>

*Amine* pada unit pentawaran gas kecut CO<sub>2</sub> dapat menangkap sedikit CH<sub>4</sub> dari aliran gas kecut yang dikontakkan dimana dari hasil regenerasi, CH<sub>4</sub> tersebut akan dilepas ke atmosfer dari *venting system reboiler*. Jumlah CH<sub>4</sub> yang diventing tersebut dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Emisi CH}_4 = \text{volume gas kecut atau jumlah unit pentawaran} \times \text{faktor emisi CH}_4$$

(Rumus 79)

Tabel 13-2 di bawah menampilkan faktor emisi CH<sub>4</sub> yang dapat digunakan berdasarkan volume gas kecut atau jumlah unit pentawaran gas kecut CO<sub>2</sub>.

Tabel XIII-2 Faktor Emisi CH<sub>4</sub> untuk Unit Pentawaran Gas Kecut CO<sub>2</sub>

| Sumber   | Faktor Emisi Metan <sup>a</sup> , Original Units | Faktor Emisi Metan <sup>b</sup> , dalam ton  | Uncertainty <sup>c</sup> (+/-%) |
|----------|--|--|---------------------------------|
| AGR vent | 965 scf/10 <sup>6</sup> scf treated gas          | 0.0185 ton/10 <sup>6</sup> scf gas diolah<br>0.654 ton/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> gas diolah | 119                             |
|          | 33.794 scfd/AGR unit                             | 0.6482 ton/hari-AGR unit   | 125                             |

Catatan kaki dan sumber:

<sup>a</sup>Myers, D.B. dan M.R. Harrison *Methane Emissions from the Natural Gas Industry, Volume 14: Glycol Dehydrators, Final Report*, GRI-94/0257.31 dan EPA-600/R-96-080n, Gas Research Institute dan U.S. Environmental Protection Agency, June 1996. Berdasarkan DEA unit.

<sup>b</sup>CH<sub>4</sub> faktor emisi yang dirubah dari scfy berdasarkan 60°F dan 14.7 psia. Berdasarkan DEA unit.

<sup>c</sup>Uncertainty berdasarkan 95% confidence interval dihitung menggunakan uncertainty 90% confidence interval untuk data yang digunakan untuk mengembangkan faktor emisi yang sebenarnya



Perbandingan beberapa faktor emisi baku antara API Compendium dan OGP

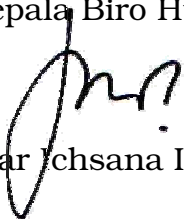
| Tipe Bahan Bakar        | Faktor Emisi CO <sub>2</sub>     |           |   |
|-------------------------|----------------------------------|-----------|---|
|                         | API Compendium                   | OGP       |   |
|                         | (tons/10 <sup>6</sup> Btu - HHV) | Awal(t/t) | Dikonversi (tons/10 <sup>6</sup> Btu - HHV) |
| Gas/Minyak Diesel       | 0,0742                           | 3,2       | 0,0739                                      |
| delta                   | 0,4                              | %         |   |
| Gas Alam (saluran pipa) | 0,0531                           | 2,75      | 0,0514                                      |
| delta                   | 3,2                              | %         |   |

MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP  
REPUBLIC INDONESIA,

ttd

BALTHASAR KAMBUAYA


Salinan sesuai dengan aslinya  
Kepala Biro Hukum dan Humas,

  
Inar Ichsana Ishak

LAMPIRAN II  
 PERATURAN MENTERI NEGARA  
 LINGKUNGAN HIDUP  
 REPUBLIK INDONESIA  
 NOMOR 12 TAHUN 2012  
 TENTANG  
 PEDOMAN PENGHITUNGAN BEBAN  
 EMISI KEGIATAN INDUSTRI MINYAK DAN  
 GAS BUMI

