



TUGAS AKHIR - RE 141581

# STRATEGI REDUKSI EMISI GAS RUMAH KACA DAN POLUTAN DI PT PETROKIMIA GRESIK (UNIT PRODUKSI PUPUK PABRIK I, II, DAN III)

DEA AULIA AZMI SARJONO  
3313100018

Dosen Pembimbing:  
Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



**TUGAS AKHIR - RE 141581**

**STRATEGI REDUKSI EMISI GAS RUMAH KACA  
DAN POLUTAN DI PT PETROKIMIA GRESIK  
(UNIT PRODUKSI PUPUK PABRIK I, II, DAN III)**

**DEA AULIA AZMI SARJONO  
3313100018**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM.**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**FINAL PROJECT - RE 141581**

**REDUCTION STRATEGY OF GREENHOUSE  
GASSES EMISSION AND POLLUTANT IN PT  
PETROKIMIA GRESIK (FERTILIZER  
PRODUCTION UNIT I, II, AND III)**

**DEA AULIA AZMI SARJONO  
3313100018**

**SUPERVISOR  
Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM.**

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Institute of Technology Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**STRATEGI REDUKSI  
EMISI GAS RUMAH KACA DAN POLUTAN  
DI PT PETROKIMIA GRESIK (UNIT PRODUKSI PUPUK  
PABRIK I, II, DAN III)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh  
**DEA AULIA AZMI SARJONO**  
NRP. 3313 100 018

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



**Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM.**  
NIP. 19820119 200501 1 001



# STRATEGI REDUKSI EMISI GAS RUMAH KACA DAN POLUTAN DI PT PETROKIMIA GRESIK (UNIT PRODUKSI PUPUK PABRIK I, II, DAN III)

Nama Mahasiswa : Dea Aulia Azmi Sarjono  
NRP : 3313100018  
Jurusan : Teknik Lingkungan FTSP ITS  
Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST.,  
MEPM.

## ABSTRAK

PT Petrokimia Gresik merupakan industri pupuk terlengkap di Indonesia yang terletak di Gresik, Jawa Timur. PT Petrokimia Gresik menghasilkan produk pupuk dan non pupuk. Dalam proses produksinya, PT Petrokimia Gresik memanfaatkan bahan bakar fosil dan bahan-bahan kimia. Aktivitas produksi pupuk dari PT Petrokimia juga menghasilkan hasil samping berupa limbah. Limbah tersebut berupa limbah padat, cair, dan gas yang berpotensi menghasilkan emisi gas rumah kaca (GRK) dan polutan. Inventarisasi emisi GRK merupakan salah satu cara untuk mendapatkan informasi mengenai tingkat emisi maupun status emisi pada periode tertentu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan strategi reduksi emisi GRK dan polutan di PT Petrokimia Gresik pada sektor energi, industri, dan limbah. Jenis GRK yang diinventarisir adalah  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CH}_4$ , serta jenis polutan gas yang diinventarisir adalah  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ , dan  $\text{CO}$ .

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah survei data dan observasi lapangan. Data yang akan digunakan adalah data primer dan data sekunder. Data primer yang dibutuhkan yaitu data jumlah kendaraan pada kawasan PT Petrokimia Gresik dengan metode *traffic counting*. Data sekunder meliputi data konsumsi bahan bakar, jumlah produksi pupuk, penggunaan listrik, jenis dan jumlah limbah, serta nilai faktor emisi. Selanjutnya data-data tersebut akan diolah menggunakan rumus pada IPCC *Guideline* tahun 2006 dan *Atmospheric Brown Clouds (ABC) Emission Inventory Manual*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa beban emisi eksisting tahun 2016 adalah: sektor energi  $\text{CO}_2= 172,18$  ton/tahun,  $\text{CH}_4= 8,4 \times 10^{-6}$  ton/tahun,  $\text{SO}_2= 1391,64$  ton/tahun,  $\text{NO}_x= 0,0003$

ton/tahun, dan CO= 0,004 ton/tahun. Sektor industri sebesar: CO<sub>2</sub>= 0,01 ton/tahun, SO<sub>2</sub>= 1,88x10<sup>-6</sup> ton/tahun, NO<sub>x</sub>= 0,0001 ton/tahun, dan CO= 5x10<sup>-4</sup> ton/tahun. Sektor limbah sebesar CH<sub>4</sub>= 3,95x10<sup>-5</sup> ton/tahun. Sedangkan beban emisi hasil proyeksi tahun 2026 adalah: sektor energi CO<sub>2</sub>= 481,99 ton/tahun, CH<sub>4</sub>= 6,8x10<sup>-6</sup> ton/tahun, SO<sub>2</sub>= 977,52 ton/tahun, NO<sub>x</sub>= 0,0002 ton/tahun, dan CO= 0,0026 ton/tahun. Sektor industri sebesar: CO<sub>2</sub>= 0,167 ton/tahun, SO<sub>2</sub>= 8,8x10<sup>-7</sup> ton/tahun, NO<sub>x</sub>= 1,2x10<sup>-4</sup> ton/tahun, dan CO= 3x10<sup>-4</sup> ton/tahun. Sektor limbah sebesar CH<sub>4</sub>= 0,004 ton/tahun.

Strategi reduksi yang dapat dilakukan di PT Petrokimia Gresik adalah penyerapan CO<sub>2</sub> oleh ruang terbuka hijau, menggunakan teknologi gasifikasi batubara, dan teknologi desulfurisasi. Penyerapan CO<sub>2</sub> oleh ruang terbuka hijau membutuhkan lahan seluas 0,03 Ha untuk ditanami pohon trembesi dan seluas 2,92 Ha untuk ditanami pohon mahoni. Teknologi gasifikasi batubara dapat menurunkan emisi CO<sub>2</sub> sektor industri sebesar 0,105 ton CO<sub>2</sub>/tahun. Teknologi desulfurisasi dapat menurunkan emisi SO<sub>2</sub> sektor energi (penggunaan batubara) sebesar 733,14 ton SO<sub>2</sub>/tahun.

**Kata Kunci : *ABC Emission Inventory Manual*, faktor emisi, inventarisasi emisi GRK dan polutan, IPCC 2006, Petrokimia.**

# **REDUCTION STRATEGY OF GREENHOUSE GASSES EMISSION AND POLLUTANT IN PT PETROKIMIA GRESIK (FERTILIZER PRODUCTION UNIT I, II, AND III)**

Name of Student : Dea Aulia Azmi Sarjono  
NRP : 3313100018  
Study Programme : Teknik Lingkungan FTSP ITS  
Supervisor : Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST.,  
MEPM.

## **ABSTRACT**

PT Petrokimia Gresik is the most fully equipped fertilizer industry in Indonesia, located in Gresik, Jawa Timur. PT Petrokimia Gresik produces fertilizers brand as well as non-fertilizer brands. In the production process, PT Petrokimia Gresik uses chemical substances as the raw material. Fertilizer production activity from PT Petrokimia also emits side result in the form of solid waste, liquid waste, and gas, which becomes way to the emission of greenhouse gas (GHG) and pollutants. Inventarization of GHG emission is one of the way to obtain information about emission rate and status in a certain period. The objective of this study is to determine proper strategy to reduce GHG emission and pollutants in PT Petrokimia Gresik for energy, industrial, and waste sector. The type of GHG inventarized are: CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>, and the inventarized gas pollutants are SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, and CO.

The method used in the study is data survey and field observation. Data that are going to be used includes primary and secondary data. Primary data needed are data about vehicle amount in the PT Petrokimia Gresik with traffic counting method. Secondary data needed are fuel consumption data, fertilizer production amount, electricity usage, type and amount of waste, and emission factor value. Then, the data will be processed using IPCC Guideline 2006 and Atmospheric Brown Clouds (ABC) Emission Inventory Manual.

The experiment result explain that existing emission load for 2016 are: energy sector CO<sub>2</sub>= 172,18 ton/year, CH<sub>4</sub>= 8,4x10<sup>-6</sup> ton/year, SO<sub>2</sub>= 1391,64 ton/year, NO<sub>x</sub>= 0,0003 ton/year and CO=

0,004 ton/yer. Industrial sector are  $\text{CO}_2= 0,01$  ton/year,  $\text{SO}_2= 1,88 \times 10^{-6}$  ton/year,  $\text{NO}_x= 0,0001$  ton/year, and  $\text{CO}= 5 \times 10^{-4}$  ton/year. Waste sector are  $\text{CH}_4= 3,95 \times 10^{-5}$  ton/year. While the projected emission load for 2026 are: energy sector  $\text{CO}_2= 481,99$  ton/year,  $\text{CH}_4= 6,8 \times 10^{-6}$  ton/year,  $\text{SO}_2= 977,52$  ton/year,  $\text{NO}_x= 0,0002$  ton/year, and  $\text{CO}= 0,0026$  ton/year. Industrial sector are  $\text{CO}_2= 0,167$  ton/year,  $\text{SO}_2= 8,8 \times 10^{-7}$  ton/year,  $\text{NO}_x= 1,2 \times 10^{-4}$  ton/year, and  $\text{CO}= 3 \times 10^{-4}$  ton/year. Waste sector are  $\text{CH}_4= 0,004$  ton/year.

Reduction strategy that can be used in PT Petrokimia Gresik are absorption  $\text{CO}_2$  with Green Open Space, using coal gasification technology, and desulphurization technology. absorption  $\text{CO}_2$  with Green Open Space requires a land area of 0.03 Ha for planting *trembesi* trees and an area of 2.92 ha for planted *mahoni* trees. Coal gasification technology can reduce  $\text{CO}_2$  emission from industrial sector by 0,105 ton  $\text{CO}_2$ /year. Desulphurization technology can reduce  $\text{SO}_2$  emission from energy sector (utilization of coal) by 733,14 ton  $\text{SO}_2$ /year.

**Key words: ABC Emission Inventory Manual, emission factor, inventarization of GRK emission and pollutants, IPCC 2006, Petrokimia.**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kenikmatan, kemudahan, petunjuk serta karunia-Nya. Sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir di Departemen Teknik Lingkungan FTSP ITS dengan judul “**Strategi Reduksi Emisi Gas Rumah Kaca dan Polutan di PT Petrokimia Gresik (Unit Produksi Pupuk Pabrik I, II, dan III)**”.

Tugas Akhir ini dapat selesai dengan tepat waktu tentunya tidak lepas dari peran serta dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, saran dan arahan kepada penulis selama kegiatan penelitian dan penyusunan laporan Tugas Akhir.
2. Bapak Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl.SE., MSc., Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT., dan Bapak Alfan Purnomo, ST., MT selaku dosen penguji.
3. PT Petrokimia Gresik selaku instansi yang telah mengizinkan dan memberikan data untuk penelitian Tugas Akhir.
4. Bapak Bagus Eka Saputra selaku pembimbing dari pihak PT Petrokimia, yang telah memberikan bimbingan, saran dan arahan kepada penulis.
5. Orang tua penulis yaitu Bapak Moh. Yunus Sarjono dan Ibu Afifah yang telah memberikan dukungan penuh, baik doa maupun materi demi terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman Teknik Lingkungan ITS dari angkatan 2013-2016 yang telah membantu proses penelitian penulis hingga penyusunan laporan tugas akhir.

Dengan selesainya Tugas Akhir ini tentunya masih ada kekurangan dan laporan ini belum sempurna. Saran dan kritik yang membangun diharapkan untuk mengembangkan penelitian ini.

**Surabaya, Juni 2017**

**Penulis**

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	I
KATA PENGANTAR.....	V
DAFTAR ISI.....	VII
DAFTAR GAMBAR .....	IX
DAFTAR TABEL.....	XI
DAFTAR LAMPIRAN.....	XIII
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat .....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Pencemaran Udara .....	5
2.2 Pemanasan Global dan Gas Rumah Kaca.....	6
2.3 Gas Rumah Kaca dari Sektor Energi, Industri dan Limbah	8
2.4 Jenis-Jenis Gas Rumah Kaca.....	11
2.4.1 Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ) .....	11
2.4.2 Metan (CH <sub>4</sub> ).....	11
2.5 Jenis-Jenis Polutan Gas.....	11
2.5.1 Gas NO <sub>x</sub> .....	11
2.5.2 Gas SO <sub>x</sub> .....	11
2.5.3 Karbon Monoksida (CO).....	12
2.6 Inventarisasi Emisi .....	12
2.7 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).....	14
2.8 Atmospheric Brown Cloud (ABC) Emission Inventory .....	15
2.9 Pendugaan Emisi GRK .....	16
2.9.1 Data Aktivitas.....	16
2.9.2 Faktor Emisi.....	17
2.10 Inventarisasi GRK Menurut Tingkat Ketelitian (TIER).....	17
2.11 Kelengkapan Inventarisasi dan Penyusunan Data Time Series yang Konsisten.....	18
2.11.1 Kelengkapan Inventarisasi .....	18
2.11.2 Penyusunan Data Time Series.....	19
2.11.3 Tahun Dasar (Base Year) dan Baseline.....	19
2.12 Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca .....	19
BAB 3 METODE PENELITIAN .....	21

3.1	Lokasi Penelitian .....	21
3.2	Kerangka Alur Penelitian .....	21
3.2.1	Ide Penelitian .....	22
3.2.2	Identifikasi Masalah .....	25
3.2.3	Studi Literatur .....	25
3.3	Persiapan Penelitian .....	25
3.4	Pelaksanaan Penelitian .....	25
3.4.1	Pengumpulan Data .....	26
3.4.2	Pengolahan Data .....	27
3.4.3	Analisis Data dan Pembahasan .....	34
3.4.4	Kesimpulan dan Saran .....	35
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>37</b>
4.1	Data Aktivitas Sektor Energi .....	37
4.1.1	Sumber Tidak Bergerak (Stasioner) .....	37
4.1.2	Sumber Bergerak .....	39
4.2	Data Aktivitas Sektor Industri .....	43
4.3	Data Aktivitas Sektor Limbah .....	44
4.4	Perhitungan Beban Emisi Sektor Energi .....	45
4.4.1	Sumber Tidak Bergerak (Stasioner) .....	45
4.4.2	Sumber Bergerak (Transportasi) .....	67
4.4.3	Sumber Bergerak (Transportasi) .....	67
4.5	Perhitungan Beban Emisi Sektor Industri .....	72
4.6	Perhitungan Beban Emisi Sektor Limbah .....	78
4.7	Proyeksi Beban Emisi .....	81
4.7.1	Total Beban Emisi .....	81
4.7.2	Proyeksi Beban Emisi .....	82
4.8	Strategi Reduksi Emisi .....	95
4.8.1	Penyerapan CO <sub>2</sub> Oleh Ruang Terbuka Hijau (RTH) ....	96
4.8.2	Gasifikasi Batubara .....	99
4.8.3	Teknologi Desulfurisasi .....	101
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>105</b>
5.1	Kesimpulan .....	105
5.2	Saran .....	105
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>107</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Lokasi PT Petrokimia Gresik .....	22
Gambar 3.2	Kerangka Penelitian .....	24
Gambar 4. 1	Persentase Emisi CO <sub>2</sub> Berdasarkan Jenis Kendaraan .....	71
Gambar 4. 2	Proyeksi Beban Emisi CO <sub>2</sub> .....	84
Gambar 4. 3	Proyeksi Beban Emisi CH <sub>4</sub> .....	85
Gambar 4. 5	Proyeksi Beban Emisi NO <sub>x</sub> .....	86
Gambar 4. 4	Proyeksi Beban Emisi SO <sub>2</sub> .....	86
Gambar 4. 6	Proyeksi Beban Emisi CO .....	87
Gambar 4. 7	Proyeksi Beban Emisi CO <sub>2</sub> .....	88
Gambar 4. 8	Proyeksi Beban Emisi CO <sub>2</sub> .....	89
Gambar 4. 9	Proyeksi Beban Emisi SO <sub>2</sub> .....	89
Gambar 4. 10	Proyeksi Beban Emisi NO <sub>x</sub> .....	90
Gambar 4. 11	Proyeksi Beban Emisi CO .....	90
Gambar 4. 12	Proyeksi Beban Emisi CH <sub>4</sub> .....	91

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Faktor Emisi Kendaraan Bermotor Di Indonesia.....	28
Tabel 3.2 Densitas Bahan Bakar.....	29
Tabel 3.3 Konsumsi Energi Spesifik Kendaraan Bermotor.....	29
Tabel 4.1 Data Penggunaan Batubara.....	38
Tabel 4.2 Data Penggunaan Solar.....	38
Tabel 4. 3 Data Penggunaan Gas Alam.....	39
Tabel 4. 4 Rata-Rata Kendaraan Berdasarkan Jenis.....	41
Tabel 4. 5 Jumlah Kendaraan Tiap Bulan.....	41
Tabel 4. 6 Jumlah Kendaraan Aset.....	42
Tabel 4. 7 Jumlah Produksi Amonia.....	44
Tabel 4. 8 Jumlah Konsumsi Listrik.....	44
Tabel 4. 9 Karakteristik Limbah Cair Industri.....	45
Tabel 4. 10 Beban Emisi CO <sub>2</sub> Pembakaran Batubara.....	47
Tabel 4. 11 Jumlah Produksi Pupuk.....	48
Tabel 4. 12 Beban Emisi CO <sub>2</sub> per Produk.....	48
Tabel 4. 13 Beban Emisi CO <sub>2</sub> Penggunaan Gas Alam.....	50
Tabel 4. 14 Beban Emisi CO <sub>2</sub> per Produk.....	50
Tabel 4. 15 Beban Emisi CO <sub>2</sub> Penggunaan Solar.....	51
Tabel 4. 16 Beban Emisi CO <sub>2</sub> per Produk.....	52
Tabel 4. 17 Beban Emisi CH <sub>4</sub> Penggunaan Batubara.....	53
Tabel 4. 18 Beban Emisi CH <sub>4</sub> per Produk.....	54
Tabel 4. 19 Beban Emisi CH <sub>4</sub> Penggunaan Gas Alam.....	56
Tabel 4. 20 Beban Emisi CH <sub>4</sub> per Produk.....	57
Tabel 4. 21 Beban Emisi CH <sub>4</sub> Penggunaan Solar.....	57
Tabel 4. 22 Beban Emisi CH <sub>4</sub> per Produk.....	58
Tabel 4. 23 Beban Emisi SO <sub>2</sub> Penggunaan Batubara.....	60
Tabel 4. 24 Beban Emisi SO <sub>2</sub> Penggunaan Gas Alam.....	61
Tabel 4. 25 Beban Emisi SO <sub>2</sub> Penggunaan Solar.....	61
Tabel 4. 26 Beban Emisi NO <sub>x</sub> Penggunaan Batubara.....	62
Tabel 4. 27 Beban Emisi NO <sub>x</sub> Penggunaan Gas Alam.....	63
Tabel 4. 28 Beban Emisi NO <sub>x</sub> Penggunaan Solar.....	63
Tabel 4. 29 Beban Emisi CO Penggunaan Batubara.....	64
Tabel 4. 30 Beban Emisi CO Penggunaan Gas Alam.....	65
Tabel 4. 31 Beban Emisi CO.....	66
Tabel 4. 32 Beban Emisi CO <sub>2</sub> Sumber Bergerak di Pabrik 1.....	68
Tabel 4. 33 Beban Emisi CO <sub>2</sub> Sumber Bergerak di Pabrik 2.....	69

Tabel 4. 34	Beban Emisi CO <sub>2</sub> Sumber Bergerak di Pabrik 3 .....	70
Tabel 4. 35	Beban Emisi CO <sub>2</sub> Sumber Transportasi .....	71
Tabel 4. 36	Beban Emisi CO <sub>2</sub> Berdasarkan Kendaraan Aset .....	73
Tabel 4. 37	Beban Emisi CO <sub>2</sub> Produksi Amonia .....	75
Tabel 4. 38	Beban Emisi CO <sub>2</sub> .....	76
Tabel 4. 39	Beban Emisi SO <sub>2</sub> .....	77
Tabel 4. 40	Beban Emisi NOx .....	77
Tabel 4. 41	Beban Emisi CO .....	78
Tabel 4. 42	Hasil Perhitungan TOW .....	79
Tabel 4. 43	Beban Emisi CH <sub>4</sub> .....	80
Tabel 4. 44	Beban Emisi CO <sub>2</sub> Sektor Limbah .....	80
Tabel 4. 45	Total Beban Emisi GRK dan Polutan .....	81
Tabel 4. 46	Proyeksi Beban Emisi CO <sub>2</sub> .....	83
Tabel 4. 47	Hasil Proyeksi Beban Emisi .....	92

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Jumlah Kendaraan Berdasarkan Jenis Per Hari... 113
Lampiran 2. Jumlah Kendaraan Pada Hari Kerja Dan Libur..... 131
Lampiran 3. Hasil Rekapitan Beban Emisi Per Sumber ..... 135
Lampiran 4. Proyeksi Beban Emisi Polutan Sektor Energi..... 139
Lampiran 5. Proyeksi Beban Emisi Polutan Sektor Industri..... 143
Lampiran 6. Proyeksi Beban Emisi Sektor Limbah..... 147

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pemanasan global merupakan salah satu isu yang banyak mendapatkan perhatian dari berbagai kalangan. Pemanasan global terjadi karena adanya peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer dan telah menimbulkan dampak yang merugikan bagi manusia (Purwanta, 2009). Gas rumah kaca (GRK) meliputi karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), metana ( $\text{CH}_4$ ), dinitro oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ), hidrofluorokarbon (HFCs), perfluorokarbon (PFCs), dan sulfur heksafluorida ( $\text{SF}_6$ ). Sebagian besar GRK berasal dari sumber emisi antropogenik yang berasal dari beberapa sektor, yaitu sektor energi yang meliputi pemanfaatan bahan bakar fosil seperti minyak bumi dan batubara. Pembangkit listrik, penggunaan alat-alat elektronik seperti AC, TV, komputer, penggunaan kendaraan bermotor dan kegiatan industri merupakan contoh kegiatan manusia yang meningkatkan emisi GRK di atmosfer (Wulandari, dkk., 2013).