FORMAT PELAPORAN PERHITUNGAN BEBAN EMISI SUMBER TIDAK  
 BERGERAK BAGI USAHA DAN/ATAU KEGIATAN MINYAK DAN GAS BUMI

A. Format Pelaporan

|  |  |      |      |   |                   |      |   |                   |                            |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |
|--|--|------|------|---|-------------------|------|---|-------------------|----------------------------|------|---|-------------------|---------------------------|------|---|-------------------|---------------------------|
|  | <b>LAPORAN PERHITUNGAN BEBAN EMISI SUMBER TIDAK BERGERAK BAGI USAHA DAN/ATAU KEGIATAN MINYAK DAN GAS BUMI</b><br>PERIODE : TAHUN ..... |      |      |   |                   |      |   |                   |                            |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |
| <b>IDENTITAS PERUSAHAAN</b>  |  |      |      |   |                   |      |   |                   |                            |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |
| NAMA PERUSAHAAN :  |  |      |      |   |                   |      |   |                   |                            |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |
| ALAMAT PERUSAHAAN :  |  |      |      |   |                   |      |   |                   | ALAMAT KEGIATAN/LAPANGAN : |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |
| Jalan :  |  |      |      |   |                   |      |   |                   | Jalan :                    |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |
| Kabupaten/Kota :   |  |      |      |   |                   |      |   |                   | Kabupaten/Kota :           |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |
| Provinsi :   |  |      |      |   |                   |      |   |                   | Provinsi :                 |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |
| No. Telp./Fax :  |  |      |      |   |                   |      |   |                   | No. Telp./Fax :            |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |
| <b>HASIL PERHITUNGAN BEBAN EMISI</b>   |  |      |      |   |                   |      |   |                   |                            |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |
| <b>Pembakaran Dalam dan Luar</b>   |  |      |      |   |                   |      |   |                   |                            |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |
| No   | Parameter  |      | X1   |   |                   | X2   |   |                   | X3                         |      |   | X(dst)            |                           |      |   |                   |                           |
|  | Peralatan  | Kode | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton) | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton) | Beban Emisi (ton eq. CO2)  | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton) | Beban Emisi (ton eq. CO2) | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton) | Beban Emisi (ton eq. CO2) |
| 1  |  |      |      |   |                   |      |   |                   |                            |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |
| 2  |  |      |      |   |                   |      |   |                   |                            |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |
| dst  |  |      |      |   |                   |      |   |                   |                            |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |
| Total  |  |      |      |   |                   |      |   |                   |                            |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |
| <b>Suar Bakar</b>  |  |      |      |   |                   |      |   |                   |                            |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |
| No   | Parameter  |      | X1   |   |                   | X2   |   |                   | X3                         |      |   | X(dst)            |                           |      |   |                   |                           |
|  | Peralatan  | Kode | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton) | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton) | Beban Emisi (ton eq. CO2)  | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton) | Beban Emisi (ton eq. CO2) | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton) | Beban Emisi (ton eq. CO2) |
|  | LP Flare   |      |      |   |                   |      |   |                   |                            |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |
|  | HP Flare   |      |      |   |                   |      |   |                   |                            |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |
|  | DLL  |      |      |   |                   |      |   |                   |                            |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |
| <b>Thermal Oxidizer &amp; Incinerator Gas Kecil</b>                              |  |      |      |   |                   |      |   |                   |                            |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |
| No   | Parameter  |      | X1   |   |                   | X2   |   |                   | X3                         |      |   | X(dst)            |                           |      |   |                   |                           |
|  | Peralatan  | Kode | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton) | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton) | Beban Emisi (ton eq. CO2)  | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton) | Beban Emisi (ton eq. CO2) | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton) | Beban Emisi (ton eq. CO2) |
|  | LP Flare   |      |      |   |                   |      |   |                   |                            |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |
|  | HP Flare   |      |      |   |                   |      |   |                   |                            |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |

|     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| DLL |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

### Unit Penangkap Sulfur

| No | Parameter |      |      | X1  |                   |      | X2  |                   |                           | X3   |   |                   | X(dst)                    |      |   |                   |                           |
|----|-----------|------|------|---|-------------------|------|---|-------------------|---------------------------|------|---|-------------------|---------------------------|------|---|-------------------|---------------------------|
|    | Peralatan | Kode | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton) | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton) | Beban Emisi (ton eq. CO2) | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton) | Beban Emisi (ton eq. CO2) | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton) | Beban Emisi (ton eq. CO2) |
|    | LP Flare  |      |      |   |                   |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |
|    | HP Flare  |      |      |   |                   |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |
|    | DLL       |      |      |   |                   |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |

### Sumber Fugitive

| No | Parameter |      |      | X1  |                   | X2   |   |                           |
|----|-----------|------|------|---|-------------------|------|---|---------------------------|
|    | Peralatan | Kode | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton) | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton eq. CO2) |
|    | LP Flare  |      |      |   |                   |      |   |                           |
|    | HP Flare  |      |      |   |                   |      |   |                           |
|    | DLL       |      |      |   |                   |      |   |                           |

### Tangki Timbun

| No | Parameter |      |      | X1  |                   | X2   |   |                           |
|----|-----------|------|------|---|-------------------|------|---|---------------------------|
|    | Peralatan | Kode | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton) | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton eq. CO2) |
|    | LP Flare  |      |      |   |                   |      |   |                           |
|    | HP Flare  |      |      |   |                   |      |   |                           |
|    | DLL       |      |      |   |                   |      |   |                           |

### Loading & Unloading

| No | Parameter |      |      | X1  |                   | X2   |   |                           |
|----|-----------|------|------|---|-------------------|------|---|---------------------------|
|    | Peralatan | Kode | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton) | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton eq. CO2) |
|    | LP Flare  |      |      |   |                   |      |   |                           |
|    | HP Flare  |      |      |   |                   |      |   |                           |
|    | DLL       |      |      |   |                   |      |   |                           |

### Unit Proses Dehidrasi

| No | Parameter |      |      | X1  |                   | X2   |   |                           |
|----|-----------|------|------|---|-------------------|------|---|---------------------------|
|    | Peralatan | Kode | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton) | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton eq. CO2) |
|    | LP Flare  |      |      |   |                   |      |   |                           |
|    | HP Flare  |      |      |   |                   |      |   |                           |
|    | DLL       |      |      |   |                   |      |   |                           |

### Fluid Catalytic Cracking Unit

| No | Parameter |      |      | X1  |                   |      | X2  |                   |                           | X3   |   |                   |                           |
|----|-----------|------|------|---|-------------------|------|---|-------------------|---------------------------|------|---|-------------------|---------------------------|
|    | Peralatan | Kode | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton) | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton) | Beban Emisi (ton eq. CO2) | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton) | Beban Emisi (ton eq. CO2) |
|    | LP Flare  |      |      |   |                   |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |
|    | HP Flare  |      |      |   |                   |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |
|    | DLL       |      |      |   |                   |      |   |                   |                           |      |   |                   |                           |


### Unit Pentawaran CO<sub>2</sub>

| No | Parameter |      |      | X1  |                   | X2   |   |                   |  |
|----|-----------|------|------|---|-------------------|------|---|-------------------|--|
|    | Peralatan | Kode | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton) | Tier | Referensi Faktor Emisi yang Digunakan <sup>1)</sup> | Beban Emisi (ton) | Beban Emisi (ton eq. CO <sub>2</sub> ) |
|    | LP Flare  |      |      |   |                   |      |   |                   |  |
|    | HP Flare  |      |      |   |                   |      |   |                   |  |
|    | DLL       |      |      |   |                   |      |   |                   |  |

**Catatan:**

- <sup>1)</sup> Pada kolom ini tuliskan referensi faktor emisi yang digunakan, spesifik berdasarkan gas komposisi atau referensi publik (misalnya: API Compendium, OGP, dan lain-lain)
- Faktor konversi untuk menentukan besaran *ton equivalent CO<sub>2</sub>*:
- | Parameter        | Sampai 2012 | Setelah 2012 |
|------------------|-------------|--------------|
| CH <sub>4</sub>  | 21x         | 25x          |
| N <sub>2</sub> O | 310x        | 298x         |
- Perhitungan beban emisi dilakukan berdasarkan *asset/field based*, bukan berdasarkan *equity based*