Dengan adanya peningkatan konsentrasi GRK maka Indonesia memiliki peran dalam menurunkan emisi GRK. Hal ini dibuktikan dengan Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2004 tentang Pengesahan *Kyoto Protocol to The United Nations Framework Convention on Climate Change*. Dengan adanya undang-undang tersebut maka baik negara maju maupun negara berkembang dapat mengatur penurunan emisi GRK akibat kegiatan manusia sehingga dapat menstabilkan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer dan tidak membahayakan sistem iklim bumi.

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah, salah satu langkah untuk dapat menurunkan emisi adalah dengan melakukan inventarisasi sumber pencemar udara yang disebut dengan inventarisasi emisi. Inventarisasi emisi merupakan basis data yang berisi estimasi besaran emisi pencemar udara dan gas rumah kaca yang diemisikan ke atmosfer. Inventarisasi emisi merupakan tindakan untuk

melakukan pengelolaan dan menganalisis data emisi, sehingga dapat diperoleh informasi kuantitatif besaran emisi.

Indonesia bertekad untuk menurunkan emisi GRK sebesar 26% pada tahun 2020. Dengan adanya target penurunan emisi GRK tersebut, maka departemen perindustrian berupaya mendata emisi yang ditimbulkan oleh aktifitas industri di Indonesia. Sehingga dari data yang didapat tersebut dapat diketahui upaya-upaya secara spesifik untuk mengurangi emisi GRK yang ditimbulkan oleh sektor industri di Indonesia (Kusumasari, 2011).

PT Petrokimia Gresik merupakan industri pupuk terlengkap di Indonesia. PT Petrokimia Gresik adalah industri yang menghasilkan produk pupuk dan non-pupuk (Anonim, 2015). Dalam proses produksi, PT Petrokimia Gresik membutuhkan bahan bakar fosil yang digunakan untuk bahan bakar dan juga untuk pembangkit listrik. PT Petrokimia Gresik juga menghasilkan produk samping berupa limbah, baik padat, cair, dan gas. Limbah cair berasal dari *blow down boiler fee water*, air dari *water scrubber*, proses produksi, air cucian, dan limbah domestik. Limbah gas berasal dari gas buang yang berbentuk dari proses *dryer*, *scrubber*, serta *absorber*. Sedangkan limbah padat berasal dari pemeliharaan taman, *bottom ash*, *fly ash*, dan *sludge* dari *effluent treatment* (Pudjiastuti, dkk., 2013). Namun pada industri PT Petrokimia masih belum melakukan inventarisasi emisi pada sektor energi, industri, dan limbah, sehingga PT Petrokimia Gresik menjadi obyek penelitian dalam penelitian ini. Selain itu, penelitian ini juga mendukung target penurunan emisi GRK pada tahun 2020 yang ditimbulkan oleh sektor industri.

Selain inventarisasi GRK CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>, dalam penelitian ini akan dilakukan inventarisasi emisi polutan gas SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, dan CO. Gas SO<sub>x</sub> dan NO<sub>x</sub> berasal dari proses produksi dan produk samping bahan bakar kendaraan bermotor yang berada di PT Petrokimia Gresik. Gas CO berasal dari pembakaran oksigen yang tidak sempurna pada kendaraan bermotor (Dewi dan Budiyantri, 2010).

Sektor energi mencakup penggunaan bahan bakar dan transportasi, sektor industri mencakup jumlah produksi amonia dan penggunaan listrik, serta sektor limbah mencakup limbah cair industri. Secara umum perhitungan beban emisi diperoleh

dengan mengalikan faktor emisi untuk setiap polutan dengan data aktivitas pada sektor sumber (Ambarsari, dkk., 2013).

Ada beberapa cara untuk menghitung emisi GRK, salah satunya yaitu menggunakan metode IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) (Ardedah, 2015). Selain itu metode dalam inventarisasi emisi GRK dan polutan dapat menggunakan pendekatan faktor emisi yang diambil dari *Atmospheric Brown Cloud Emission Inventory* (Ambarsari, dkk., 2013).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah:  
Bagaimana strategi reduksi emisi gas rumah kaca dan polutan di PT Petrokimia Gresik?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan umum penelitian ini adalah menentukan strategi reduksi emisi gas rumah kaca dan polutan di PT Petrokimia Gresik. Adapun tujuan khusus penelitian ini adalah:

1. Menentukan beban emisi gas rumah kaca dan polutan pada sektor energi, sektor industri, dan sektor limbah di PT Petrokimia Gresik.
2. Menentukan strategi reduksi emisi gas rumah kaca dan polutan yang dapat dilakukan di PT Petrokimia Gresik.

## **1.4 Manfaat**

1. Memberikan data hasil inventarisasi emisi GRK dan polutan kepada PT Petrokimia Gresik mengenai emisi yang dihasilkan dari sektor energi, sektor industri, dan sektor limbah.
2. Memberikan suatu rekomendasi untuk PT Petrokimia Gresik dalam rencana aksi penurunan emisi gas rumah kaca khususnya sektor energi, industri, dan limbah.

## **1.5 Ruang Lingkup**

1. Penelitian dilakukan pada bulan Januari 2017-Mei 2017.
2. Penelitian dilakukan di PT Petrokimia Gresik pada Kawasan Pabrik I, II, dan III.

3. Pembahasan pada sektor energi mencakup penggunaan bahan bakar dan transportasi, sektor industri mencakup produksi amonia dan penggunaan listrik, serta sektor limbah mencakup limbah cair industri di PT Petrokimia Gresik.
4. Parameter gas rumah kaca yang dihitung adalah CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>, sedangkan parameter polutan gas yang dihitung adalah SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, dan CO.
5. Dasar perhitungan emisi menggunakan IPCC *Guidelines* 2006 untuk emisi GRK dan *Atmospheric Brown Cloud (ABC) Emission Inventory* untuk emisi polutan gas.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab tinjauan pustaka ini akan menjelaskan mengenai pengertian pencemaran udara, pengertian pemanasan global dan gas rumah kaca, gas rumah kaca dari sektor energi, industri, dan limbah, inventarisasi emisi, *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), *Atmospheric Brown Cloud (ABC) Emission Inventory*, pendugaan emisi gas rumah kaca, pemilihan metodologi inventarisasi gas rumah kaca menurut tingkat ketelitian (TIER), kelengkapan inventarisasi dan penyusunan data *time series*, serta strategi penurunan emisi GRK dan polutan.

#### **2.1 Pencemaran Udara**

Menurut Soedomo (2001), pencemaran udara yaitu masuknya zat pencemar (berbentuk gas-gas dan partikel kecil/aerosol) ke dalam udara baik secara alamiah maupun akibat kegiatan manusia. Sumber pencemaran alami antara lain kebakaran hutan dan debu akibat letusan gunung api. Sumber pencemaran akibat aktivitas manusia misalnya aktivitas transportasi, industri, dan pembuangan sampah. Pencemaran udara akibat aktivitas manusia merupakan sumber pencemar yang paling banyak terjadi secara kuantitatif.

Pencemaran udara juga dapat didefinisikan sebagai masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam udara oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui baku mutu udara yang telah ditetapkan (Kementerian Lingkungan Hidup, 2010).

Pencemaran udara dikelompokkan menjadi dua, yaitu partikulat dan gas. Partikulat terdiri dari padatan atau bahan cair. Oksida sulfur (SO) dan Oksida Nitrogen (NO) termasuk dalam kelompok polutan gas. SO merupakan gas yang tidak berbau, tidak berwarna, oksida sulfur menyebar luas di udara terdapat dalam bentuk SO, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan S<sub>2</sub>O<sub>7</sub>. Nitrogen oksida adalah gas yang tidak berwarna yang dihasilkan dari proses pembakaran. NO terdapat dalam bentuk NO, N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (De Nevers, 2000).

Bahan pencemar atau polutan dapat dibagi menjadi 2 bagian, yaitu polutan primer dan polutan sekunder. Menurut Mukono (2006), polutan primer adalah polutan yang dikeluarkan langsung dari sumber tertentu dan dapat berupa gas (senyawa karbon, senyawa sulfur, senyawa nitrogen, dan senyawa halogen) dan juga partikel. Sedangkan untuk polutan sekunder biasanya terjadi karena reaksi dari dua atau lebih bahan kimia di udara, misalnya reaksi fotokimia (Mukono, 2005).

Sumber pencemaran utama berasal dari transportasi, dimana hampir 60% dari polutan yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida dan sekitar 15% terdiri dari hidrokarbon. Sumber-sumber polusi lainnya adalah pembakaran, proses industri, pembuangan limbah, dan lain-lain (Agusnar, 2008).

## **2.2 Pemanasan Global dan Gas Rumah Kaca**

Pemanasan global merupakan fenomena peningkatan temperatur global dari tahun ke tahun karena terjadinya efek rumah kaca yang disebabkan oleh meningkatnya emisi gas – gas seperti karbondioksida, dinitrooksida, dan CFC sehingga energi matahari terperangkap dalam atmosfer bumi (Muhi, 2011). Pemanasan global juga merupakan suatu bentuk ketidakseimbangan ekosistem di bumi akibat terjadinya proses peningkatan suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan di bumi (Utina, 2008).

Pemanasan global dapat terjadi karena adanya efek rumah kaca. Permasalahan muncul ketika konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer bertambah. Dengan meningkatnya konsentrasi GRK, maka akan semakin banyak panas yang ditahan di permukaan bumi dan akan mengakibatkan suhu permukaan bumi menjadi meningkat. Meningkatnya suhu udara ini dapat mengakibatkan adanya perubahan iklim yang sangat ekstrim di bumi (Wulandari, dkk, 2013).

Gas rumah kaca (GRK) diartikan sebagai gas yang terkandung dalam atmosfer, baik alami maupun dari kegiatan manusia (antropogenik). Sebagian radiasi matahari dalam bentuk gelombang pendek yang diterima permukaan bumi dipancarkan kembali ke atmosfer dalam bentuk radiasi gelombang panjang (radiasi infra merah). Radiasi gelombang panjang yang

dipancarkan ini oleh GRK yang ada pada lapisan atmosfer bawah, dekat dengan permukaan bumi akan diserap dan menimbulkan efek panas yang dikenal sebagai efek rumah kaca (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

Gas rumah kaca yaitu gas-gas di atmosfer yang memiliki potensi untuk menghambat radiasi sinar matahari yang dipantulkan oleh bumi sehingga menyebabkan suhu di permukaan bumi menjadi hangat. Gas-gas ini terutama dihasilkan dari berbagai kegiatan manusia, utamanya kegiatan yang menggunakan pembakaran bahan bakar fosil, seperti penggunaan kendaraan bermotor, pembakaran bahan bakar minyak dan batubara di industri (Newby, 2007).

Menurut Samiaji (2009), Gas rumah kaca (GRK) adalah sejumlah gas yang menimbulkan efek rumah kaca. Sedangkan yang dimaksud efek rumah kaca adalah diserap dan dipantulkannya kembali radiasi gelombang yang di pancarkan bumi dan akibatnya panas tersebut akan tersimpan di permukaan bumi.

Dalam konvensi PBB mengenai Perubahan Iklim (*United Nation Framework Convention On Climate Change-UNFCCC*), ada enam jenis yang digolongkan sebagai GRK yaitu karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), gas metan ( $\text{CH}_4$ ), dinitrogen oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ), sulfurheksafluorida ( $\text{SF}_6$ ), perfluorokarbon (PFCS), dan hidrofluorokarbon (HFCS). Selain itu ada beberapa gas yang termasuk dalam GRK yaitu karbon monoksida ( $\text{CO}$ ), nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ), klorofluorokarbon (CFC), dan gas-gas organik *non metal volatile* (Badan Pengkajian Kebijakan Iklim dan Mutu Industri, 2012).

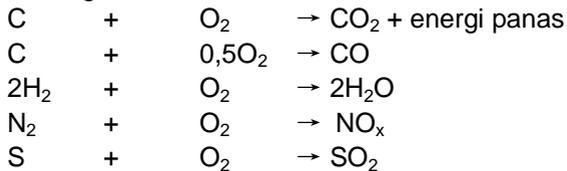
GRK utama ialah  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , dan  $\text{N}_2\text{O}$ . Dari ketiga jenis gas ini, yang paling banyak kandungannya di atmosfer ialah  $\text{CO}_2$ . Pada saat ini, konsentrasi  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , dan  $\text{N}_2\text{O}$  di atmosfer ialah sekitar 383 ppm (*part per million*) atau sekitar 0.0383% volume atmosfer. Sedangkan  $\text{CH}_4$  dan  $\text{N}_2\text{O}$  masing-masing 1745 ppb (*part per billion*) dan 314 ppb (*part per billion*) atau sekitar 0.000175% dan 0.0000314% volume atmosfer (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

### 2.3 Gas Rumah Kaca dari Sektor Energi, Industri dan Limbah

Emisi GRK dari proses produksi adalah emisi yang dihasilkan dari reaksi kimia atau secara fisik menghasilkan zat sisa yang diklasifikasikan sebagai emisi gas rumah kaca (Badan Pengkajian Kebijakan Iklim dan Mutu Industri, 2012). Emisi gas adalah polutan (pencemar) udara yang dikeluarkan dari lubang buangan mesin pembakaran di dalam, seperti Karbon Monoksida (CO), Sulfur Oksida (SO<sub>x</sub>), Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>) dan lain-lain (Dewi dan Budiyanti, 2010).

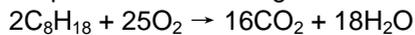
GRK yang dihasilkan dari sektor energi didapatkan dari penggunaan bahan bakar. GRK yang diemisikan oleh pembakaran bahan bakar pada sumber stasioner adalah CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan NO<sub>2</sub>. Besarnya emisi GRK hasil pembakaran bahan bakar fosil bergantung pada banyak dan jenis bahan bakar yang dibakar. Sedangkan emisi GRK dari kegiatan industri dan penanganan limbah mencakup gas metan (CH<sub>4</sub>), nitro oksida (N<sub>2</sub>O), dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

Pada sektor energi sumber stasioner, sumber gas rumah kaca dan polutas gas berasal dari pemakaian bahan bakar fosil (seperti: batubara, solar, dan gas alam). Batubara merupakan bahan bakar utama pembangkit listrik tenaga uap yang diunakan di PT Petrokimia Gresik. Struktur kimia yang terdapat pada batubara adalah karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, dan sulfur. Proses pembakaran batubara umumnya terjadi di di dalam boiler pembangkit listrik tenaga uap dan merupakan reaksi kimia yang dilakukan dengan menambah oksigen dari udara. Reaksi kimianya sebagai berikut:



Dapat dilihat dari reaksi diatas bahwa hasil pembakaran dari batubara berupa CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, dan SO<sub>2</sub> yang termasuk kedalam GRK dan polutan gas.

Pada sektor energi sumber bergerak, sumber gas rumah kaca berasal dari hasil pembakaran kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor di PT Petrokimia Gresik menggunakan bahan bakar bensin dan solar. Menurut Syahrani (2006), pembakaran dalam mesin kendaraan terjadi karena adanya 3 komponen, yaitu bahan bakar, oksigen, dan panas. Apabila terjadi pembakaran maka akan menghasilkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Pembakaran sempurna terjadi apabila semua bensin diasumsikan terbakar dengan sempurna, dengan perbandingan udara dan bahan bakar 14,7 : 1. Reaksi pembakaran bensin secara sempurna adalah sebagai berikut:



Sedangkan untuk bahan bakar solar reaksi pembakarannya sebagai berikut:



Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2013), data yang digunakan dalam penelitian sektor energi adalah data sekunder yang dikumpulkan dari lembaga pemerintah yang terkait, antara lain: Kementerian ESDM, Kementerian Perindustrian, Kementerian Lingkungan Hidup, Bappenas, PT PLN, Pertamina, BPS, dan lain-lain. Data yang dikumpulkan meliputi:

- Data penggunaan energi final per sektor pengguna seperti sektor industri, sektor transportasi, sektor rumah tangga, sektor komersial, dan sektor lainnya.
- Data penggunaan energi final setiap sektor per jenis bahan bakar.
- Data penggunaan energi untuk pembangkit listrik per jenis bahan bakar.
- Kebijakan dan peraturan perundang-undangan yang terkait dengan sektor energi.

Sedangkan data yang digunakan dalam perhitungan emisi GRK dari sektor industri adalah semua emisi langsung yang dihasilkan dibawah kendali perusahaan sesuai batas manajemen. Termasuk didalamnya, emisi yang dihasilkan oleh proses kimia, unit transportasi, refrigerator dan sistem pendingin, listrik, dan penggunaan bahan baku (Badan Pengkajian Kebijakan Iklim dan Mutu Industri, 2012)

Emisi GRK dihasilkan dari berbagai aktivitas industri. Sumber-sumber emisi utama adalah dilepaskannya GRK dari proses-proses industri yang secara kimiawi atau fisik melakukan transformasi suatu bahan atau material menjadi bahan lain. Proses tersebut dapat menghasilkan berbagai GRK diantaranya karbon dioksida, metana, nitrous oksida, hidrofluorokarbon, dan perfluorokarbon. Selain itu, GRK juga digunakan sebagai bahan baku di dalam produk-produk seperti pada refrigerator, busa atau kaleng aerosol. Sebagai contoh, HFC yang digunakan sebagai alternatif bahan pengganti bahan perusak ozon (BPO) dalam berbagai jenis aplikasi produk (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

Sektor industri juga menghasilkan emisi GRK dari pembakaran bahan bakar untuk keperluan energi dan dari pengolahan limbah. Dalam inventarisasi GRK, emisi dari pembakaran bahan bakar dilaporkan dalam inventarisasi sektor energi sedangkan emisi dari pengolahan limbah dilaporkan dalam inventarisasi sektor limbah (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

Sedangkan untuk sektor limbah, data yang digunakan adalah data limbah cair yang dihasilkan dari suatu industri seperti debit dan juga konsentrasi COD. Gas yang dihasilkan pada sektor limbah adalah CH<sub>4</sub>, dimana gas ini berasal dari proses pengolahan limbah yang berada pada *pond* atau kolam pengolahan. Gas CH<sub>4</sub> berasal dari proses metanogenesis pada limbah. Proses Metanogenesis adalah proses dimana bakteri metanogenik akan mengkonversi asam organik volatil menjadi gas metan (CH<sub>4</sub>) dan karbondioksida (CO<sub>2</sub>). Salah satu contoh reaksi proses pembentukan metan pada air limbah adalah sebagai berikut:



Berdasarkan Peraturan Presiden No. 61 tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca, target penurunan emisi dari sektor industri adalah sebesar 0,001 Gton CO<sub>2</sub>e (skenario 26%) dan sebesar 0,005 Gton CO<sub>2</sub>e (skenario 41%) pada tahun 2020. Target penurunan sektor energi dan transportasi adalah 0,038 Gton CO<sub>2</sub>e (skenario 26%) dan sebesar 0,056 Gton CO<sub>2</sub>e (skenario 41%). Sedangkan untuk

target penurunan emisi dari sektor limbah adalah 0,048 Gton CO<sub>2</sub>e (skenario 26%) dan 0,078 Gton CO<sub>2</sub>e (skenario 41%).

## **2.4 Jenis-Jenis Gas Rumah Kaca**

### **2.4.1 Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)**

Karbon dioksida merupakan hasil pembakaran senyawa organik dengan jumlah oksigen yang cukup. Pada saat proses pembakaran sebagian besar karbon teremisikan dalam bentuk CO<sub>2</sub> (IPCC, 2006). Sumber gas CO<sub>2</sub> berasal dari bahan bakar yang digunakan untuk transportasi, proses produksi dalam suatu industri, dan juga dari limbah yang dihasilkan oleh suatu industri.

### **2.4.2 Metan (CH<sub>4</sub>)**

Metan merupakan gas yang terbentuk dari proses dekomposisi anaerob sampah organik yang juga sebagai salah satu penyumbang gas rumah kaca yang memiliki potensi pemanasan global 25 kali lipat bila dibandingkan dengan gas CO<sub>2</sub>. Total produksi tergantung kepada komposisi sampah yang secara teori bahwa setiap kilogram sampah dapat memproduksi 0,5 m<sup>3</sup> gas metan, sumbangannya terhadap pemanasan global sebanyak 15% (Sudarman, 2010).

## **2.5 Jenis-Jenis Polutan Gas**

### **2.5.1 Gas NO<sub>x</sub>**

Nitrogen Oksida sering disebut dengan NO<sub>x</sub> karena mempunyai 2 bentuk yang sifatnya berbeda, yakni gas N<sub>2</sub> dan gas NO<sub>x</sub>. Sifat gas NO<sub>2</sub> berwarna merah kecoklatan dan berbau, sedangkan gas NO tidak berwarna dan tidak berbau. Sumber pencemaran gas NO<sub>x</sub> berasal dari knalpot kendaraan bermotor karena tidak sempurnanya pembakaran BBM dalam ruang bakar mesin, di mana pembentukan NO<sub>x</sub> dipengaruhi oleh suhu pembakaran yang tinggi dan kelebihan udara yang tersedia. Selain itu, berbagai macam kegiatan yang menunjang kehidupan manusia juga akan menambah kadar NO<sub>x</sub> di udara, seperti transportasi, generator pembangkit listrik, pembuangan sampah dan lain-lain (Dewi dan Budiyanti, 2010).

### **2.5.2 Gas SO<sub>x</sub>**

Gas belerang oksida atau sering ditulis dengan SO<sub>x</sub> terdiri atas gas SO<sub>2</sub> dan gas SO<sub>3</sub> yang keduanya mempunyai sifat berbeda. Gas SO<sub>2</sub> berbau tajam dan tidak mudah terbakar, sedangkan gas SO<sub>3</sub> bersifat sangat reaktif (Dewi dan Budiyanti, 2010).

### **2.5.3 Karbon Monoksida (CO)**

Karbon monoksida adalah suatu gas yang tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa dengan jumlah sedikit di udara sekitar 0,1 ppm yang berada di lapisan atmosfer, sehingga lingkungan yang tercemar CO tidak dapat terlihat oleh mata. Sumber gas CO berasal dari sumber alami dan sumber antropogenik. Sumber antropogenik gas CO seluruhnya berasal dari pembakaran bahan organik. Pembakaran bahan organik ini dimaksudkan untuk mendapat energi kalor yang kemudian digunakan untuk berbagai keperluan, antara lain: transportasi, pembakaran batu bara, dan lain-lain (Kusminingrum, 2008).

Penggunaan bahan bakar minyak yang dipergunakan sebagai penggerak bagi kendaraan, sistem ventilasi mesin dan buangan dari knalpot hasil pembakaran bahan bakar yang merupakan pencampuran ratusan gas dan aerosol menjadi penyebab utama keluarnya berbagai pencemar. Polutan yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor antara lain karbon monoksida (CO), nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ), hidrokarbon (HC), Sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ), timah hitam (Pb) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Dari beberapa jenis polutan ini, karbon monoksida (CO) merupakan salah satu polutan yang paling banyak yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor. Polutan CO yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor memberi dampak negatif bagi kesehatan manusia (Sengkey, dkk., 2011).

### **2.6 Inventarisasi Emisi**

Inventarisasi emisi merupakan basis data yang berisi estimasi besaran emisi pencemar udara dan gas rumah kaca yang diemisikan ke atmosfer. Inventarisasi emisi merupakan tindakan untuk melakukan pengelolaan dan menganalisis data emisi, sehingga dapat diperoleh informasi kuantitatif besaran emisi (Permen LH Nomor 12 Tahun 2010).

Inventarisasi emisi adalah pencatatan secara komprehensif tentang jumlah pencemar udara (parameter) dari sumber-sumber pencemar udara dalam suatu wilayah dan periode waktu tertentu. Inventarisasi emisi berfungsi sebagai landasan dalam pembuatan kebijakan publik. Data inventarisasi emisi digunakan untuk menetapkan strategi dan peraturan,

mengevaluasi status kualitas udara terkait dengan baku mutu yang telah ditetapkan, mengevaluasi efektivitas kebijakan pengendalian pencemaran udara, dan melakukan perubahan kebijakan sesuai dengan kebutuhan (Sa'duddin dan Hadi, 2015)

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2013), Inventarisasi emisi bermanfaat untuk:

- a. Mengukur beban pencemaran udara.
- b. Mengukur perkembangan atau perubahan kualitas udara.
- c. Sebagai data dasar untuk perencanaan/pengelolaan udara yang lebih bersih.
- d. Untuk keperluan pembuatan peraturan perundangan di bidang lingkungan.
- e. Sebagai data dasar untuk pemodelan kualitas udara khususnya model dispersi udara.
- f. Memahami penyebaran pencemar udara yang melewati batasan wilayah.

Inventarisasi emisi juga diperlukan untuk penentuan perizinan suatu kegiatan yang dapat berdampak terhadap lingkungan pada suatu wilayah tertentu seperti penentuan terhadap pencapaian status suatu wilayah. Selain itu, inventarisasi emisi diperlukan sebagai sumber informasi publik yang bersifat terbuka mengenai status kondisi kualitas udara dan sebagai alat untuk melacak emisi-emisi sepanjang waktu (US EPA, 2005).

Metodologi dasar dari inventarisasi emisi menggunakan rata-rata emisi untuk setiap aktivitas yang didasarkan pada kuantitas penggunaan material seperti bahan bakar. Penting untuk diperhatikan bahwa inventarisasi emisi menampilkan perhitungan rata-rata emisi dalam periode waktu tertentu dan tidak mengindikasikan emisi yang aktual dalam satuan hari.

Inventarisasi emisi harus dipersiapkan pada rentang waktu yang spesifik dan secara berkala untuk mengikuti proses yang berlangsung. Perhitungan tersebut juga harus dilengkapi dengan pengukuran kualitas udara untuk menyiapkan inventarisasi emisi secara detail dan realistis (Alyuz dan Kadir, 2014).

Perhitungan emisi yang dihasilkan dapat dihitung berdasarkan data dasar atau indeks dari operasi suatu sistem seperti jumlah dan kandungan material dan energi yang

digunakan, proses alamiah, sistem penanganan kontrol emisi yang digunakan, perhitungan keseimbangan massa, dan perhitungan berdasarkan faktor emisi. Inventarisasi emisi mencakup dua komponen data penting yaitu mencakup data kategori polutan dan data kategori sumber emisi (US EPA, 2005)

## **2.7 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**

*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) merupakan lembaga ilmiah yang dibentuk oleh Organisasi Meteorologi Dunia dan Lembaga PBB dalam program lingkungan. Perubahan iklim global membutuhkan kebijakan secara menyeluruh dengan memperhatikan aspek lingkungan dan sosial ekonomi masyarakat. Perubahan iklim yang semakin mengkhawatirkan membutuhkan organisasi yang netral yang dapat memberikan pencerahan mengenai adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. Terkait dengan keputusan mengenai suatu kebijakan IPCC berada dalam posisi netral sehingga diharapkan segala hal yang diputuskan oleh IPCC dapat diterima dan diakui oleh semua negara (Risnandar, 2008).

IPCC adalah organisasi yang dapat memberikan kebijakan berkaitan dengan perubahan iklim dengan tujuan memberikan sumber informasi objektif mengenai perubahan iklim. IPCC tidak memiliki tugas melakukan penelitian mengenai perubahan iklim atau memonitor data-data iklim serta parameter-parameter terkait dengan perubahan iklim (Risnadar, 2008).

Pada penelitian ini akan digunakan IPCC *Guideline* tahun 2006 Volume 2 mengenai sektor energi, Volume 3 mengenai sektor industri, dan Volume 5 mengenai sektor limbah. IPCC menyediakan beberapa faktor emisi untuk gas rumah kaca. Gas Rumah kaca yang dapat dihitung menggunakan IPCC *Guideline* 2016 adalah CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan N<sub>2</sub>O. Dalam IPCC telah dikelompokkan kategori kegiatan dengan sumber dan penyerap gas rumah kaca pada sektor energi, industri, dan limbah. Berikut ini adalah kategori kegiatan dan sumber gas rumah kaca:

### a. Pengadaan Dan Penggunaan Energi

Kategori ini mencakup seluruh emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari penggunaan dan pengadaan energi:

- Kegiatan Pembakaran Bahan Bakar (*Fuel Combustion Activities*).
  - Emisi Fugitif (*Fugitive Emissions from Fuels*).
  - Transportasi dan Penyimpanan Karbondioksida (*Carbon Dioxide Transport and Storage*).
- b. Proses Industri Dan Penggunaan Produk (*Industrial Processes And Product Use*)
- Emisi dari Proses Industri Dan Penggunaan Produk:
- Industri Mineral (*Mineral Industry*).
  - Industri Kimia (*Chemical Industry*).
  - Industri Logam (*Metal Industry*).
  - Produk-produk Non Energi dan Penggunaan Solvent/ Pelarut (*Non-Energy Products from Fuels and Solvent Use*).
  - Industri Elektronik (*Electronics Industry*).
  - Penggunaan produk yang mengandung senyawa pengganti bahan perusak ozon (*Product Uses as Substitutes for Ozone Depleting Substances*).
  - Produk Manufacture lain dan Penggunaannya (*Other Product Manufacture and Use*).
- c. Limbah
- Emisi berasal dari kegiatan pengelolaan limbah:
- Pembuangan Akhir Sampah Padat (*Solid Waste Disposal*).
  - Pengolahan Limbah Padat secara Biologi (*Biological Treatment of Solid Waste*).
  - Pembakaran Sampah melalui Insinerator dan Pembakaran Sampah secara Terbuka (*Incineration and Open Burning of Waste*).
  - Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah (*Wastewater Treatment and Discharge*).

## **2.8 Atmospheric Brown Cloud (ABC) Emission Inventory**

Metode estimasi beban emisi yang dilakukan dalam inventarisasi yaitu menggunakan pendekatan faktor emisi yang diambil dari USEPA AP-42, Permen LH No.12 Tahun 2010, dan *Atmospheric Brown Cloud (ABC) Emission Inventory* (Ambarsari, dkk., 2013). *Atmospheric Brown Cloud (ABC) Emission Inventory*

merupakan suatu studi yang menjelaskan pelaksanaan sejumlah langkah-langkah mitigasi.

Pada *Atmospheric Brown Cloud (ABC) Emission Inventory Manual*, inventarisasi dapat dilakukan dalam jangka waktu tertentu. Di Asia, inventarisasi SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, NMVOC, *Black Carbon* (BC), dan *organic carbon* (OC) dari pembakaran bahan bakar dan sumber-sumber industri telah tersedia sejak tahun 2000 di bawah *Regional Emission Inventory in Asia* (REAS) (Ohara et al., 2007). Inventaris polutan pada *Atmospheric Brown Cloud (ABC)* fokus pada polutan gas primer dan partikulat, seperti PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, partikulat *black karbon* (BC) dan *organic carbon* (OC), serta gas polutan (SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, CO, NMVOC dan CH<sub>4</sub>) dan gas rumah kaca (GRK).

Faktor emisi yang tertera pada chapter 5 merupakan faktor emisi untuk jenis industri yang termasuk dalam industri manufaktur dan proses. Industri tersebut meliputi produksi mineral non-logam, produksi logam, industri kimia, pulp dan industri kertas, industri pengolahan makanan, industri makanan dan minuman, dan proses industri lainnya (Shresta, dkk., 2013). PT Petrokimia Gresik termasuk dalam industri kimia sehingga faktor emisi untuk polutan gas dapat menggunakan faktor emisi dari *ABC Emission Inventory Manual*.

## 2.9 Pendugaan Emisi GRK

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2012), pendugaan emisi didapatkan dari analisis awal terkait dengan sumber emisi serta ketersediaan dan kualitas data. Secara umum persamaan untuk pendugaan emisi dan serapan GRK dapat ditulis dalam bentuk persamaan sederhana sebagai berikut:

$$\text{Emisi GRK} = \text{AD} \times \text{EF} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

AD = data aktivitas

EF = faktor emisi

### 2.9.1 Data Aktivitas

Data aktivitas (AD) adalah besaran kuantitatif kegiatan manusia yang melepaskan emisi GRK. Pada kegiatan IPPU, besaran kuantitatif adalah besaran terkait jumlah bahan yang diproduksi atau yang dikonsumsi (misal penggunaan karbonat) (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

Data aktivitas merupakan data mengenai banyaknya aktivitas manusia yang terkait dengan banyaknya emisi GRK. Contoh data aktivitas sektor energi adalah volume bahan bakar yang digunakan untuk produksi dan penggunaan BBM untuk transportasi yang berada di suatu industri. Data aktivitas sektor industri adalah jumlah penggunaan bahan baku yang digunakan untuk produksi, data refrigerator dan sistem pendingin, serta listrik.

Dalam pengelolaan limbah, besaran kuantitatif merupakan data yang terkait dengan *waste generation* (laju pembentukan limbah), jumlah (massa limbah yang ditangani setiap jenis pengolahan limbah), komposisi/karakteristik limbah, dan sistem pengolahan limbah.

### **2.9.2 Faktor Emisi**

Faktor emisi merupakan rata-rata statistik dari jumlah massa pencemar yang diemisikan untuk setiap satuan aktivitas kegiatan (Permen LH No. 12, 2010). Sedangkan menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2012), faktor emisi merupakan koefisien yang menunjukkan besarnya emisi atau serapan per satuan unit kegiatan yang dilakukan.

Dalam inventarisasi emisi apabila nilai faktor emisi telah diketahui maka akan cepat untuk mengetahui banyaknya kg emisi yang dihasilkan oleh suatu industri, yaitu dengan cara mengalikan faktor emisi dengan data aktivitas (Budi dan Suparman, 2013). Faktor emisi dapat didapatkan dari dokumen faktor emisi lokal yang dimiliki oleh setiap negara, IPCC, serta dari literatur.

## **2.10 Inventarisasi GRK Menurut Tingkat Ketelitian (TIER)**

Berdasarkan IPCC (2006), ketelitian perhitungan tingkat emisi GRK dalam kegiatan inventarisasi dikelompokkan dalam 3 tingkat ketelitian. Tingkat ketelitian perhitungan ini dikenal sebagai tier. Semakin tinggi metode yang dipergunakan, maka inventarisasi GRK yang dihasilkan semakin rinci dan akurat. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2012), tingkat ketelitian perhitungan terkait dengan data dan metode perhitungan yang digunakan dalam penyelenggaraan inventarisasi GRK adalah sebagai berikut:

- a. Tier 1

Metode perhitungan emisi dan serapan menggunakan persamaan dasar dan faktor emisi default atau IPCC *default values* (yaitu faktor emisi yang disediakan oleh IPCC *Guideline*) dan data aktivitas yang digunakan sebagian bersumber dari sumber data global.

b. Tier 2

Perhitungan emisi dan serapan menggunakan persamaan yang lebih rinci misalnya persamaan reaksi atau neraca material dan menggunakan faktor emisi lokal yang diperoleh dari hasil pengukuran langsung data aktivitas berasal dari sumber data nasional dan/atau daerah.

c. Tier 3

Metode perhitungan emisi dan serapan menggunakan metode yang paling rinci (dengan pendekatan modeling dan sampling). Dengan pendekatan modeling faktor emisi lokal dapat divariasikan sesuai dengan keberagaman kondisi yang ada sehingga emisi dan serapan akan memiliki tingkat kesalahan lebih rendah.

Penentuan Tier sangat ditentukan oleh ketersediaan data dan tingkat kemajuan suatu negara atau industri dalam hal penelitian. Di Indonesia, sumber emisi sektor/kegiatan utama pada inventarisasi GRK menggunakan Tier 1, yaitu berdasarkan data aktivitas dan faktor emisi default IPCC. Dalam penyusunan inventarisasi GRK, IPCC *Guideline* mendorong penggunaan data yang bersumber pada publikasi dari lembaga resmi pemerintah atau badan nasional (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012)

## **2.11 Kelengkapan Inventarisasi dan Penyusunan Data *Time Series* yang Konsisten**

### **2.11.1 Kelengkapan Inventarisasi**

Inventarisasi emisi GRK dari kegiatan IPPU mencakup emisi GRK yang terjadi selama proses/reaksi kimia di industri, penggunaan gas-gas kategori GRK di dalam produk, dan penggunaan karbon bahan bakar fosil untuk kegiatan (non energi), yaitu bukan untuk penyediaan energi namun untuk kegiatan produksi sebagaimana yang dicantumkan dalam IPCC *Guideline* 2006 (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

### **2.11.2 Penyusunan Data *Time Series***

*Data time series* yang dibutuhkan dalam menyusun inventarisasi emisi GRK membutuhkan data historis beberapa tahun. Data-data tersebut harus tersedia secara konsisten setiap tahun. Apabila data-data tersebut ada yang tidak tersedia secara konsisten setiap tahunnya sebagai *time series*, maka pendekatan/metoda rata-rata, ekstrapolasi, dan interpolasi dapat diaplikasikan untuk memperkirakan data-data yang tidak lengkap (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

### **2.11.3 Tahun Dasar (*Base Year*) dan *Baseline***

Inventarisasi emisi harus dipersiapkan pada rentang waktu yang spesifik dan secara berkala untuk mengikuti proses yang berlangsung. Perhitungan tersebut juga harus dilengkapi dengan pengukuran kualitas udara untuk menyiapkan inventarisasi emisi secara detail dan realistis (Alyuz dan Kadir, 2014).

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

*Baseline* adalah proyeksi tingkat emisi GRK tahunan apabila diasumsikan tidak ada perubahan kondisi dan kebijakan yang mempengaruhi kegiatan IPPU. *Baseline* tingkat emisi GRK tahunan dimanfaatkan untuk penyusunan upaya-upaya mitigasi perubahan iklim (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

## **2.12 Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca**

Menurut Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca, strategi penurunan emisi gas rumah kaca pada sektor energi dan transportasi adalah:

1. Menghemat penggunaan energi final baik melalui penggunaan teknologi yang lebih bersih dan efisien maupun pengurangan konsumsi energi tak terbarukan (fosil).
2. Mendorong pemanfaatan energi baru terbarukan skala kecil dan menengah.

3. Mengurangi kebutuhan akan perjalanan terutama daerah perkotaan melalui penatagunaan lahan mengurangi perjalanan dan jarak perjalanan yang tidak perlu.
4. Menggeser pola penggunaan kendaraan pribadi ke pola transportasi rendah karbon seperti sarana transportasi tidak bermotor, transportasi publik, transportasi air.
5. Meningkatkan efisiensi energi dan pengurangan pengeluaran karbon pada kendaraan bermotor pada sarana transportasi.

Strategi penurunan emisi gas rumah kaca pada sektor industri adalah:

1. Melaksanakan audit energi khususnya pada industri-industri yang padat energi.
2. Memberikan insentif pada program efisiensi energi.

Strategi penurunan emisi gas rumah kaca pada sektor limbah adalah:

1. Peningkatan kapasitas kelembagaan dan peraturan di daerah (Perda).
2. Peningkatan pengelolaan air limbah di perkotaan.
3. Pengurangan timbulan sampah melalui 3R (*reduce, reuse, recycle*).
4. Perbaikan proses pengelolaan sampah di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA).
5. Peningkatan, pembangunan, rehabilitasi TPA.
6. Pemanfaatan limbah/sampah menjadi produksi energi yang ramah lingkungan.

## **BAB 3 METODE PENELITIAN**

Pada bab metode penelitian ini akan menjelaskan mengenai lokasi yang akan digunakan untuk penelitian, kerangka alur penelitian, hal-hal yang dilakukan saat persiapan penelitian, pelaksanaan penelitian yang meliputi pengumpulan data, pengolahan data, analisis dan pembahasan, serta kesimpulan dan saran.

### **3.1 Lokasi Penelitian**

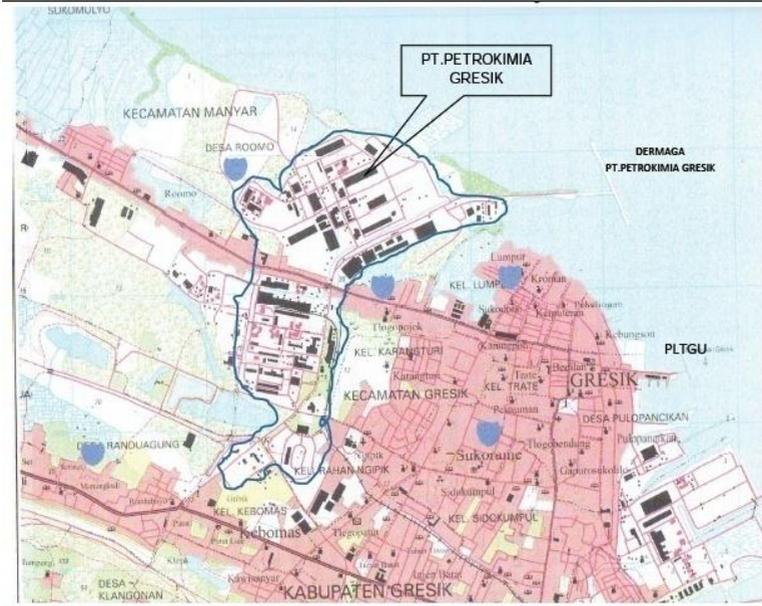
Lokasi penelitian berada di kawasan PT Petrokimia Gresik. PT Petrokimia Gresik menempati area seluas 270 Ha untuk area kegiatan proses produksi atau sekitar 450 Ha untuk kompleks Industri serta fasilitas penunjangnya seperti *power plant* dan dermaga, masjid, fasilitas olah raga, pusat perkantoran serta perumahan yang secara administratif berada di Kecamatan Gresik, Manyar, dan Kebomas. Pada penelitian ini akan dilakukan inventarisasi emisi pada *power plant* kawasan pabrik I, II, dan III. Lokasi penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1.