### B. Rangkuman Format Pelaporan

|  | <b>LAPORAN PERHITUNGAN BEBAN EMISI SUMBER TIDAK BERGERAK BAGI USAHA DAN/ATAU KEGIATAN MINYAK DAN GAS BUMI PERIODE : JANUARI – DESEMBER, TAHUN .....</b>  |                   |  |                   |  |                           |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                 |  |     |    |  |     |            |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |    |  |     |  |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                       |                 |  |  |
|--|--|-------------------|--|-------------------|--|---------------------------|-----------------|--|--|-----------------|--|--|------------------|--|--|-----------------|--|-----|-----------------|--|-----|----|--|-----|------------|-----------------|--|--|-----------------|--|--|------------------|--|--|-----------------|--|-----|----|--|-----|--|-----------------|--|--|-----------------|--|--|------------------|--|--|-----------------|--|-----|-----------------------|-----------------|--|--|
| <b>IDENTITAS PERUSAHAAN</b>  |  |                   |  |                   |  |                           |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                 |  |     |    |  |     |            |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |    |  |     |  |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                       |                 |  |  |
| NAMA PERUSAHAAN :  |  |                   |  |                   |  |                           |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                 |  |     |    |  |     |            |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |    |  |     |  |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                       |                 |  |  |
| ALAMAT PERUSAHAAN :  | ALAMAT   |                   |  |                   |  |                           |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                 |  |     |    |  |     |            |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |    |  |     |  |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                       |                 |  |  |
| Jalan :  | KEGIATAN/LAPANGAN :  |                   |  |                   |  |                           |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                 |  |     |    |  |     |            |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |    |  |     |  |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                       |                 |  |  |
| Kabupaten/Kota :   | Jalan :  |                   |  |                   |  |                           |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                 |  |     |    |  |     |            |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |    |  |     |  |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                       |                 |  |  |
| Provinsi :   | Kabupaten/Kota :   |                   |  |                   |  |                           |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                 |  |     |    |  |     |            |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |    |  |     |  |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                       |                 |  |  |
| No. Telp./Fax :  | Provinsi :   |                   |  |                   |  |                           |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                 |  |     |    |  |     |            |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |    |  |     |  |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                       |                 |  |  |
|  | No. Telp./Fax :  |                   |  |                   |  |                           |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                 |  |     |    |  |     |            |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |    |  |     |  |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                       |                 |  |  |
| <b>RANGKUMAN HASIL PERHITUNGAN BEBAN EMISI</b>                                     |  |                   |  |                   |  |                           |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                 |  |     |    |  |     |            |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |    |  |     |  |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                       |                 |  |  |
|  | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Sumber Emisi</th> <th>Parameter</th> <th>Beban Emisi (ton)</th> <th>Beban Emisi (ton eq. CO<sub>2</sub>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">Pembakaran Dalam dan Luar</td> <td>CO<sub>2</sub></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CH<sub>4</sub></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>N<sub>2</sub>O</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SO<sub>x</sub></td> <td></td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>NO<sub>x</sub></td> <td></td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>PM</td> <td></td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">Suar Bakar</td> <td>CO<sub>2</sub></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CH<sub>4</sub></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>N<sub>2</sub>O</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>NO<sub>x</sub></td> <td></td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>PM</td> <td></td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">Thermal Oxidizer &amp; Incinerator Gas Kecut</td> <td>CO<sub>2</sub></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CH<sub>4</sub></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>N<sub>2</sub>O</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SO<sub>x</sub></td> <td></td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>Unit Penangkap Sulfur</td> <td>CO<sub>2</sub></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | Sumber Emisi      | Parameter                              | Beban Emisi (ton) | Beban Emisi (ton eq. CO <sub>2</sub> ) | Pembakaran Dalam dan Luar | CO <sub>2</sub> |  |  | CH <sub>4</sub> |  |  | N <sub>2</sub> O |  |  | SO <sub>x</sub> |  | N/A | NO <sub>x</sub> |  | N/A | PM |  | N/A | Suar Bakar | CO <sub>2</sub> |  |  | CH <sub>4</sub> |  |  | N <sub>2</sub> O |  |  | NO <sub>x</sub> |  | N/A | PM |  | N/A | Thermal Oxidizer & Incinerator Gas Kecut | CO <sub>2</sub> |  |  | CH <sub>4</sub> |  |  | N <sub>2</sub> O |  |  | SO <sub>x</sub> |  | N/A | Unit Penangkap Sulfur | CO <sub>2</sub> |  |  |
| Sumber Emisi   | Parameter  | Beban Emisi (ton) | Beban Emisi (ton eq. CO <sub>2</sub> ) |                   |  |                           |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                 |  |     |    |  |     |            |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |    |  |     |  |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                       |                 |  |  |
| Pembakaran Dalam dan Luar  | CO <sub>2</sub>  |                   |  |                   |  |                           |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                 |  |     |    |  |     |            |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |    |  |     |  |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                       |                 |  |  |
|  | CH <sub>4</sub>  |                   |  |                   |  |                           |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                 |  |     |    |  |     |            |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |    |  |     |  |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                       |                 |  |  |
|  | N <sub>2</sub> O   |                   |  |                   |  |                           |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                 |  |     |    |  |     |            |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |    |  |     |  |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                       |                 |  |  |
|  | SO <sub>x</sub>  |                   | N/A                                    |                   |  |                           |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                 |  |     |    |  |     |            |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |    |  |     |  |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                       |                 |  |  |
|  | NO <sub>x</sub>  |                   | N/A                                    |                   |  |                           |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                 |  |     |    |  |     |            |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |    |  |     |  |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                       |                 |  |  |
|  | PM   |                   | N/A                                    |                   |  |                           |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                 |  |     |    |  |     |            |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |    |  |     |  |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                       |                 |  |  |
| Suar Bakar   | CO <sub>2</sub>  |                   |  |                   |  |                           |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                 |  |     |    |  |     |            |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |    |  |     |  |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                       |                 |  |  |
|  | CH <sub>4</sub>  |                   |  |                   |  |                           |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                 |  |     |    |  |     |            |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |    |  |     |  |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                       |                 |  |  |
|  | N <sub>2</sub> O   |                   |  |                   |  |                           |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                 |  |     |    |  |     |            |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |    |  |     |  |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                       |                 |  |  |
|  | NO <sub>x</sub>  |                   | N/A                                    |                   |  |                           |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                 |  |     |    |  |     |            |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |    |  |     |  |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                       |                 |  |  |
|  | PM   |                   | N/A                                    |                   |  |                           |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                 |  |     |    |  |     |            |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |    |  |     |  |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                       |                 |  |  |
| Thermal Oxidizer & Incinerator Gas Kecut   | CO <sub>2</sub>  |                   |  |                   |  |                           |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                 |  |     |    |  |     |            |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |    |  |     |  |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                       |                 |  |  |
|  | CH <sub>4</sub>  |                   |  |                   |  |                           |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                 |  |     |    |  |     |            |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |    |  |     |  |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                       |                 |  |  |
|  | N <sub>2</sub> O   |                   |  |                   |  |                           |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                 |  |     |    |  |     |            |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |    |  |     |  |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                       |                 |  |  |
|  | SO <sub>x</sub>  |                   | N/A                                    |                   |  |                           |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                 |  |     |    |  |     |            |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |    |  |     |  |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                       |                 |  |  |
| Unit Penangkap Sulfur  | CO <sub>2</sub>  |                   |  |                   |  |                           |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                 |  |     |    |  |     |            |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |    |  |     |  |                 |  |  |                 |  |  |                  |  |  |                 |  |     |                       |                 |  |  |