### **3.2 Kerangka Alur Penelitian**

Metode penelitian merupakan suatu susunan langkah teknis terstruktur yang dijadikan sebagai acuan pelaksanaan penelitian, mulai dari tahap timbulnya masalah hingga analisis dan pembahasan. Penyusunan metode penelitian disusun secara detail untuk memudahkan pelaksanaan penelitian dengan lebih efektif dan terarah, serta tidak menyimpang dari tujuan awal pelaksanaan penelitian. Metode penelitian meliputi ide awal penelitian, tahapan pelaksanaan penelitian, pembahasan hasil percobaan, sampai pada penarikan kesimpulan berdasarkan percobaan yang telah dilakukan.

Penelitian ini didasarkan pada kerangka penelitian yang terdiri dari "GAP" antara kondisi ideal dan kondisi realita sehingga dapat dirumuskan permasalahan yang akan dikaji. Kemudian ditentukan pula tujuan dari penelitian yang akan dikaji. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data yang terdiri dari data primer dan data sekunder. Lalu dilakukan analisis data dan pembahasan, hingga pada tahap akhir dari penelitian ini adalah

penarikan kesimpulan. Alur kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.2.

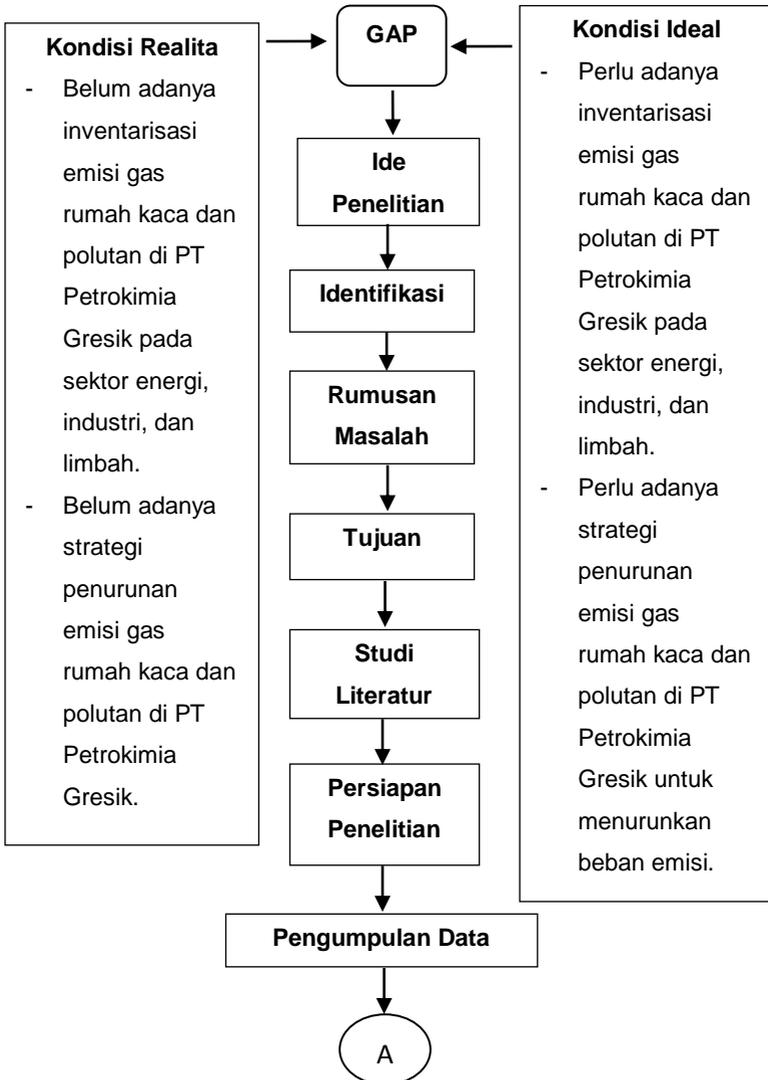


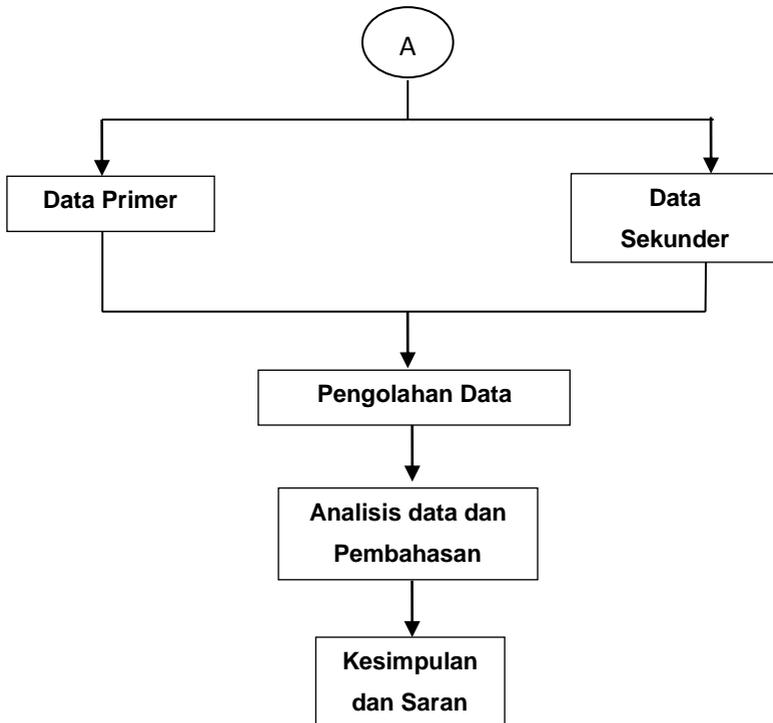
**Gambar 3.1 Lokasi PT Petrokimia Gresik**

*Sumber: Dokumen Adendum ANDAL, RKL – RPL Pengembangan Tahap IV dan Fasilitas Penunjang Kompleks Industri PT Petrokimia Gresik.*

### **3.2.1 Ide Penelitian**

Ide penelitian muncul karena adanya gap yang didapatkan dari kondisi realita dan juga kondisi ideal. Ide penelitian ini adalah strategi reduksi emisi gas rumah kaca dan polutan di PT Petrokimia Gresik.





**Gambar 3.2Kerangka Penelitian**

### **3.2.2 Identifikasi Masalah**

Identifikasi masalah dilakukan agar dapat menentukan rumusan masalah yang akan dikaji. Sehingga didapatkan rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana strategi reduksi emisi gas rumah kaca dan polutan di PT Petrokimia Gresik.

### **3.2.3 Studi Literatur**

Studi literatur digunakan untuk dasar teori yang mendukung dalam penelitian. Sumber studi literatur berasal dari berbagai sumber yaitu *text book*, *manual book*, laporan penelitian, jurnal, maupun peraturan-peraturan. Teori yang mendukung meliputi pengertian pencemaran udara, pengertian gas rumah kaca dan jenis-jenis gas rumah kaca, gas rumah kaca dari sektor energi, industri, dan limbah, inventarisasi emisi, *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), *Atmospheric Brown Cloud (ABC) Emission Inventory*, pendugaan emisi gas rumah kaca, pemilihan metodologi inventarisasi gas rumah kaca menurut tingkat ketelitian (TIER), kelengkapan inventarisasi dan penyusunan data *time series* yang konsisten, serta strategi penurunan emisi.

### **3.3 Persiapan Penelitian**

Metode penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi aktivitas yang terjadi pada proses produksi pupuk dan non pupuk. Kemudian mencari dan mengumpulkan referensi data serta informasi yang relevan dan mendukung ide penelitian. Dalam tahap persiapan penelitian ini, yang pertama dilakukan yaitu mengurus surat perijinan dan permohonan permintaan data. Pada penelitian ini perijinan disampaikan kepada PT Petrokimia Gresik.

### **3.4 Pelaksanaan Penelitian**

Tahap pelaksanaan penelitian ini terdiri dari metode pengumpulan data serta pengolahan data. Pada penelitian ini dibutuhkan data primer dan data sekunder. Sumber emisi yang diinventarisasi yaitu sektor energi meliputi konsumsi pemakaian batubara, solar, dan gas alam sebagai bahan bakar produksi dan konsumsi energi transportasi. Sektor industri meliputi jumlah

produksi amonia dan penggunaan listrik. Selain sektor energi dan industri, sumber emisi lainnya yang diinventarisasi adalah sektor limbah. Sektor limbah yang akan dibahas meliputi limbah cair industri.

### **3.4.1 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data bertujuan untuk mengumpulkan semua informasi yang terkait dengan penelitian. Data yang dikumpulkan berupa data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer dan data sekunder dapat diperoleh saat penelitian berlangsung. Data-data ini akan diolah dan dianalisis untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian. Tahapan pengumpulan data jumlah kendaraan adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan data lalu lintas dilakukan selama 1 minggu, yaitu pada saat hari kerja (Senin-Jum'at) dan saat akhir pekan (Sabtu dan Minggu).
2. Jenis kendaraan yang dihitung meliputi kendaraan ringan, serta sepeda motor. kendaraan ringan meliputi mobil penumpang dan non bus/truk lainnya.
3. Jumlah sepeda motor dan mobil diperoleh dengan menghitung jumlah motor dan mobil yang berada di parkiran masing-masing pabrik.
4. Data jumlah kendaraan yang diperoleh kemudian dijadikan dasar untuk menghitung volume lalu lintas sesuai MKJI (Manual Kapasitas Jalan Indonesia).

Sedangkan data sekunder diperoleh dari data *time series* yang dimiliki oleh PT Petrokimia Gresik meliputi :

1. Konsumsi bahan bakar  
Dibutuhkan data jumlah konsumsi batubara, bahan bakar minyak (solar), dan gas alam setiap tahunnya untuk mengetahui emisi GRK dan polutan yang dihasilkan untuk sektor energi.
2. Jumlah produksi  
Dibutuhkan data jumlah produksi amonia yang dihasilkan setiap tahunnya untuk mengetahui emisi GRK dan polutan yang dihasilkan untuk sektor industri.
3. Jumlah Penggunaan Listrik

Dibutuhkan data jumlah penggunaan listrik yang setiap tahunnya untuk mengetahui emisi GRK dan polutan yang dihasilkan untuk sektor industri.

4. Limbah  
Data yang dibutuhkan yaitu karakteristik limbah dan debit limbah cair industri setiap tahun untuk mengetahui emisi GRK yang dihasilkan pada sektor limbah.
5. Faktor Emisi  
Faktor emisi yang digunakan dalam inventarisasi emisi GRK dan pada setiap sektor.

### 3.4.2 Pengolahan Data

Data yang telah didapat kemudian akan dilakukan pengolahan data dengan menggunakan pendekatan rumus yang digunakan.

#### a. Menghitung Kadar CO<sub>2</sub> dari aktivitas transportasi

Pada penelitian ini, IPCC Guideline 2006 Tier 2 akan digunakan untuk menghitung kadar CO<sub>2</sub> dari aktivitas transportasi. Persamaan umum yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Emissions} = \text{Activity Data} \times \text{Emission Factor} \dots(3.1)$$

Metode Tier 2 menggunakan faktor emisi berbasis kilometer jalan kendaraan (*vehicle kilometer traveled-VKT* atau panjang perjalanan rerata kendaraan per tahun) untuk transportasi *on-road*. Faktor emisi yang digunakan pada Tier 2 adalah faktor emisi nasional (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010). Pendekatan rumus yang digunakan yaitu :

$$VKT_{j, \text{line}} = \sum_{i=1}^n Q_{ji} \times l_i \dots\dots\dots(3.2)$$

$$E_{cji} = VKT_{ji} \times EF_{cji} (100-C)/100 \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana :

$VKT_{j, \text{line}}$  = VKT kategori kendaraan j pada ruas jalan i yang dihitung sebagai sumber garis (km/tahun)

$Q_{ji}$  = volume kendaraan dalam kategori j pada ruas jalan i (kendaraan/tahun)

$l_i$  = panjang ruas jalan i (km)

$E_{c,ji}$  = emisi pencemar c untuk kendaraan kategori j pada ruas jalan i (g/tahun)

C = efisiensi peralatan pengendali emisi (%)

C = 0, jika tidak terpasang peralatan pengendali

Persamaan 3.3 merupakan pendekatan yang digunakan untuk menghitung aktivitas data pada persamaan 3.1. Aktivitas data diperoleh dari perkalian volume kendaraan dikalikan dengan panjang jalan. Selain aktivitas data, data yang harus diperoleh adalah faktor emisi. Faktor emisi kendaraan bermotor di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 3.1 dibawah ini.

**Tabel 3.1**Faktor Emisi Kendaraan Bermotor di Indonesia

Kategori	CO	HC	NOx	PM10	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/km)	(g/kg BBM)	(g/km)
Sepeda Motor	14	5,9	0,29	0,24	3180	0,008
Mobil penumpang (bensin)	40	4	2	0,01	3180	0,026
Mobil penumpang (solar)	2,8	0,2	3,5	0,53	3172	0,44
Mobil penumpang	32,4	3,2	2,3	0,12	3178	0,11
Bis	11	1,3	11,9	1,4	3172	0,93
Truk	8,4	1,8	17,7	1,4	3172	0,82

Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12, 2010

Karena untuk faktor emisi CO<sub>2</sub> yang digunakan memiliki satuan g/kg BBM maka dibutuhkan data densitas (kg/L)

masing-masing bahan bakar serta konsumsi energi spesifik (L/km) untuk tiap jenis kendaraan bermotor.

**Tabel 3.2 Densitas Bahan Bakar**

Bahan Bakar	Densitas (kg/L)
Bensin	0,72
Diessel	0,84

**Tabel 3.3 Konsumsi Energi Spesifik Kendaraan Bermotor**

No	Jenis Kendaraan	Konsumsi energi Spesifik (L/100 km)	No	Jenis Kendaraan	Konsumsi energi Spesifik (L/100 km)
1	<b>Mobil Penumpang</b>		5	<b>Bemo/ Bajaj</b>	10,99
	Bensin	11,79	6	<b>Taksi</b>	
	Diesel/Solar	11,36		Bensin	10,88
2	<b>Bus Besar</b>			Diesel/Solar	6,25
	Bensin	23,15	7	<b>Truck Besar</b>	15,82
	Diesel/Solar	16,89	8	<b>Truck Sedang</b>	15,15
3	<b>Bus Sedang</b>	13,04	9	<b>Truck Kecil</b>	
4	<b>Bus Kecil</b>			Bensin	8,11
	Bensin	11,35		Diesel/Solar	10,64
	Diesel/Solar	11,83	10	<b>Sepeda Motor</b>	2,66

Sumber : Yamin, dkk., 2009

**b. Mengitung Emisi GRK pada Pembakaran Bahan Bakar pada Sumber Stasioner**

Pada penelitian ini, GRK yang diinventarisasi adalah CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub>. Metode perhitungan GRK didasarkan pada IPCC *Guideline* 2006 Volume 2. Besarnya emisi GRK hasil pembakaran bahan bakar fosil bergantung pada banyak dan jenis bahan bakar yang dibakar.

Banyaknya bahan bakar direpresentasikan sebagai data aktivitas sedangkan jenis bahan bakar direpresentasikan oleh faktor emisi. Pada penelitian ini digunakan metode dengan tingkat ketelitian (Tier) 1, dengan menggunakan faktor emisi dari IPCC. Persamaannya adalah sebagai berikut

$$Emissions_{GHG,fuel} = Fuel\ Consumption_{fuel} \times Emission\ Factor_{GHG,fuel} \dots \dots \dots (3.4)$$

dimana:

$Emissions_{GHG,fuel}$  : Emisi GRK jenis tertentu menurut jenis bahan Bakar(kg GRK)

$Fuel\ Consumption_{fuel}$  : Banyaknya bahan bakar yang dibakar menurut jenis bahan bakar (dalam TJ)

$Emission\ Factor_{GHG,fuel}$  : Faktor emisi GRK jenis tertentu menurut jenis bahan bakar (kg gas /TJ)

Konsumsi energi yang tersedia umumnya dalam satuan ton, oleh karena itu data konsumsi energi harus dikonversikan dengan cara mengalikan dengan nilai kalor bahan bakar Indonesia yang dapat dilihat pada Tabel 3.4.

**Tabel 3.4 Nilai Kalor Bahan Bakar Indonesia**

Bahan Bakar	Nilai Kalor	Penggunaan
Premium	33x10 <sup>-6</sup> TJ/liter	Kendaraan bermotor
Solar (HSD, ADO)	36x10 <sup>-6</sup> TJ/liter	Kendaraan bermotor, pembangkit listrik
Minyak Diesel (IDO)	38x10 <sup>-6</sup> TJ/liter	Boiler industri, pembangkit listrik
Batubara	18,9x10 <sup>-3</sup> TJ/ton	Pembangkit listrik, industry

Sumber : Kementerian Lingkungan Hidup, 2012.

Keterangan :

ADO= Automotive Diesel Oil (Solar)

HSD= High Speed Diesel (Solar)  
 IDO = Industrial Diesel Oil (Minyak Diesel)

Faktor emisi default IPCC untuk penghitungan emisi GRK dari pembakaran bahan bakar pada sumber yang stasioner dapat dilihat pada Tabel 3.5.

**Tabel 3.5 Faktor Emisi Pembakaran Stasioner di Industri**

<i>Fuel</i>	<b>CO<sub>2</sub></b>			<b>CH<sub>4</sub></b>		
	<i>Default F.E</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>	<i>Default F.E</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
Gas/Diesel Oil	74100	72600	74800	3	1	10
Batubara antrasit	98300	94600	101000	1	0,3	3
Batubara sub-bituminous	96100	92800	100000	1	0,3	3

Sumber : IPCC Guideline 2006 Volume 2

**c. Mengitung Emisi GRK pada Sektor Industri**

Pada penelitian ini, GRK yang diinventarisasi adalah CO<sub>2</sub>. Metode perhitungan GRK didasarkan pada IPCC Guideline 2006 Volume 3. Pada penelitian ini digunakan metode dengan tingkat ketelitian (Tier) pada produksi amonia. Persamaannya adalah sebagai berikut:

Emisi CO<sub>2</sub> dari Produksi Amonia

$$\text{Emisi CO}_2 = AP \times FR \times CCF \times COF \times 44/12 - RCO_2 \dots \dots \dots (3.5)$$

dimana:

- Emisi CO<sub>2</sub> : emisi CO<sub>2</sub> dari produksi amonia, ton
- AP : Produksi amonia, ton
- FR : Keutuhan bahan bakar (non-energi) per satuan output, GJ/ton amonia
- CCF : Kandungan karbon dalam bahan bakar, kg C /GJ
- COF : Faktor oksidasi karbon, fraksi

#### d. Mengitung Emisi GRK pada Sektor Limbah

Limbah lumpur dari IPAL/WWTP/*Effluent Treatment* dikategorikan sebagai limbah lumpur/*sludge*. Limbah cair beserta lumpur yang dihasilkan dapat mengemisikan gas CH<sub>4</sub>. Pendekatan rumus yang digunakan untuk menghitung emisi limbah cair adalah sebagai berikut :

$$\text{Emisi CH}_4 = (\text{TOW}_i - \text{S}_i) \times \text{EF} - \text{R}_i \dots\dots\dots(3.7)$$

dengan faktor emisi:

$$\text{EF} = \text{Bo} \times \text{MCF}_j \dots\dots\dots(3.8)$$

dimana:

- Emisi CH<sub>4</sub> = Emisi CH<sub>4</sub> dalam tahun inventori, kg CH<sub>4</sub>/tahun
- TOW = Total organik dalam limbah cair dalam tahun inventori, kg COD/tahun
- S = Komponen organik diambil sebagai lumpur dalam tahun inventori, kg/tahun
- i = Grup pendapatan: perkotaan, pendapatan tinggi perkotaan dan pendapatan rendah perkotaan
- j = Tiap jenis sistem atau saluran pengolahan/pembuangan
- R = Jumlah CH<sub>4</sub> yang dapat diambil pada tahun inventori, kg CH<sub>4</sub>/tahun
- EF<sub>j</sub> = Faktor emisi per jenis system/saluran pembuangan/pengolahan, kg CH<sub>4</sub>/kg COD
- Bo = Kapasitas produksi maksimum CH<sub>4</sub>, kg CH<sub>4</sub>/kg COD
- MCF<sub>j</sub> = Faktor koreksi metana, fraksi. (Tabel 3.7)

Untuk nilai TOW (*Total Organically degradable material in Wastewater*) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$TOW = P_i \times W_i \times COD \dots \dots \dots (3.9)$$

$P_i$  = Produk industri total untuk sektor industri  $i$ , ton/tahun

$W_i$  = Jumlah limbah cair yang dihasilkan,  $m^3$ /ton

COD = *Chemical oxygen demand (plant specific)*

TOW (Total organically degradable material in wastewater) limbah cair industri adalah COD total dari setiap jenis industri di suatu wilayah. Default kapasitas produksi  $CH_4$  maksimum ( $B_o$ ) limbah cair perkotaan 0.25 kg  $CH_4$ /kg COD. Sedangkan untuk nilai nilai default MCF untuk limbah cair dapat dilihat pada Tabel 3.6

**Tabel 3.6 Nilai Default MCF untuk Limbah Cair**

Tipe Pengolahan dan Sistem Aliran		Penjelasan	MCF <sup>1</sup>	Interval
Tanpa Perlakuan	Laut,Sungai,Danau	Sungai dengan kandungan bahan organik berkonsentrasi tinggi dapat bersifat anaerobic	0,1	0-0,2
	Tempat Pembuangan	Terbuka dan tertutup	0,5	0,4-0,8
	Saluran Pembuangan (Terbuka atau Tertutup)	Alirannya cepat, bersih (terdapat $CH_4$ dalam jumlah yang sedikit)	0	0
Perlakuan	Pabrik Pengolahan Secara Aerobik dan Terpusat	Sistem harus baik. Sejumlah $CH_4$ dihasilkan dari kolam penampungan	0	0-0,1
		Sistem yang tidak baik. Penampungan yang berlebihan	0,3	0,2-0,4
	Pengolahan Lumpur Secara Anaerobik	Rekoveri $CH_4$ tidak dipertimbangkan	0,8	0,8-1,1
	Reaktor Anaerobik	Rekoveri $CH_4$ tidak dipertimbangkan	0,8	0,8-1,0
	Danau di Pinggir	Kedalaman kurang	0,2	0-0,3

Tipe Pengolahan dan Sistem Aliran		Penjelasan	MCF <sup>1</sup>	Interval
	Laut ( <i>Lagoon</i> ) yang Dangkal	dari 2 meter, menggunakan pertimbangan para ahli		
	Danau di Pinggir Laut ( <i>Lagoon</i> ) yang Dalam	Kedalaman kurang dari 2 meter	0,8	0,8-1,0
	Sistem Pembusukan	Terdapat setengah BOD dalam tangki penampungan	0,5	0,5
	Kakus	Musim kering, air tanah lebih rendah dari kakus, keluarga kecil (3-5 orang)	0,1	0,05-0,15
		Musim kering, air tanah lebih rendah dari kakus, komunitas (beberapa orang)	0,5	0,4-0,6
		Musim hujan, air tanah lebih tinggi dari kakus	0,7	0,7-1,0
		Pengendapan secara teratur dapat digunakan untuk pupuk	0,1	0,1

<sup>1</sup>Berdasarkan pertimbangan dari para ahli

Sumber : IPCC, 2006

### 3.4.3 Analisis Data dan Pembahasan

Analisis data dilakukan untuk menganalisis nilai beban emisi dari setiap sektor (sektor energi, industri, dan limbah) yang telah diperoleh, sehingga dapat melakukan inventarisasi emisi. Setelah melakukan inventarisasi maka dapat mencari strategi reduksi yang tepat untuk direkomendasikan di PT Petrokimia Gresik. Dari data yang telah dianalisis dan dibahas tersebut akan digunakan untuk menjawab rumusan masalah dan untuk mencapai tujuan dalam penelitian ini.

#### **3.4.4 Kesimpulan dan Saran**

Kesimpulan dapat ditarik dari analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan sebelumnya. Kesimpulan ini merupakan ringkasan hasil penelitian yang menjawab tujuan penelitian. Sedangkan saran berisi evaluasi dan rekomendasi untuk pendataan emisi gas rumah kaca serta penentuan langkah strategis untuk penurunan emisi gas rumah kaca.

*“Halaman sengaja dikosongkan”*

## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada perusahaan penghasil pupuk seperti PT Petrokimia Gresik, terdapat berbagai macam aktivitas yang dapat menghasilkan emisi. Pada penelitian ini membahas mengenai sektor-sektor yang menyumbang emisi gas rumah kaca dan polutan dalam proses produksi pada PT Petrokimia Gresik, meliputi sektor energi, industri, dan limbah. Pada sektor energi, emisi GRK dan polutan berasal dari penggunaan batubara untuk pemasok energi listrik, penggunaan bahan bakar minyak (solar) dan gas alam juga digunakan untuk bahan baku. Kemudian dari aktivitas transportasi yang meliputi transportasi darat juga menyumbang emisi GRK.

Selain itu, sektor industri juga berperan dalam menyumbang emisi GRK dan polutan dimana PT Petrokimia Gresik menghasilkan amonia, yang mana bahan ini digunakan sebagai bahan baku pupuk. Sehingga dalam proses produksinya menghasilkan emisi GRK dan polutan. Penggunaan listrik juga menyumbang emisi GRK dalam sektor industri. Pada sektor limbah, GRK berasal dari pengelolaan limbah cair industri.

#### **4.1 Data Aktivitas Sektor Energi**

Pada sektor energi terdapat dua sumber emisi yaitu dari sumber stasioner dan dari transportasi darat. Sumber stasioner merupakan sumber emisi tidak bergerak, termasuk asap dari industri energi, pembangkit listrik, industri yang menggunakan metode kondensasi, hasil pembakaran insinerator, furnace, dan berbagai tipe peralatan pembakaran dengan bahan bakar.

##### **4.1.1 Sumber Tidak Bergerak (Stasioner)**

PT Petrokimia Gresik merupakan perusahaan manufaktur penghasil pupuk dan non pupuk. Dalam kegiatan operasionalnya, PT Petrokimia Gresik membutuhkan energi yang besar. Sehingga PT Petrokimia Gresik memiliki pembangkit sendiri yang berbahan bakar batubara untuk membantu kebutuhan listrik yang digunakan untuk proses produksi. Bahan bakar batubara yang digunakan umumnya berasal dari Kalimantan, dimana jenis batubara yang

digunakan adalah batubara sub-bituminous. Selain digunakan untuk pembangkit, batubara juga digunakan untuk bahan bakar boiler. Data mengenai penggunaan bahan bakar batubara pada PT Petrokimia Gresik dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1 Data Penggunaan Batubara**

Tahun	Jumlah Konsumsi (Ton)
2011	215.228,47
2012	241.356,58
2013	266.847,59
2014	286.989,26
2015	193.383,57
2016	259.662,89

*Sumber: Statistik PT Petrokimia Gresik*

Selain penggunaan batubara untuk mendukung kegiatan operasionalnya, PT Petrokimia juga menggunakan solar dan gas alam untuk proses produksi di pabrik. Data mengenai penggunaan bahan bakar solar dan gas alam dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan 4.3.

**Tabel 4.2 Data Penggunaan Solar**

Tahun	Jumlah
	Liter
2011	5.318.287,00
2012	6.205.802,00
2013	1.848.365,00
2014	930.707,00
2015	50.060,00
2016	362.134,00

*Sumber: Statistik PT Petrokimia Gresik*

**Tabel 4. 3 Data Penggunaan Gas Alam**

Tahun	Jumlah		
	MMBTU	GJ	TJ
2011	11518665,05	12162212,87	12.162,21
2012	11845469,47	12507275,85	12507,27
2013	13261394,75	14002308,87	14002,30
2014	11795095,61	12454087,6	12454,08
2015	12563037,04	13264933,92	13264,93
2016	12703548,19	13413295,43	13413,29

Sumber: Statistik PT Petrokimia Gresik

#### **4.1.2 Sumber Bergerak**

Selain penggunaan batubara, solar, dan gas alam aktivitas transportasi yang terjadi dikawasan PT Petrokimia Gresik turut serta menyumbang emisi GRK. Emisi dari kegiatan transportasi ini meliputi transportasi darat. Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data primer dan sekunder jumlah kendaraan yang beroperasi di sekitar PT Petrokimia Gresik.

Pengambilan data primer dilakukan dengan cara mengumpulkan data lalu lintas yang dilakukan selama satu minggu. Pengambilan data dilakukan 3 kali saat jam kerja, hal ini dikarenakan pergantian *shift* di PT Petrokimia Gresik terjadi 3 kali. Pergantian *shift* terjadi pada pukul 07.00 WIB (*shift* 1), pukul 15.00 WIB (*shift* 2), dan pukul 23.00 WIB (*shift* 3). Pengambilan data primer dilakukan pada kawasan pabrik 1, pabrik 2, dan pabrik 3.

Jenis kendaraan yang didata secara langsung yaitu kendaraan ringan (mobil dan *pick up*), kendaraan berat (bus dan truk), serta sepeda motor. Dalam penelitian ini, truk yang dihitung merupakan jenis truk muat dan truk sampah. Hal ini dikarenakan adanya rekapan data mengenai jenis truk tersebut. Data jumlah kendaraan hasil perhitungan lalu lintas saat pergi dan pulang selama satu minggu dapat dilihat pada Lampiran 1.

Dalam penelitian ini diasumsikan kendaraan yang pergi dan pulang sama dikarenakan aktivitas transportasi mayoritas dilakukan oleh karyawan. Sehingga kendaraan yang melintas pada kawasan PT Petrokimia Gresik sesuai dengan jadwal pergi dan pulang jam kerja karyawan. Untuk jumlah truk muat dan truk sampah yang melintas pada kawasan PT Petrokimia Gresik didapatkan dari hasil rekaman yang terdapat pada pos penjaga di area Pabrik 1, 2, dan 3.

Setelah mendapatkan data kendaraan pulang dan pergi maka dilakukan penjumlahan kendaraan dalam satu hari di masing-masing pabrik dengan membedakan hari kerja dan juga hari libur. Jumlah kendaraan dalam satu minggu dapat dilihat pada Lampiran 2.

Kemudian menjumlah data kendaraan setiap pabrik dalam satu hari dan dihitung rata-rata kendaraan yang beroperasi pada hari kerja serta hari libur. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan data rata-rata kendaraan yang beroperasi selama satu hari dalam hari kerja dan juga hari libur. Rata-rata kendaraan yang beroperasi dalam sehari saat hari kerja dan hari libur dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Dari data yang terdapat pada Tabel 4.4, dapat dilihat perbedaan jumlah kendaraan yang signifikan antara hari kerja dan hari libur. Panjang jalan yang diukur yaitu dari pintu masuk kawasan Pabrik 1 PT Petrokimia Gresik hingga tujuan akhir kendaraan. Dari data yang terdapat pada Tabel 4.4 dapat diperkirakan jumlah kendaraan per bulannya. Jumlah kendaraan tiap bulan dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Sedangkan untuk data sekunder adalah data kendaraan aset yang dimiliki oleh PT Petrokimia Gresik dari tahun 2014 hingga 2016. Data yang diperoleh hanya mencakup data 3 tahun kebelakang yaitu pada tahun 2014 hingga 2016. Hal ini dikarenakan data tersebut merupakan data yang terekap dengan baik. Data kendaraan aset milik PT Petrokimia Gresik dapat dilihat pada Tabel 4.6.

**Tabel 4. 4 Rata-Rata Kendaraan Berdasarkan Jenis**

Lokasi	Jenis Kendaraan	Panjang Jalan (km)	Jumlah Kendaraan	
			Hari Kerja	Hari Libur
Parkiran Pabrik 1	Bus	0,75	1	1
	Truk	0,75	69	25
	Mobil (bensin)	0,25	66	12
	Mobil (solar)	0,25	15	10
	Pick up	0,75	25	10
	Sepeda motor	0,29	693	171
Parkiran Pabrik 2	Bus	1,39	0	0
	Truk	1,39	258	202
	Mobil (bensin)	1,39	64	18
	Mobil (solar)	1,39	5	8
	Pick up	1,39	24,8	14
	Sepeda motor	1,39	2290	1495
Parkiran Pabrik 3	Bus	3,10	0	0
	Truk	3,10	17	13
	Mobil (bensin)	3,10	7,2	6
	Mobil (solar)	3,10	1	3
	Pick up	3,10	5,2	6
	Sepeda motor	3,00	665,2	528

*Sumber: Hasil Perhitungan*

**Tabel 4. 5 Jumlah Kendaraan Tiap Bulan**

Lokasi	Jenis Kendaraan	Jumlah
Pabrik 1	Bus	4
	Truk	3168
	Mobil (bensin)	2832
	Mobil (solar)	736

Lokasi	Jenis Kendaraan	Jumlah
	Pick up	1152
	Sepeda motor	30440
Pabrik 2	Bus	0
	Truk	13536
	Mobil (bensin)	2848
	Mobil (solar)	328
	Pick up	1208
	Sepeda motor	115520
Pabrik 3	Bus	0
	Truk	896
	Mobil (bensin)	376
	Mobil (solar)	88
	Pick up	296
	Sepeda motor	35048

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 4. 6 Jumlah Kendaraan Aset**

Tahun	Jenis Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Jumlah (kendaraan/tahun)
2014	Ambulance	Diessel	9
	Bus	Diessel	9
	Pick up	Diessel	14
	Mobil	Diessel	7
	Truk	Diessel	32
	Sepeda Motor	Bensin	71
	Jumlah		
2015	Ambulance	Diessel	1
	Bus	Diessel	9

Tahun	Jenis Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Jumlah (kendaraan/tahun)
	Pick up	Diessel	8
	Mobil	Diessel	7
	Truk	Diessel	32
	Sepeda Motor	Bensin	72
	Jumlah		129
2016	Ambulance	Diessel	2
	Bus	Diessel	9
	Pick up	Diessel	8
	Mobil	Diessel	7
	Truk	Diessel	31
	Sepeda Motor	Bensin	72
	Jumlah		129

Sumber: Statistik PT Petrokimia Gresik

#### 4.2 Data Aktivitas Sektor Industri

PT Petrokimia Gresik menghasilkan produk pupuk dan non pupuk, namun pada penelitian ini hanya menggunakan data produk pupuk yang dihasilkan. PT Petrokimia Gresik menghasilkan banyak produk diantaranya berupa amonia, dimana amonia ini merupakan bahan baku yang akan digunakan untuk menghasilkan produk pupuk seperti urea, ZA, NPK, dan lain-lain. PT Petrokimia Gresik termasuk kedalam sebuah perusahaan manufaktur yang memproduksi amonia. Dalam proses produksi amonia terjadi proses sintesa gas dimana dalam proses tersebut menghasilkan gas CO<sub>2</sub> (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

Selain dari proses produksi amonia, penggunaan listrik dari pihak luar (PLN) juga menghasilkan emisi di PT Petrokimia Gresik. Meskipun PT Petrokimia Gresik menghasilkan listrik secara pribadi, namun konsumsi listrik yang dibutuhkan perusahaan ini sangatlah besar. Sehingga perusahaan ini juga menggunakan listrik dari pihak lain (PLN). Data aktivitas yang

digunakan dalam menghitung emisi sektor industri adalah menggunakan data jumlah produksi amonia dan jumlah konsumsi listrik (PLN) di PT Petrokimia Gresik. Data jumlah produksi amonia dan konsumsi listrik dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan 4.8.

**Tabel 4. 7 Jumlah Produksi Amonia**

Tahun	Produksi Amonia
	ton
2011	428085,90
2012	390308,00
2013	464757,00
2014	424000,00
2015	429015,00
2016	429192,00

Sumber: Statistik PT Petrokimia Gresik

**Tabel 4. 8 Jumlah Konsumsi Listrik**

Tahun	Pemakaian Listrik
	MWH
2011	35.021,68
2012	77.565
2013	103.186
2014	97.058
2015	67.722
2016	95.763

Sumber: Statistik PT Petrokimia Gresik

### 4.3 Data Aktivitas Sektor Limbah

Emisi gas rumah kaca selain dihasilkan dari sektor energi dan industri, juga dihasilkan dari sektor limbah yaitu pengelolaan limbah cair. PT Petrokimia Gresik menghasilkan limbah cair berupa limbah domestik dan limbah cair industri. Limbah domestik dihasilkan dari aktivitas sanitasi para pekerja PT Petrokimia Gresik yang akan dikumpulkan secara komunal pada

*open ditch*. Selain dari limbah domestik yang dihasilkan oleh PT Petrokimia Gresik, *open ditch* juga menampung limbah domestik dari perumahan, perkantoran, dan perusahaan lain. Sehingga dalam penelitian ini tidak membahas mengenai data aktivitas limbah domestik PT Petrokimia Gresik, karena dalam proses pengelolaan limbah domestik sudah tercampur dengan limbah domestik dari pihak lain.

Sedangkan limbah cair industri berasal dari sisa aktivitas produksi pabrik 1, 2, dan 3. Dalam proses pengelolaan limbah cair industri, pada masing-masing pabrik dilakukan *pretreatment* dan kemudian akan disalurkan pada pengolahan limbah secara komunal dari pabrik 1 hingga 3, yaitu *neutralization dan Settling Basin (equalizers)*.

Dalam menghitung emisi gas rumah kaca dari limbah cair industri dibutuhkan data konsentrasi COD dan debit air limbah. Data karakteristik dan debit limbah cair industri dapat dilihat pada Tabel 4.9.

**Tabel 4. 9 Karakteristik Limbah Cair Industri**

Tahun	COD		Debit	
	inlet (mg/l)	outlet (mg/l)	(m <sup>3</sup> /tahun)	L/tahun
2014	1035555,61	3408,08	2435136,00	2435136000
2015	3419,44	3212,95	2847934,60	2847934600
2016	12552,45	5640,83	6479314,29	6479314286

Sumber: Statistik PT Petrokimia Gresik

#### 4.4 Perhitungan Beban Emisi Sektor Energi

Emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari sektor energi difokuskan pada emisi CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>. Emisi tersebut dihasilkan dari dua sumber yaitu sumber tidak bergerak (stasioner) dan sumber bergerak. Sumber tidak bergerak dihasilkan dari proses pembakaran batubara, solar, dan penggunaan gas alam untuk produksi. Sedangkan untuk sumber bergerak dihasilkan dari transportasi.

##### 4.4.2 Sumber Tidak Bergerak (Stasioner)

Berdasarkan data yang diperoleh dari PT Petrokimia Gresik maka untuk menghitung emisi GRK menggunakan metode dengan tingkat ketelitian (Tier) 1, dengan

menggunakan faktor emisi dari IPCC. Sesuai dengan persamaan 3.4 diperoleh beban emisi CO<sub>2</sub> Batubara pada tahun 2016 dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Emissions_{GHG, fuel} &= Fuel\ Consumption_{fuel} \times Emission\ Factor_{GHG, fuel} \\
 &= 259662,89\ ton_{(batubara)} \times 0,0171TJ/ton_{(batubara)} \times \\
 &96100\ kg\ CO_2/TJ \\
 &= 428064099,8\ kg\ CO_2/Tahun \\
 &= 428,06\ kTon\ CO_2/Tahun
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari pembakaran batubara pada Tahun 2016 sebanyak 428,06 kTon CO<sub>2</sub>/Tahun. Perhitungan emisi GRK yang dihasilkan dari pembakaran batubara dari Tahun 2011 hingga 2016 dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Dari Tabel 4.10, dapat diketahui bahwa hasil emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari proses penggunaan batubara sebagai bahan bakar per tahunnya. Kemudian data emisi CO<sub>2</sub> penggunaan batubara per tahun harus dibagi dengan jumlah produk yang dihasilkan dalam tahun yang sama. Hal ini dikarenakan bahwa emisi yang dihasilkan agar sesuai dengan produk yang dihasilkan juga. Jumlah produk pupuk yang dihasilkan oleh PT Petrokimia Gresik pada Tahun 2011 hingga 2016 dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Contoh perhitungan beban emisi CO<sub>2</sub> batubara 2016 tiap satuan produk :

$$\begin{aligned}
 E_{\text{tiap satuan produksi gas}} &= \frac{\text{Beban Emisi}}{\text{Jumlah Produksi}} \\
 &= \frac{428,06\ kTon\ CO_2/tahun}{6865,86\ kTon/tahun} \\
 &= 0,0623\ kTon\ CO_2/kTon\ produk
 \end{aligned}$$

**Tabel 4. 10 Beban Emisi CO<sub>2</sub> Pembakaran Batubara**

Tahun	Jumlah konsumsi	Faktor Konversi	Jumlah Konsumsi	Faktor Emisi	Emisi CO <sub>2</sub>	Emisi CO <sub>2</sub>	
	(ton)	(TJ/ton)	(TJ)	(kg CO <sub>2</sub> /TJ)	kg CO <sub>2</sub>	(ton CO <sub>2</sub> )	(kton CO <sub>2</sub> )
2011	215.228,47	0,0171	3692,115266	96100	354812277	354812,277	354,81
2012	241.356,58	0,0171	4140,327333	96100	397885456,7	397885,457	397,89
2013	266.847,59	0,0171	4577,610333	96100	439908353	439908,353	439,91
2014	286.989,26	0,0171	4923,12849	96100	473112647,9	473112,648	473,11
2015	193.383,57	0,0171	3317,379113	96100	318800132,8	318800,133	318,80
2016	259.662,89	0,0171	4454,36108	96100	428064099,8	428064,100	428,06

*Sumber: Hasil Perhitungan*

**Tabel 4. 11 Jumlah Produksi Pupuk**

Tahun	Jumlah Produk
	kton
2011	5432,430
2012	6031,411
2013	5945,405
2014	6128,616
2015	6255,625
2016	6865,857

Sumber: Statistik PT Petrokimia Gresik

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa beban emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari penggunaan batubara per produk pada Tahun 2016 sebesar 0,0623 kTon CO<sub>2</sub>/kTon produk. Perhitungan Beban emisi yang telah dibagi produk dapat dilihat pada Tabel 4.12.