|                                 |                  |  |     |
|---------------------------------|------------------|--|-----|
|                                 | CH <sub>4</sub>  |  |     |
|                                 | N <sub>2</sub> O |  |     |
|                                 | SO <sub>x</sub>  |  | N/A |
| Fugitive                        | nmVOC            |  | N/A |
|                                 | CH <sub>4</sub>  |  |     |
| Tangki Timbun                   | nmVOC            |  | N/A |
|                                 | CH <sub>4</sub>  |  |     |
| Loading & Unloading             | nmVOC            |  | N/A |
|                                 | CH <sub>4</sub>  |  |     |
| Unit Dehidrasi                  | nmVOC            |  | N/A |
|                                 | CH <sub>4</sub>  |  |     |
| Fluid Catalytic Cracking Unit   | CO <sub>2</sub>  |  |     |
|                                 | SO <sub>x</sub>  |  | N/A |
|                                 | NO <sub>x</sub>  |  | N/A |
| Unit Pentawaran CO <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub>  |  |     |
|                                 | CH <sub>4</sub>  |  |     |

Catatan

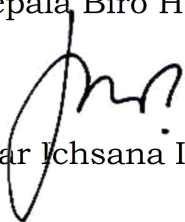
<sup>1)</sup> VOC adalah *volatile organic compound*; tidak termasuk metana dan etana

MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP  
REPUBLIC INDONESIA,

ttd

BALTHASAR KAMBUAYA

Salinan sesuai dengan aslinya  
Kepala Biro Hukum dan Humas,



Inar Ichsana Ishak