**Tabel 4. 12 Beban Emisi CO<sub>2</sub> per Produk**

Tahun	Emisi CO <sub>2</sub>	Jumlah Produk	Emisi CO <sub>2</sub>	
	(kton CO <sub>2</sub> )	kton	kton CO <sub>2</sub> /produk	ton CO <sub>2</sub> /produk
2011	354,81	5432,43	0,0653	65,314
2012	397,89	6031,41	0,0660	65,969
2013	439,91	5945,41	0,0740	73,991
2014	473,11	6128,62	0,0772	77,197
2015	318,80	6255,63	0,0510	50,962
2016	428,06	6865,86	0,0623	62,347

Sumber: Hasil Perhitungan

Kemudian untuk menghitung beban emisi CO<sub>2</sub> dari penggunaan gas alam juga menggunakan persamaan 3.4. Karena satuan gas alam mmbtu maka harus dikonversi kedalam satuan giga joule (GJ) dan kemudian dijadikan kedalam tera joule (TJ). Perhitungan emisi CO<sub>2</sub> penggunaan gas alam pada tahun 2016 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\text{Konsumsi gas alam} &= 12703548,19 \text{ mmbtu}_{(\text{gas alam})} \times 1,05587 \\
&= 13413295,43 \text{ GJ}_{(\text{gas alam})} \\
&= 13413,30 \text{ TJ}_{(\text{gas alam})}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Emissions_{GHG, fuel} &= \text{Fuel Consumption}_{fuel} \times \text{Emission Factor}_{GHG, fuel} \\
&= 13413,3 \text{ TJ}_{(\text{gas alam})} \times 56100 \text{ kg CO}_2/\text{TJ}_{(\text{gas alam})} \\
&= 752485873,71 \text{ kg CO}_2/\text{Tahun} \\
&= 752,49 \text{ kTon CO}_2/\text{Tahun}
\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari penggunaan gas alam pada Tahun 2016 sebanyak 752,49 kTon CO<sub>2</sub>/Tahun. Perhitungan emisi GRK yang dihasilkan dari penggunaan gas alam dari Tahun 2011 hingga 2016 dapat dilihat pada Tabel 4.13. Sedangkan untuk perhitungan beban emisi yang telah dibagi produk dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Selanjutnya untuk menghitung beban emisi CO<sub>2</sub> dari penggunaan solar juga menggunakan persamaan 3.4. Karena satuan solar liter maka harus dikonversi kedalam satuan tera joule (TJ), yaitu mengalikan dengan nilai kalor (TJ/Liter). Perhitungan emisi CO<sub>2</sub> penggunaan solar pada tahun 2016 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\text{Konsumsi solar} &= 362134 \text{ liter} \times 38 \times 10^{-6} \text{ TJ/liter} \\
&= 13,76 \text{ TJ}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Emissions_{GHG, fuel} &= \text{Fuel Consumption}_{fuel} \times \text{Emission Factor}_{GHG, fuel} \\
&= 13,76 \text{ TJ} \times 74100 \text{ kg CO}_2/\text{TJ} \\
&= 1019696,92 \text{ kg CO}_2/\text{Tahun} \\
&= 1,02 \text{ kTon CO}_2/\text{Tahun}
\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari penggunaan solar pada Tahun 2016 sebanyak 1,02 kTon CO<sub>2</sub>/Tahun. Perhitungan emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari penggunaan solar dari Tahun 2011 hingga 2016 dapat dilihat pada Tabel 4.15.

**Tabel 4. 13 Beban Emisi CO<sub>2</sub> Penggunaan Gas Alam**

Tahun	Jumlah			Faktor Emisi (kg CO <sub>2</sub> /TJ)	Emisi CO <sub>2</sub> kg CO <sub>2</sub>	Emisi CO <sub>2</sub>	
	MMBTU	GJ	TJ			(ton CO <sub>2</sub> )	(kton CO <sub>2</sub> )
2011	11518665,05	12.162.212,87	12.162,21	56100	682.300.141,83	682.300,14	682,30
2012	11845469,47	12507275,85	12.507,28	56100	701.658.175,20	701.658,18	701,66
2013	13261394,75	14002308,87	14.002,31	56100	785.529.527,57	785.529,53	785,53
2014	11795095,61	12454087,6	12.454,09	56100	698.674.314,22	698.674,31	698,67
2015	12563037,04	13264933,92	13.264,93	56100	744.162.792,82	744.162,79	744,16
2016	12703548,19	13413295,43	13.413,30	56100	752.485.873,71	752.485,87	752,49

*Sumber: Hasil Perhitungan*

**Tabel 4. 14 Beban Emisi CO<sub>2</sub> per Produk**

Tahun	Emisi CO <sub>2</sub>	Jumlah Produk kton	Emisi CO <sub>2</sub>	
	(kton CO <sub>2</sub> )		kton CO <sub>2</sub> /kton produk	ton CO <sub>2</sub>
2011	682,30	5432,43	0,1256	125,597
2012	701,66	6031,41	0,1163	116,334
2013	785,53	5945,41	0,1321	132,123

Tahun	Emisi CO <sub>2</sub>	Jumlah Produk	Emisi CO <sub>2</sub>	
	(kton CO <sub>2</sub> )	kton	kton CO <sub>2</sub> /kton produk	ton CO <sub>2</sub>
2014	698,67	6128,62	0,1140	114,002
2015	744,16	6255,63	0,1190	118,959
2016	752,49	6865,86	0,1096	109,598

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 4. 15 Beban Emisi CO<sub>2</sub> Penggunaan Solar**

Tahun	Jumlah	Nilai Kalor	Jumlah	Faktor Emisi	Emisi CO <sub>2</sub>	Emisi CO <sub>2</sub>	
	Liter	TJ/liter	TJ	(kg CO <sub>2</sub> /TJ)	kg CO <sub>2</sub>	(ton CO <sub>2</sub> )	(kton CO <sub>2</sub> )
2011	5318287	0,000038	202,09	74100	14.975.232,53	14.975,23	14,98
2012	6205802	0,000038	235,82	74100	17.474.297,27	17.474,30	17,47
2013	1848365	0,000038	70,24	74100	5.204.626,17	5.204,63	5,20
2014	930707	0,000038	35,37	74100	2.620.684,77	2.620,68	2,62
2015	50060	0,000038	1,90	74100	140.958,95	140,96	0,14
2016	362134	0,000038	13,76	74100	1.019.696,92	1.019,70	1,02

Sumber: Hasil Perhitungan

Sedangkan untuk perhitungan Beban emisi yang telah dibagi produk dapat dilihat pada Tabel 4.16.

**Tabel 4. 16 Beban Emisi CO<sub>2</sub> per Produk**

Tahun	Emisi CO <sub>2</sub>	Jumlah Produk	Emisi CO <sub>2</sub>	
	(kton CO <sub>2</sub> )	kton	kton CO <sub>2</sub> /kton produk	ton CO <sub>2</sub>
2011	14,98	5432,43	0,0028	2,756
2012	17,47	6031,41	0,0029	2,897
2013	5,20	5945,41	0,0009	0,875
2014	2,62	6128,62	0,0004	0,427
2015	0,14	6255,63	0,00002	0,022
2016	1,02	6865,86	0,0001	0,148

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Selain emisi CO<sub>2</sub>, sumber stasioner juga menyumbang emisi CH<sub>4</sub> dalam proses pembakarannya. Pada penelitian ini digunakan faktor emisi default dari IPCC dan menggunakan Tier 1 untuk menghitung beban emisi CH<sub>4</sub>. Sesuai dengan persamaan 3.4 diperoleh beban emisi CH<sub>4</sub> Batubara pada tahun 2016 dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Emissions}_{GHG, fuel} &= \text{Fuel Consumption}_{fuel} \times \text{Emission Factor}_{GHG, fuel} \\
 &= 259662,89 \text{ ton} \times 0,017154 \text{ TJ/ton} \times 10 \text{ kg} \\
 &\quad \text{CH}_4/\text{TJ} \\
 &= 44543,611 \text{ kg CH}_4/\text{Tahun} \\
 &= 0,044 \text{ kTon CH}_4/\text{Tahun}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa emisi CH<sub>4</sub> yang dihasilkan dari pembakaran batubara pada Tahun 2016 sebanyak 0,044 kTon CH<sub>4</sub>/Tahun. Perhitungan emisi CH<sub>4</sub> yang dihasilkan dari pembakaran batubara dari Tahun 2011 hingga 2016 dapat dilihat pada Tabel 4.17.

**Tabel 4. 17 Beban Emisi CH<sub>4</sub> Penggunaan Batubara**

Tahun	Jumlah konsumsi	Faktor Konversi	Jumlah Konsumsi	Faktor Emisi	Emisi CH <sub>4</sub>	Emisi CH <sub>4</sub>	
	(ton)	( TJ/ton)	(TJ)	(kg CH <sub>4</sub> /TJ)	(kg CH <sub>4</sub> )	(ton CH <sub>4</sub> )	kton
2011	215.228,47	0,017154	3692,115266	10	36921,153	36,921	0,036921
2012	241.356,58	0,017154	4140,327333	10	41403,273	41,403	0,041403
2013	266.847,59	0,017154	4577,610333	10	45776,103	45,776	0,045776
2014	286.989,26	0,017154	4923,12849	10	49231,285	49,231	0,049231
2015	193.383,57	0,017154	3317,379113	10	33173,791	33,174	0,033174
2016	259.662,89	0,017154	4454,36108	10	44543,611	44,544	0,044544

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Dari Tabel 4.17, dapat diketahui bahwa hasil emisi CH<sub>4</sub> yang dihasilkan dari proses penggunaan batubara sebagai bahan bakar per tahunnya. Kemudian data emisi CH<sub>4</sub> penggunaan batubara per tahun harus dibagi dengan jumlah produk yang dihasilkan dalam tahun yang sama. Hal ini dikarenakan bahwa emisi yang dihasilkan agar sesuai dengan produk yang dihasilkan juga. Contoh perhitungan beban emisi CH<sub>4</sub> dari penggunaan batubara 2016 tiap satuan produk :

$$\begin{aligned}
 E_{\text{tiap satuan produksi gas}} &= \frac{\text{Beban Emisi}}{\text{Jumlah Produksi}} \\
 &= \frac{44,544 \text{ Ton CH}_4/\text{tahun}}{6865857 \text{ Ton/tahun}} \\
 &= 6,48 \times 10^{-6} \text{ Ton CH}_4/\text{Ton produk}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa beban emisi CH<sub>4</sub> yang dihasilkan dari penggunaan batubara per produk pada Tahun 2016 sebesar  $6,48 \times 10^{-6}$  Ton CH<sub>4</sub>/Ton produk. Perhitungan Beban emisi yang telah dibagi produk dapat dilihat pada Tabel 4.18.

**Tabel 4. 18 Beban Emisi CH<sub>4</sub> per Produk**

Tahun	Emisi CH <sub>4</sub>	Produk	Emisi	
	ton CH <sub>4</sub>	ton	ton CH <sub>4</sub> /ton produk	kg CH <sub>4</sub> /kg produk
2011	36,92	5432430	$6,79 \times 10^{-6}$	0,0068
2012	41,40	6031411	$6,86 \times 10^{-6}$	0,0069
2013	45,78	5945405	$7,69 \times 10^{-6}$	0,0077
2014	49,23	6128616	$8,03 \times 10^{-6}$	0,0080
2015	33,17	6255625	$5,30 \times 10^{-6}$	0,0053
2016	44,54	6865857	$6,48 \times 10^{-6}$	0,0064

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Kemudian untuk menghitung beban emisi CH<sub>4</sub> dari penggunaan gas alam juga menggunakan persamaan 3.4. Karena satuan gas alam mmbtu maka harus dikonversi kedalam satuan giga joule (GJ) dan kemudian dijadikan kedalam tera joule (TJ). Perhitungan emisi CH<sub>4</sub> penggunaan gas alam pada tahun 2016 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi gas alam} &= 12703548,19 \text{ mmbtu} \times 1,05587 \\ &= 13413295,43 \text{ GJ} \\ &= 13413,30 \text{ TJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emissions}_{\text{GHG},\text{fuel}} &= \text{Fuel Consumption}_{\text{fuel}} \times \text{Emission Factor}_{\text{GHG},\text{fuel}} \\ &= 13413,29 \text{ TJ} \times 1 \text{ kg CH}_4/\text{TJ} \\ &= 13413,29 \text{ kg CH}_4/\text{Tahun} \\ &= 0,0134 \text{ kTon CH}_4/\text{Tahun} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa emisi CH<sub>4</sub> yang dihasilkan dari penggunaan gas alam pada Tahun 2016 sebanyak 0,0134 kTon CH<sub>4</sub>/Tahun. Perhitungan emisi CH<sub>4</sub> yang dihasilkan dari penggunaan gas alam dari Tahun 2011 hingga 2016 dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Kemudian data emisi CH<sub>4</sub> penggunaan batubara per tahun harus dibagi dengan jumlah produk yang dihasilkan dalam tahun yang sama. Hal ini dikarenakan bahwa emisi yang dihasilkan agar sesuai dengan produk yang dihasilkan juga. Perhitungan beban emisi penggunaan gas alam yang telah dibagi produk dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Selanjutnya untuk menghitung beban emisi CH<sub>4</sub> dari penggunaan solar juga menggunakan persamaan 3.4. Karena satuan solar liter maka harus dikonversi kedalam satuan tera joule (TJ), yaitu mengalikan dengan nilai kalor (TJ/Liter). Perhitungan emisi CH<sub>4</sub> penggunaan solar pada tahun 2016 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi solar} &= 362134 \text{ liter} \times 38 \times 10^{-6} \\ &= 13,76 \text{ TJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emissions}_{\text{GHG},\text{fuel}} &= \text{Fuel Consumption}_{\text{fuel}} \times \text{Emission Factor}_{\text{GHG},\text{fuel}} \\ &= 13,76 \text{ TJ} \times 3 \text{ kg CH}_4/\text{TJ} \\ &= 41,28 \text{ kg CH}_4/\text{Tahun} \\ &= 0,000041 \text{ kTon CO}_2/\text{Tahun} \end{aligned}$$

**Tabel 4. 19 Beban Emisi CH<sub>4</sub> Penggunaan Gas Alam**

Tahun	Jumlah			Faktor Emisi	Emisi CH <sub>4</sub>	Emisi CH <sub>4</sub>	
	MMBTU	GJ	TJ	(kg CH <sub>4</sub> /TJ)	(kg CH <sub>4</sub> )	(ton CH <sub>4</sub> )	kton
2011	11518665,05	12162212,87	12162,21287	1	12162,213	12,162	0,012162
2012	11845469,47	12507275,85	12507,27585	1	12507,276	12,507	0,012507
2013	13261394,75	14002308,87	14002,30887	1	14002,309	14,002	0,014002
2014	11795095,61	12454087,6	12454,0876	1	12454,088	12,454	0,012454
2015	12563037,04	13264933,92	13264,93392	1	13264,934	13,265	0,013265
2016	12703548,19	13413295,43	13413,29543	1	13413,295	13,413	0,013413

*Sumber: Hasil Perhitungan*

**Tabel 4. 20 Beban Emisi CH<sub>4</sub> per Produk**

Tahun	Emisi CH <sub>4</sub>	Produk ton	Emisi	
	ton CH <sub>4</sub>		ton CH <sub>4</sub> /ton produk	kg CH <sub>4</sub> /kg produk
2011	12,16	5432430	$2,23 \times 10^{-6}$	0,0022
2012	12,51	6031411	$2,07 \times 10^{-6}$	0,0021
2013	14,00	5945405	$2,35 \times 10^{-6}$	0,0024
2014	12,45	6128616	$2,03 \times 10^{-6}$	0,0020
2015	13,26	6255625	$2,12 \times 10^{-6}$	0,0021
2016	13,41	6865857	$1,95 \times 10^{-6}$	0,0020

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa emisi CH<sub>4</sub> yang dihasilkan dari penggunaan solar pada Tahun 2016 sebanyak 0,000041 kTon CH<sub>4</sub>/Tahun. Perhitungan emisi CH<sub>4</sub> yang dihasilkan dari penggunaan solar dari Tahun 2011 hingga 2016 dapat dilihat pada Tabel 4.21. Sedangkan perhitungan beban emisi penggunaan solar yang telah dibagi produk dapat dilihat pada Tabel 4.22.

**Tabel 4. 21 Beban Emisi CH<sub>4</sub> Penggunaan Solar**

Tahun	Jumlah	Faktor Emisi	Emisi CH <sub>4</sub>	Emisi CH <sub>4</sub>	
	TJ	(kg CH <sub>4</sub> /TJ)	kg CH <sub>4</sub>	(ton CH <sub>4</sub> )	(kton CH <sub>4</sub> )
2011	202,09	3	606,28	0,61	0,0006
2012	235,82	3	707,46	0,71	0,0007
2013	70,24	3	210,71	0,21	0,0002
2014	35,37	3	106,10	0,11	0,0001
2015	1,90	3	5,71	0,01	$5,7 \times 10^{-6}$
2016	13,76	3	41,28	0,04	0,00004

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 4. 22 Beban Emisi CH<sub>4</sub> per Produk**

Tahun	Emisi CH <sub>4</sub>	Produk	Emisi	
	ton CH <sub>4</sub>		ton	ton CH <sub>4</sub> /ton produk
2011	0,61	5432430	$1,11 \times 10^{-7}$	$1,11 \times 10^{-4}$
2012	0,71	6031411	$1,17 \times 10^{-7}$	$1,17 \times 10^{-4}$
2013	0,21	5945405	$3,54 \times 10^{-8}$	$3,54 \times 10^{-5}$
2014	0,11	6128616	$1,73 \times 10^{-8}$	$1,73 \times 10^{-5}$
2015	0,01	6255625	$9,12 \times 10^{-10}$	$9,12 \times 10^{-7}$
2016	0,04	6865857	$6,01 \times 10^{-9}$	$6,01 \times 10^{-6}$

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Dari hasil perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa nilai emisi CH<sub>4</sub> yang dihasilkan jauh lebih kecil dibandingkan dengan emisi CO<sub>2</sub>. Gas metan dihasilkan dari proses pembakaran tidak sempurna dari senyawa hidrokarbon yang terkandung di dalam bahan bakar tersebut. Jumlah gas metan yang dihasilkan juga tergantung dengan temperatur boiler (IPCC, 2006).

Selain menghitung emisi GRK, penelitian ini juga menghitung beban emisi polutan. Polutan yang dihitung adalah SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, dan CO. Perhitungan beban emisi polutan pada tahun 2016 pada penggunaan batubara adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Beban Emisi SO}_2 &= \text{Data Aktivitas} \times \text{Faktor Emisi} \\
 &= 4454,36108 \times 2142,857 \text{ kTon SO}_2/\text{TJ} \\
 &= 9545059,458 \text{ kTon SO}_2/\text{tahun} \\
 &= 9545059458 \text{ ton SO}_2/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_{\text{tiap satuan produksi gas}} &= \frac{\text{Beban Emisi}}{\text{Jumlah Produksi}} \\
 &= \frac{9545059458 \text{ Ton SO}_2/\text{tahun}}{6865857 \text{ Ton/tahun}} \\
 &= 1390,22 \text{ ton SO}_2/\text{ton produk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban Emisi NO}_x &= \text{Data Aktivitas} \times \text{Faktor Emisi} \\
 &= 4454,36108 \times 300 \text{ kg NO}_x/\text{TJ} \\
 &= 1336308 \text{ kg NO}_x/\text{tahun} \\
 &= 1336,308 \text{ Ton NO}_x/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_{\text{tiap satuan produksi gas}} &= \frac{\text{Beban Emisi}}{\text{Jumlah Produksi}} \\
 &= \frac{1336,138 \text{ Ton NO}_x/\text{tahun}}{6865857 \text{ Ton/tahun}} \\
 &= 0,00019 \text{ ton NO}_x/\text{ton produk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban Emisi CO} &= \text{Data Aktivitas} \times \text{Faktor Emisi} \\
 &= 4454,36108 \times 150 \text{ kg NO}_x/\text{TJ} \\
 &= 668154,2 \text{ kg NO}_x/\text{tahun} \\
 &= 668,154 \text{ Ton NO}_x/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_{\text{tiap satuan produksi gas}} &= \frac{\text{Beban Emisi}}{\text{Jumlah Produksi}} \\
 &= \frac{668,154 \text{ Ton CO/tahun}}{6865857 \text{ Ton/tahun}} \\
 &= 0,0001 \text{ ton CO/ton produk}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan beban emisi SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, dan CO dapat dilihat pada Tabel 4. 23 hingga 4.31.

**Tabel 4. 23 Beban Emisi SO<sub>2</sub> Penggunaan Batubara**

BATUBARA							
Tahun	Jumlah konsumsi	Faktor Konversi	Jumlah Konsumsi	EF	Emisi Polutan		
	(ton)	(TJ/ton)	(TJ)	kton/TJ	kton	ton	ton SO <sub>2</sub> /ton produk
2011	215228,47	0,0171544	3692,115266	2142,857	7911675,57	7911675569,50	1456,38
2012	241356,581	0,0171544	4140,327333	2142,857	8872130,00	8872129999,51	1470,99
2013	266847,592	0,0171544	4577,610333	2142,857	9809165,00	9809164998,68	1649,87
2014	286989,2558	0,0171544	4923,12849	2142,857	10549561,05	10549561049,81	1721,36
2015	193383,57	0,0171544	3317,379113	2142,857	7108669,53	7108669528,30	1136,36
2016	259662,89	0,0171544	4454,36108	2142,857	9545059,46	9545059457,61	1390,22

*Sumber: Hasil Perhitungan*

**Tabel 4. 24 Beban Emisi SO<sub>2</sub> Penggunaan Gas Alam**

GAS ALAM							
Tahun	Jumlah			EF	Emisi Polutan		
	MMBTU	GJ	TJ	kton/TJ	kton	ton	ton SO <sub>2</sub> /ton produk
2011	11518665,05	12162212,87	12162,21287	0,251919	3063,891	3063891,452	0,564
2012	11845469,47	12507275,85	12507,27585	0,251919	3150,819	3150819,344	0,522
2013	13261394,75	14002308,87	14002,30887	0,251919	3527,446	3527446,438	0,593
2014	11795095,61	12454087,6	12454,0876	0,251919	3137,420	3137420,217	0,512
2015	12563037,04	13264933,92	13264,93392	0,251919	3341,688	3341687,742	0,534
2016	12703548,19	13413295,43	13413,29543	0,251919	3379,063	3379062,813	0,492

*Sumber: Hasil Perhitungan*

**Tabel 4. 25 Beban Emisi SO<sub>2</sub> Penggunaan Solar**

SOLAR							
Tahun	Jumlah	Nilai Kalor	Jumlah	EF	Emisi Polutan		
	Liter	TJ/liter	TJ	kton/TJ	kton	ton	ton SO <sub>2</sub> /ton produk
2011	5318287	0,000038	202,094906	461,574	93281,748	93281747,519	17,171
2012	6205802	0,000038	235,820476	461,574	108848,593	108848592,661	18,047

SOLAR							
Tahun	Jumlah	Nilai Kalor	Jumlah	EF	Emisi Polutan		
	Liter	TJ/liter	TJ	kton/TJ	kton	ton	ton SO <sub>2</sub> /ton produk
2013	1848365	0,000038	70,23787	461,574	32419,972	32419972,306	5,453
2014	930707	0,000038	35,366866	461,574	16324,425	16324424,648	2,664
2015	50060	0,000038	1,90228	461,574	878,043	878042,926	0,140
2016	362134	0,000038	13,761092	461,574	6351,762	6351761,828	0,925

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4. 26 Beban Emisi NO<sub>x</sub> Penggunaan Batubara

BATUBARA							
Tahun	Jumlah konsumsi	Faktor Konversi	Jumlah Konsumsi	EF	Emisi Polutan		
	(ton)	(TJ/ton)	(TJ)	kg/TJ	kg NO <sub>x</sub>	ton NO <sub>x</sub>	ton NO <sub>x</sub> /ton produk
2011	215228,47	0,017154	3692,115	300	1107635	1107,635	0,00020
2012	241356,581	0,017154	4140,327	300	1242098	1242,098	0,00021
2013	266847,592	0,017154	4577,61	300	1373283	1373,283	0,00023
2014	286989,2558	0,017154	4923,128	300	1476939	1476,939	0,00024
2015	193383,57	0,017154	3317,379	300	995213,7	995,214	0,00016

BATUBARA							
Tahun	Jumlah konsumsi	Faktor Konversi	Jumlah Konsumsi	EF	Emisi Polutan		
	(ton)	(TJ/ton)	(TJ)	kg/TJ	kg NO <sub>x</sub>	ton NO <sub>x</sub>	ton NO <sub>x</sub> /ton produk
2016	259662,89	0,017154	4454,361	300	1336308	1336,308	0,00019

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4. 27 Beban Emisi NO<sub>x</sub> Penggunaan Gas Alam

GAS ALAM							
Tahun	Jumlah			EF	Emisi Polutan		
	MMBTU	GJ	TJ	kg/TJ	kg NO <sub>x</sub>	ton NO <sub>x</sub>	ton NO <sub>x</sub> /ton produk
2011	11518665,05	12162213	12162,21	53	644597,3	644,597	0,00012
2012	11845469,47	12507276	12507,28	53	662885,6	662,886	0,00011
2013	13261394,75	14002309	14002,31	53	742122,4	742,122	0,00012
2014	11795095,61	12454088	12454,09	53	660066,6	660,067	0,00011
2015	12563037,04	13264934	13264,93	53	703041,5	703,041	0,00011
2016	12703548,19	13413295	13413,3	53	710904,7	710,905	0,00010

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4. 28 Beban Emisi NO<sub>x</sub> Penggunaan Solar

SOLAR							
Tahun	Jumlah	Nilai Kalor	Jumlah	EF	Emisi Polutan		
	Liter	TJ/liter	TJ	kg/TJ	kg NO <sub>x</sub>	ton NO <sub>x</sub>	ton NO <sub>x</sub> /ton produk
2011	5318287	0,000038	202,0949	222	44865,07	44,865	8,26x10 <sup>-6</sup>
2012	6205802	0,000038	235,8205	222	52352,15	52,352	8,68x10 <sup>-6</sup>
2013	1848365	0,000038	70,23787	222	15592,81	15,593	2,62x10 <sup>-6</sup>
2014	930707	0,000038	35,36687	222	7851,444	7,851	1,28x10 <sup>-6</sup>
2015	50060	0,000038	1,90228	222	422,3062	0,422	6,75x10 <sup>-8</sup>
2016	362134	0,000038	13,76109	222	3054,962	3,055	4,45x10 <sup>-7</sup>

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4. 29 Beban Emisi CO Penggunaan Batubara

BATUBARA							
Tahun	Jumlah konsumsi	Faktor Konversi	Jumlah Konsumsi	EF	Emisi Polutan		
	(ton)	(TJ/ton)	(TJ)	kg/TJ	kg CO/tahun	ton CO/tahun	ton CO/ton produk
2011	215228,5	0,017154	3692,115	150	553817,3	553,817	0,00010
2012	241356,6	0,017154	4140,327	150	621049,1	621,049	0,00010
2013	266847,6	0,017154	4577,61	150	686641,5	686,642	0,00012

BATUBARA							
Tahun	Jumlah konsumsi	Faktor Konversi	Jumlah Konsumsi	EF	Emisi Polutan		
	(ton)	(TJ/ton)	(TJ)	kg/TJ	kg CO/tahun	ton CO/tahun	ton CO/ton produk
2014	286989,3	0,017154	4923,128	150	738469,3	738,469	0,00012
2015	193383,6	0,017154	3317,379	150	497606,9	497,607	0,00008
2016	259662,9	0,017154	4454,361	150	668154,2	668,154	0,00010

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 4. 30 Beban Emisi CO Penggunaan Gas Alam**

GAS ALAM							
Tahun	Jumlah			EF	Emisi Polutan		
	MMBTU	GJ	TJ	kg/TJ	kg CO/tahun	ton CO/tahun	ton CO/ton produk
2011	11518665	12162213	12162,21	2000	24324426	24324,43	0,0045
2012	11845469	12507276	12507,28	2000	25014552	25014,55	0,0041
2013	13261395	14002309	14002,31	2000	28004618	28004,62	0,0047
2014	11795096	12454088	12454,09	2000	24908175	24908,18	0,0041
2015	12563037	13264934	13264,93	2000	26529868	26529,87	0,0042
2016	12703548	13413295	13413,3	2000	26826591	26826,59	0,0039

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4. 31 Beban Emisi CO

SOLAR							
Tahun	Jumlah	Nilai Kalor	Jumlah	EF	Emisi Polutan		
	Liter	TJ/liter	TJ	kg/TJ	kg CO/tahun	ton CO/tahun	ton CO/ton produk
2011	5318287	0,000038	202,0949	15	3031,424	3,031	$5,58 \times 10^{-7}$
2012	6205802	0,000038	235,8205	15	3537,307	3,537	$5,86 \times 10^{-7}$
2013	1848365	0,000038	70,23787	15	1053,568	1,054	$1,77 \times 10^{-7}$
2014	930707	0,000038	35,36687	15	530,503	0,531	$8,66 \times 10^{-8}$
2015	50060	0,000038	1,90228	15	28,5342	0,029	$4,56 \times 10^{-9}$
2016	362134	0,000038	13,76109	15	206,4164	0,206	$3,01 \times 10^{-8}$

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.4.3 Sumber Bergerak (Transportasi)

Perhitungan emisi GRK pada sumber bergerak meliputi aktivitas transportasi darat, yaitu dengan cara menghitung jumlah kendaraan yang melintas pada saat jam pulang dan perginya karyawan. Perhitungan beban emisi yang dihasilkan dari aktivitas transportasi darat diperoleh dari persamaan 3.2. Dimana persamaan tersebut dibutuhkan data jumlah kendaraan, panjang jalan, dan faktor emisi.

Faktor emisi yang digunakan merupakan faktor emisi Indonesia sesuai dengan jenis kendaraannya, dapat dilihat pada Tabel 3.1. Karena untuk faktor emisi CO<sub>2</sub> yang digunakan memiliki satuan g/kg BBM. Maka dibutuhkan data densitas (kg/L) masing-masing bahan bakar serta konsumsi energi spesifik (L/km) untuk tiap jenis kendaraan bermotor. Data densitas dan konsumsi energi spesifik terdapat pada Tabel 3.2 dan 3.3. Perhitungan emisi CO<sub>2</sub> pada kendaraan bermotor (mobil) di Pabrik 1 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} E_{\text{mobil}} &= VKT_{ji} \times EF_{cj} (100-C)/100 \\ &= (Q \times L) \times (EF \times \text{Densitas} \times K) \times (100-C)/100 \\ &= (33984 \text{ kendaraan/thn} \times 0,25 \text{ km}) \times (3180 \text{ g/kg} \\ &\quad \times 0,72 \text{ kg/L} \times 11,79 \text{ L/100km} \times 1 \\ &= 3775758 \text{ g/tahun} \\ &= 3775,76 \text{ kg/tahun} \\ &= 0,003776 \text{ kTon/tahun} \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan bahwa emisi mobil berbahan bakar bensin di Pabrik 1 adalah 0,003776 kTon CO<sub>2</sub>/tahun. Perhitungan beban emisi CO<sub>2</sub> dari transportasi darat pada Pabrik 1, 2, dan 3 secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.32 hingga 4.34.

**Tabel 4. 32 Beban Emisi CO<sub>2</sub> Sumber Bergerak di Pabrik 1**

Jenis Kendaraan	Q	Q	L	VKT	EF	Densitas	K	E	E
	kendaraan/bulan	kendaraan/tahun	km	km/tahun	g/kg	kg/L	L/100km	g/tahun	kg/tahun
a	b	c = b x 12	d	e	f	g	h	$i = (e \times f \times g \times h) / 100$	$j = i / 1000$
Bus	4	48	0,75	36,00	3172	0,84	16,89	16201	16,20
Truk	3168	38016	0,75	28512,00	3172	0,84	15,82	12018399	12018,40
Mobil (bensin)	2832	33984	0,25	8326,08	3180	0,72	11,79	2247574	2247,57
Mobil (solar)	736	8832	0,25	2208,00	3172	0,84	11,36	668328	668,33
Pick up	1152	13824	0,75	10368,00	3172	0,84	10,64	2939335	2939,33
Sepeda motor	30440	365280	0,29	105931,20	3180	0,72	2,66	6451566	6451,57

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 4. 33 Beban Emisi CO<sub>2</sub> Sumber Bergerak di Pabrik 2**

Jenis Kendaraan	Q	Q	L	VKT	EF	Densitas	K	E	E
	kendaraan/bulan	kendaraan/tahun	km	km/tahun	g/kg	kg/L	L/100km	g/tahun	kg/tahun
a	b	c = b x 12	f	f	g	h	i	$j = (f \times g \times h \times i) / 100$	$k = j / 1000$
Bus	0	0	1,39	0,00	3172	0,84	16,89	0	0,00
Truk	13536	162432	1,39	225780,48	3172	0,84	15,82	95171154	95171,15
Mobil (bensin)	2848	34176	1,39	47504,64	3180	0,72	11,79	12823585	12823,58
Mobil (solar)	328	3936	1,39	5471,04	3172	0,84	11,36	1656001	1656,00
Pick up	1208	14496	1,39	20149,44	3172	0,84	10,64	5712380	5712,38
Sepeda motor	115520	1386240	1,39	1926873,60	3180	0,72	2,66	117353077	117353,08

*Sumber: Hasil Perhitungan*

**Tabel 4. 34 Beban Emisi CO<sub>2</sub> Sumber Bergerak di Pabrik 3**

Jenis Kendaraan	Q	Q	L	VKT	EF	Densitas	K	E	E
	kendaraan/bulan	kendaraan/tahun	km	km/tahun	g/kg	kg/L	L/100km	g/tahun	kg/tahun
a	b	c = b x 12	f	f	g	h	i	j = (f x g x h x i) / 100	k = j / 1000
Bus	0	0	3,10	0,00	3172	0,84	16,89	0	0,00
Truk	896	10752	3,10	33331,20	3172	0,84	15,82	140497 92	14049,79
Mobil (bensin)	376	4512	3,10	13987,20	3180	0,72	11,79	377575 8	3775,76
Mobil (solar)	88	1056	3,10	3273,60	3172	0,84	11,36	990869	990,87
Pick up	296	3552	3,10	11011,20	3172	0,84	10,64	312168 3	3121,68
Sepeda motor	35048	420576	3,00	1261728, 00	3180	0,72	2,66	768434 75	76843,47

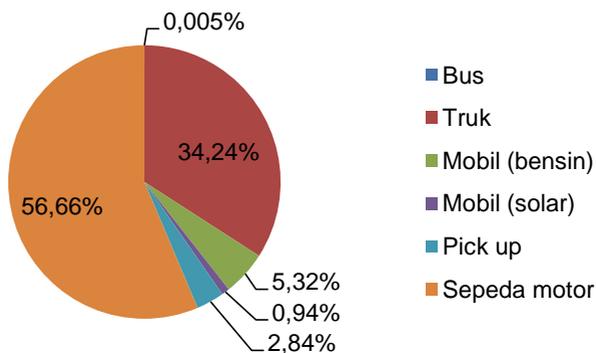
Sumber: Hasil Perhitungan

Setelah mendapatkan beban emisi pada masing-masing pabrik, maka beban emisi tersebut dijumlah dan dikonversi kedalam satuan kilo ton CO<sub>2</sub>/tahun. Beban emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari aktivitas transportasi dapat dilihat pada Tabel 4.35.

**Tabel 4. 35 Beban Emisi CO<sub>2</sub> Sumber Transportasi**

Lokasi	Jenis Kendaraan	Emisi	
		(kg/tahun)	ton/tahun
PT Petrokimia Gresik	Bus	16,20	0,016
	Truk	121239,35	121,23
	Mobil (bensin)	18846,92	18,84
	Mobil (solar)	3315,20	3,31
	Pick up	11773,40	11,77
	Sepeda motor	200648,12	200,64
<b>Total Beban Emisi</b>		<b>355839,17</b>	<b>355,83</b>

Sumber: Hasil Perhitungan



**Gambar 4. 1 Persentase Emisi CO<sub>2</sub> Berdasarkan Jenis Kendaraan**

Dari tabel 4.35 diketahui bahwa sumber transportasi pada Tahun 2017 menyumbang 355,83 Ton CO<sub>2</sub>/Tahun. Data emisi ini dimasukkan kedalam Tahun 2017 karena pengambilan data secara primer dilakukan pada Tahun 2017. Berdasarkan

Gambar 4.1, sepeda motor mengeluarkan emisi terbesar yaitu 55,66%. Hal tersebut dikarenakan jumlah sepeda motor adalah jumlah kendaraan terbanyak yang beroperasi di PT Petrokimia Gresik. Selain itu, nilai faktor emisi sepeda motor memiliki nilai terbesar yaitu 3180 gCO<sub>2</sub>/kg BBM setara dengan faktor emisi mobil berbahan bakar bensin (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

Selain menghitung beban emisi selama 1 tahun pada tahun 2017, pada sumber bergerak juga dihitung beban emisi yang dihasilkan dari kendaraan aset milik PT Petrokimia Gresik. Beban emisi GRK yang dihasilkan oleh kendaraan aset diasumsikan dengan menghitung jarak tempuh kendaraan saat beroperasi pada Pabrik 3. Jarak tempuh kendaraan diambil dengan jarak perjalanan kendaraan yang paling jauh, sehingga jarak perjalanan kendaraan yang paling jauh yaitu kawasan Pabrik 3. Perhitungan beban emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan oleh kendaraan aset milik PT Petrokimia Gresik dapat dilihat pada Tabel 4.36.

#### **4.5 Perhitungan Beban Emisi Sektor Industri**

PT Petrokimia Gresik merupakan industri yang termasuk dalam industri kimia. Dalam proses produksinya, PT Petrokimia Gresik menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> yang berasal dari sintesa gas. Pada penelitian ini, inventarisasi emisi sektor industri berasal dari jumlah produksi amonia per tahun dan juga penggunaan listrik dari pihak luar. Contoh perhitungan beban emisi dari produksi amonia pada tahun 2016 dapat dilihat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 &= AP \times FR \times CCF \times COF \times 44/12 - RCO_2 \\ &= (429192 \text{ ton} \times 24,11\text{GJ/ton} \times 13,5 \text{ kg C/GJ} \times \\ &\quad 0,77 \times 44/12) - 391086,47 \text{ ton} \\ &= 700,36 \text{ ton CO}_2/\text{tahun} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan emisi pada produksi amonia dapat dilihat pada Tabel 4.37.

**Tabel 4. 36 Beban Emisi CO<sub>2</sub> Berdasarkan Kendaraan Aset**

Tahun	Jenis Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Jumlah (kendaraan/tahun)	L	VKT	EF	Densitas	K	E	E	Emisi
				(km)	(km/tahun)	(g/kg)	(kg/L)	(L/100 km)	(g/tahun)	(kg/tahun)	kton/tahun
a	b	c	d	e	f	g	h	i	$j = (f \times g \times h \times i) / 100$	$k = j / 1000$	$l = k / 1000000$
2014	Ambulance	Diessel	9	3,1	27,90	3172	0,84	11,36	8445	8,44	$8,44 \times 10^{-6}$
	Bus	Diessel	9	3,1	27,90	3172	0,84	16,89	12556	12,56	$1,26 \times 10^{-5}$
	Pick up	Diessel	14	3,1	43,40	3172	0,84	10,64	12304	12,30	$1,23 \times 10^{-5}$
	Mobil	Diessel	7	3,1	21,70	3172	0,84	11,36	6568	6,57	$6,57 \times 10^{-6}$
	Truk	Diessel	32	3,1	99,20	3172	0,84	15,82	41815	41,81	$4,18 \times 10^{-5}$
	Sepeda Motor	Bensin	71	3,0	213,00	3180	0,72	2,66	12972	12,97	$1,30 \times 10^{-5}$
	Jumlah			142							94,66
2015	Ambulance	Diessel	1	3,1	3,10	3172	0,84	11,36	938	0,94	$9,38 \times 10^{-7}$
	Bus	Diessel	9	3,1	27,90	3172	0,84	16,89	12556	12,56	$1,26 \times 10^{-5}$
	Pick up	Diessel	8	3,1	24,80	3172	0,84	10,64	7031	7,03	$7,03 \times 10^{-6}$
	Mobil	Diessel	7	3,1	21,70	3172	0,84	11,36	6568	6,57	$6,57 \times 10^{-6}$

Tahun	Jenis Kendaraan	Jenis Bahan Bakar	Jumlah (kendaraan/tahun)	L	VKT	EF	Densitas	K	E	E	Emisi
				(km)	(km/tahun)	(g/kg)	(kg/L)	(L/100 km)	(g/tahun)	(kg/tahun)	kton/tahun
a	b	c	d	e	f	g	h	i	$j = \frac{f \times g \times h \times i}{100}$	$k = \frac{j}{1000}$	$l = \frac{k}{1000000}$
	Truk	Diessel	32	3,1	99,20	3172	0,84	15,82	41815	41,81	$4,18 \times 10^{-5}$
	Sepeda Motor	Bensin	72	3,0	216,00	3180	0,72	2,66	13155	13,16	$1,32 \times 10^{-5}$
	Jumlah		129								82,06
2016	Ambulance	Diessel	2	3,1	6,20	3172	0,84	11,36	1877	1,88	$1,88 \times 10^{-6}$
	Bus	Diessel	9	3,1	27,90	3172	0,84	16,89	12556	12,56	$1,26 \times 10^{-5}$
	Pick up	Diessel	8	3,1	24,80	3172	0,84	10,64	7031	7,03	$7,03 \times 10^{-6}$
	Mobil	Diessel	7	3,1	21,70	3172	0,84	11,36	6568	6,57	$6,57 \times 10^{-6}$
	Truk	Diessel	31	3,1	96,10	3172	0,84	15,82	40508	40,51	$4,05 \times 10^{-5}$
	Sepeda Motor	Bensin	72	3,0	216,00	3180	0,72	2,66	13155	13,16	$1,32 \times 10^{-5}$
	Jumlah		129								81,69

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 4. 37 Beban Emisi CO<sub>2</sub> Produksi Amonia**

Tahun	Produksi Amonia	FR		CCF	COF	Emisi CO <sub>2</sub> Amonia		RCO <sub>2</sub>	Emisi CO <sub>2</sub>	
	ton	mmbtu/ton	GJ/ton	kg C/GJ		kg	ton	ton	ton CO <sub>2</sub>	ton CO <sub>2</sub> /ton produk
2011	428085,90	22,50	23,76	15,30	1,00	570.596.647,73	570.596,65	449.698,72	120.897,93	0,282
2012	390308,00	22,63	23,89	15,30	1,00	523.204.024,67	523.204,02	402.454,00	120.750,02	0,309
2013	464757,00	22,44	23,69	15,30	1,00	617.633.910,96	617.633,91	462.303,00	155.330,91	0,334
2014	424000,00	23,23	24,53	13,50	0,80	411.860.643,93	411.860,64	407.086,00	4.774,64	0,011
2015	429015,00	23,57	24,89	13,50	0,78	412.364.972,68	412.364,97	411.081,81	1.283,16	0,003
2016	429192,00	22,83	24,11	13,50	0,77	391.786.829,62	391.786,83	391.086,47	700,36	0,002

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Selain beban emisi yang berasal dari produksi amonia, penggunaan listrik dari pihak luar juga menyumbang emisi di PT Petrokimia Gresik. Hal ini disebabkan karena listrik yang berasal dari luar digunakan di PT Petrokimia Gresik dan emisinya juga berada di PT Petrokimia Gresik. Contoh perhitungan beban emisi dari pemakaian listrik di PT Petrokimia Gresik pada tahun 2016 dapat dilihat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 &= \text{Data Aktivitas} \times \text{Faktor Emisi} \\ &= 95763 \text{ MWH} \times 0,741 \\ &= 70960,32 \text{ ton CO}_2 \end{aligned}$$

Hasil Perhitungan beban emisi dari pemakaian listrik dapat dilihat pada Tabel 4.38.

**Tabel 4. 38 Beban Emisi CO<sub>2</sub>**

Tahun	Pemakaian Listrik	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> (ton CO <sub>2</sub> /MWH)	Total Emisi CO <sub>2</sub>		Emisi/Satuan Produk
	MWH		ton	kton	ton
2011	35.021,68	0,741	25.951,06	25,95	0,0048
2012	77.565	0,741	57.476,03	57,48	0,0095
2013	103.186	0,741	76.460,50	76,46	0,0129
2014	97.058	0,741	71.919,69	71,92	0,0117
2015	67.722	0,741	50.182,25	50,18	0,0080
2016	95.763	0,741	70.960,32	70,96	0,0103

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Dari data diatas dapat diketahui bahwa pemakaian listrik berbanding lurus dengan emisi yang dihasilkan. Sehingga semakin besar PT Petrokimia memakai listrik maka semakin besar pula emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan oleh perusahaan tersebut. Selain beban emisi GRK, beban emisi polutan SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO juga dihitung. Contoh perhitungan beban emisi polutan gas dari produksi amonia pada tahun 2016 dapat dilihat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Emisi SO}_2 &= \text{Data Aktivitas} \times \text{Faktor Emisi} \\ &= 429.192 \text{ ton/tahun} \times 0,03 \text{ kg/ton} \\ &= 12875,76 \text{ kg/tahun} \\ &= 12,8 \text{ ton SO}_2/\text{tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi NO}_x &= \text{Data Aktivitas} \times \text{Faktor Emisi} \\
 &= 429.192 \text{ ton/tahun} \times 2,7 \text{ kg/ton} \\
 &= 1158818 \text{ kg/tahun} \\
 &= 1158,81 \text{ ton NO}_x/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CO} &= \text{Data Aktivitas} \times \text{Faktor Emisi} \\
 &= 429.192 \text{ ton/tahun} \times 7,9 \text{ kg/ton} \\
 &= 3390617 \text{ kg/tahun} \\
 &= 3390,61 \text{ ton CO/tahun}
 \end{aligned}$$

Beban emisi polutan yang dihitung adalah dari Hasil perhitungan beban emisi polutan gas pada produksi amonia dapat dilihat pada Tabel 4.39.

**Tabel 4. 39 Beban Emisi SO<sub>2</sub>**

Tahun	Produksi	FE	Emisi SO <sub>2</sub>		
	ton/tahun	kg/ton produk	kg/tahun	Ton/tahun	ton SO <sub>2</sub> /ton produk
2011	428085,9	0,03	12842,58	12,84258	2,36 x10 <sup>-6</sup>
2012	390.308,00	0,03	11709,24	11,70924	1,94 x10 <sup>-6</sup>
2013	464.757,00	0,03	13942,71	13,94271	2,35 x10 <sup>-6</sup>
2014	424.000,00	0,03	12720	12,72	2,08 x10 <sup>-6</sup>
2015	429.015,00	0,03	12870,45	12,87045	2,06 x10 <sup>-6</sup>
2016	429.192,00	0,03	12875,76	12,87576	1,88 x10 <sup>-6</sup>

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 4. 40 Beban Emisi NO<sub>x</sub>**

Tahun	Produksi	FE	Emisi NO <sub>x</sub>		
	ton/tahun	kg/ton produk	kg/tahun	Ton/tahun	ton NO <sub>x</sub> /ton produk
2011	428085,9	2,7	1155832	1155,832	0,00021
2012	390308	2,7	1053832	1053,832	0,00017
2013	464757	2,7	1254844	1254,844	0,00021
2014	424000	2,7	1144800	1144,8	0,00019
2015	429015	2,7	1158341	1158,341	0,00019

Tahun	Produksi	FE	Emisi NO <sub>x</sub>		
	ton/tahun	kg/ton produk	kg/tahun	Ton/tahun	ton NO <sub>x</sub> /ton produk
2016	429192	2,7	1158818	1158,818	0,00017

Sumber: Hasil Perhitungan

**Tabel 4. 41 Beban Emisi CO**

Tahun	Produksi	FE	Emisi CO		
	ton/tahun	kg/ton produk	kg/tahun	Ton/tahun	ton CO/ton produk
2011	428085,9	7,9	3381879	3381,879	0,0006
2012	390308	7,9	3083433	3083,433	0,0005
2013	464757	7,9	3671580	3671,58	0,0006
2014	424000	7,9	3349600	3349,6	0,0006
2015	429015	7,9	3389219	3389,219	0,0005
2016	429192	7,9	3390617	3390,617	0,0005

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.6 Perhitungan Beban Emisi Sektor Limbah

Beban emisi sektor limbah pada penelitian ini dihasilkan dari limbah cair industri. PT Petrokimia Gresik menghasilkan limbah cair dari masing-masing pabriknya. Air limbah dari Pabrik I dikelola di unit *Process Condensate Treatment (PCT)*. Air limbah dari Pabrik II dikelola berdasarkan prinsip 3R (Zero Waste). Air limbah dari Pabrik III dikelola di unit *Effluent Treatment* yang selanjutnya dimanfaatkan kembali di Unit *Purified Gypsum*. Air limbah yang tidak bisa dimanfaatkan dari masing-masing Pabrik (Pabrik I, II, III) dikelola di unit *Neutralization* dan *Settling basin (Equalizer)*. 50% air limbah yang sudah dikelola di unit *neutralization* dan *settling basin* dimanfaatkan untuk air *scrubbing* di Pabrik PF I, sisanya dialirkan menuju ke Laut.

Dalam penelitian ini, karakteristik limbah yang dibutuhkan yaitu konsentrasi COD pada inlet dan outlet dari unit *neutralization* dan *settling basin*. Selain data COD, dibutuhkan juga debit air limbah untuk menghitung beban emisi. Perhitungan

beban emisi CH<sub>4</sub> dari limbah industri dihitung dengan menggunakan persamaan 3.7.

Sebelum menghitung emisi CH<sub>4</sub>, terlebih dahulu menghitung TOW dan faktor emisi. Nilai TOW dihitung berdasarkan nilai COD air limbah. Perhitungan beban emisi CH<sub>4</sub> pada tahun 2016 dapat dilihat sebagai berikut:

Perhitungan beban emisi CH<sub>4</sub>:

$$Q = 2353280000 \text{ L/tahun}$$

$$\text{CODin} = 5878,6 \text{ mg/L}$$

$$\text{COD out} = 1749,6 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{COD} &= \text{CODin} - \text{CODout} \\ &= 4128,9 \text{ mgL} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TOW} &= Q \text{ (L/tahun)} \times \text{COD (mg/L)} \\ &= 2353280000 \text{ L/tahun} \times 4128,9 \text{ mgL} \\ &= 976551,9 \text{ kg COD/tahun} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan TOW pada tahun 2014 hingga 2016 dapat dilihat pada Tabel 4.42.

**Tabel 4. 42 Hasil Perhitungan TOW**

Tahun	COD (mg/L)	Debit air limbah (L/tahun)	TOWi (kgCOD/tahun)
	a	b	c = (a x b)/10 <sup>6</sup>
2014	1032147,53	2435136000	2513419601,84
2015	206,49	2847934600	588060,05
2016	4128,94	2353280000	9716551,92

Sumber: Hasil Perhitungan

Setelah menghitung TOW, kemudian menghitung faktor emisi dengan menggunakan default IPCC untuk Bo dan MCF berturut-turut yaitu 0,25 kg CH<sub>4</sub>/kg COD dan 0,1.

$$\begin{aligned} \text{FE} &= \text{Bo} \times \text{MCF} \\ &= 0,25 \text{ kg CH}_4/\text{kg COD} \times 0,1 \\ &= 0,025 \text{ kg CH}_4/\text{kg COD} \end{aligned}$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan emisi CH<sub>4</sub> yang dihasilkan dengan menggunakan persamaan 3.7.

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CH}_4 &= (\text{TOWi} - \text{Si}) \times \text{EF} - \text{R} \\
 &= [(976551,9 \text{ kg COD/tahun} - 0) \times 0,025 \text{ kg CH}_4/\text{kg COD}] - 0 \text{ kg CH}_4/\text{tahun} \\
 &= 242913,8 \text{ kg CH}_4/\text{tahun} \\
 &= 242,91 \text{ ton CH}_4/\text{tahun}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan emisi CH<sub>4</sub> pada tahun 2014 hingga 2016 dapat dilihat pada Tabel 4.43.

Perhitungan tersebut menunjukkan perkiraan emisi CH<sub>4</sub> yang dihasilkan dari pengolahan limbah cair. Beban emisi yang diperoleh hanya dalam waktu 3 tahun terakhir, hal ini dikarenakan data yang didapat hanyalah data dalam kurun waktu tersebut. Hasil perhitungan beban emisi sektor limbah per produk dapat dilihat pada Tabel 4.44.

**Tabel 4. 43 Beban Emisi CH<sub>4</sub>**

Tahun	TOWi	Si	EFi	Ri	E	
	(kg COD/tahun)	(kg COD/tahun)	(kg CH <sub>4</sub> /kg COD)	(kg CH <sub>4</sub> /tahun)	(kg CH <sub>4</sub> /tahun)	(ton CH <sub>4</sub> /tahun)
	a	b	c	d	$e = [(a-b) \times c] - d$	
2014	2513419601,84	0	0,025	0	62835490,05	62835,49
2015	588060,05	0	0,025	0	14701,50	14,70
2016	9716551,92	0	0,025	0	242913,80	242,91

*Sumber: Hasil Perhitungan*

**Tabel 4. 44 Beban Emisi CH<sub>4</sub> Sektor Limbah**

Tahun	Emisi	produk	Emisi/satuan produk
	ton CH <sub>4</sub> /Tahun	ton/tahun	ton CH <sub>4</sub> /tahun
2014	62835,49	5735122,90	0,01
2015	14,70	5983359,30	$2,45 \times 10^{-6}$
2016	242,91	6.145.456	$3,95 \times 10^{-5}$

*Sumber: Hasil Perhitungan*

## 4.7 Proyeksi Beban Emisi

### 4.7.1 Total Beban Emisi

Setelah menghitung beban emisi GRK dan polutan dari masing-masing sektor, maka langkah selanjutnya adalah menjumlahkan beban emisi dari masing-masing sektor. Hal ini bertujuan agar dapat diketahui beban emisi yang dihasilkan oleh PT Petrokimia Gresik dalam waktu satu tahun per satuan produksi yang telah dihasilkan. Pada sektor energi, beban emisi didapatkan beban emisi yang dihasilkan dari pemakaian batubara, gas alam, dan solar. Pada sektor industri, beban emisi didapatkan dari proses produksi amonia dan pemakaian listrik. Sedangkan sektor limbah didapatkan beban emisi dari limbah cair industri. Hasil rekapan beban emisi setiap sumber dapat dilihat pada Lampiran 2, sedangkan hasil penjumlahan beban emisi GRK dan polutan dapat dilihat pada Tabel 4.45.

**Tabel 4. 45 Total Beban Emisi GRK dan Polutan**

Sektor	Tahun	Beban Emisi (ton/tahun)				
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO
Energi	2011	193,67	9,15x10 <sup>-6</sup>	1474,11	0,0003	0,0046
	2012	185,20	9,06 x10 <sup>-6</sup>	1489,56	0,0003	0,0043
	2013	206,99	1,01 x10 <sup>-6</sup>	1655,92	0,0004	0,0048
	2014	191,72	1,01 x10 <sup>-5</sup>	1724,54	0,0003	0,0042
	2015	170,03	7,42 x10 <sup>-6</sup>	1137,04	0,0003	0,0043
	2016	172,18	8,45 x10 <sup>-6</sup>	1391,64	0,0003	0,0040
Industri	2011	0,29	-	2,36 x10 <sup>-6</sup>	2,1x10 <sup>-4</sup>	0,0006
	2012	0,32	-	1,94 x10 <sup>-6</sup>	1,7 x10 <sup>-4</sup>	0,0005
	2013	0,35	-	2,35 x10 <sup>-6</sup>	2,1 x10 <sup>-4</sup>	0,0006
	2014	0,02	-	2,08 x10 <sup>-6</sup>	1 x10 <sup>-4</sup> ,9	0,0005
	2015	0,01	-	2,06 x10 <sup>-6</sup>	1,9 x10 <sup>-4</sup>	0,0005
	2016	0,01	-	1,88 x10 <sup>-6</sup>	1,7 x10 <sup>-4</sup>	0,0005
Limbah	2011	-	-	-	-	-
	2012	-	-	-	-	-

Sektor	Tahun	Beban Emisi (ton/tahun)				
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO
	2013	-	-	-	-	-
	2014	-	0,011	-	-	-
	2015	-	2,46 x10 <sup>-6</sup>	-	-	-
	2016	-	3,95 x10 <sup>-5</sup>	-	-	-

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.7.2 Proyeksi Beban Emisi

Setelah mendapatkan jumlah beban emisi per sektor maka beban emisi akan diproyeksi hingga 10 tahun kedepan. *Baseline* beban emisi adalah tahun 2016 dengan menggunakan *time series* data 5 tahun kebelakang yaitu dimulai pada tahun 2011. Namun dengan adanya kendala dalam pengumpulan data maka ada beberapa sektor yang hanya mendapatkan data dalam 3 tahun terakhir yaitu dimulai pada tahun 2014.

Dalam proyeksi beban emisi untuk 10 tahun kedepan, dibutuhkan data rencana strategi (Renstra) perusahaan dalam pemakaian bahan bakar dan juga jumlah produksi. Namun saat pengumpulan data, pihak perusahaan tidak bisa memberikan renstra tersebut dikarenakan hal tersebut merupakan rahasia perusahaan. Sehingga pada penelitian ini menggunakan metode proyeksi regresi linear untuk memproyeksikan beban emisi.

Tujuan dari proyeksi beban emisi ini untuk mengetahui jumlah beban emisi pada 10 tahun mendatang. Selain itu beban emisi hasil proyeksi dapat digunakan untuk memilih strategi reduksi emisi yang paling efektif untuk mengurangi beban emisi tersebut. Sehingga dapat dilihat pengurangan beban emisi pada tahun yang telah diproyeksi dengan strategi yang telah ditetapkan.

#### 4.7.2.1 Proyeksi Beban Emisi Sektor Energi

Proyeksi beban emisi pada sektor energi dibedakan menjadi 2, yaitu proyeksi berdasarkan sumber (sumber bergerak dan tidak bergerak). Hal ini disebabkan karena data aktivitas yang didapatkan berbeda, pada sumber stasioner mendapatkan data selama 5 tahun kebelakang yaitu mulai tahun 2011 hingga 2016. Sedangkan untuk sumber bergerak (transportasi) didapatkan data mulai tahun 2014 hingga 2016, sehingga untuk proyeksi beban emisi harus dihitung per sumber.

##### a. Sumber Stasioner

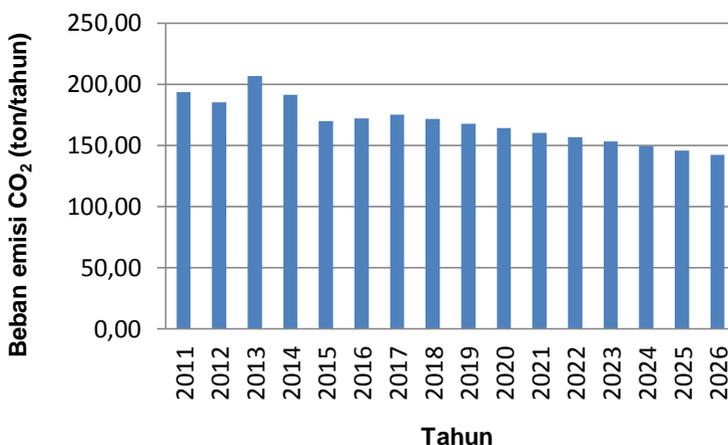
Untuk perhitungan beban emisi sumber stasioner, data beban emisi selama 5 tahun akan dicari regresi serta persamaan linear. Persamaan linear yang digunakan yaitu  $y=ax + b$ , dimana  $y$  merupakan beban emisi dan  $x$  merupakan tahun ke-. Hasil perhitungan beban emisi CO<sub>2</sub> hingga tahun 2026 dapat dilihat pada Tabel 4.46 dan Gambar 4.2.

**Tabel 4. 46 Proyeksi Beban Emisi CO<sub>2</sub>**

Tahun ke	Tahun	Emisi CO <sub>2</sub>
		(ton CO <sub>2</sub> /tahun)
1	2011	193,67
2	2012	185,20
3	2013	206,99
4	2014	191,63
5	2015	169,94
6	2016	172,09
7	2017	169,60
8	2018	164,78
9	2019	159,95
10	2020	155,12
11	2021	150,29
12	2022	145,46

Tahun ke	Tahun	Emisi CO <sub>2</sub>
		(ton CO <sub>2</sub> /tahun)
13	2023	140,64
14	2024	135,81
15	2025	130,98
16	2026	126,15

Sumber: Hasil Perhitungan



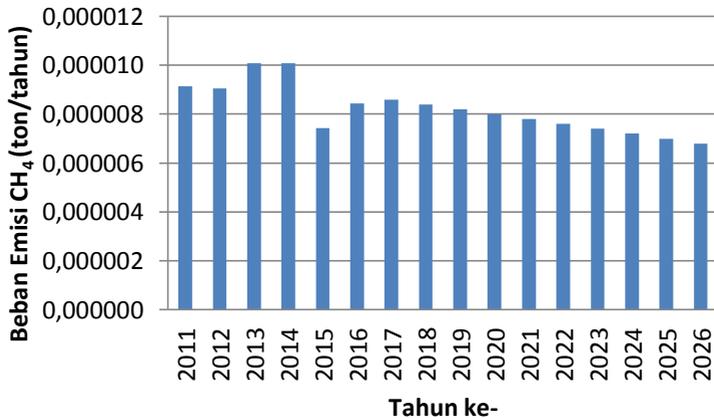
**Gambar 4. 2 Proyeksi Beban Emisi CO<sub>2</sub>**

Dari tabel dan grafik tersebut dapat dilihat bahwa beban emisi setiap tahun mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena beban emisi dari tahun 2011 hingga 2016 mengalami kenaikan dan penurunan yang tidak stabil. Sehingga saat dicari regresi dan menghitung proyeksi menggunakan persamaan linear didapatkan hasil yang terus menurun setiap tahunnya.

Menurut Hadi, dkk (2007), ada beberapa faktor yang mempengaruhi produksi pupuk yaitu ketersediaan dana untuk penggantian pabrik lama dan pengembangan pabrik baru, permintaan dalam negeri yang dipengaruhi oleh daya

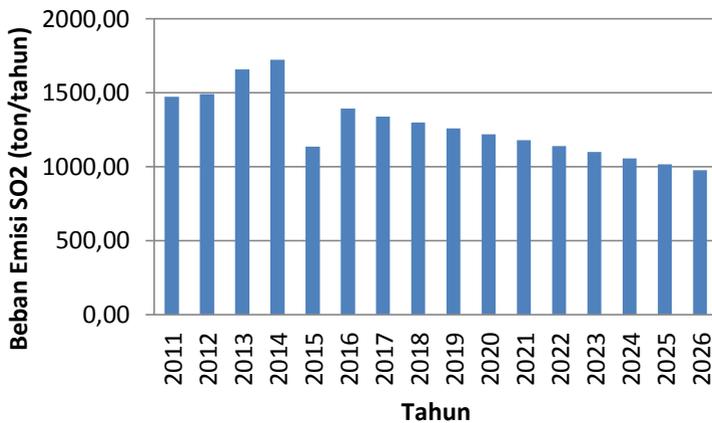
beli petani, jumlah pasokan gas sebagai bahan baku, kehandalan pabrik dan umur pabrik. Selain itu, penggunaan proyeksi menurun dikarenakan penggunaan batubara dan solar pada tahun 2015 menurun sangat tajam sehingga data ini mempengaruhi data proyeksi.

Setelah menghitung beban emisi CO<sub>2</sub> pada sumber stasioner maka menghitung beban emisi CH<sub>4</sub> dengan menggunakan cara yang sama, yaitu menggunakan regresi linear. Hasil proyeksi beban emisi CH<sub>4</sub> dapat dilihat pada Lampiran 3 dan Gambar 4.3.

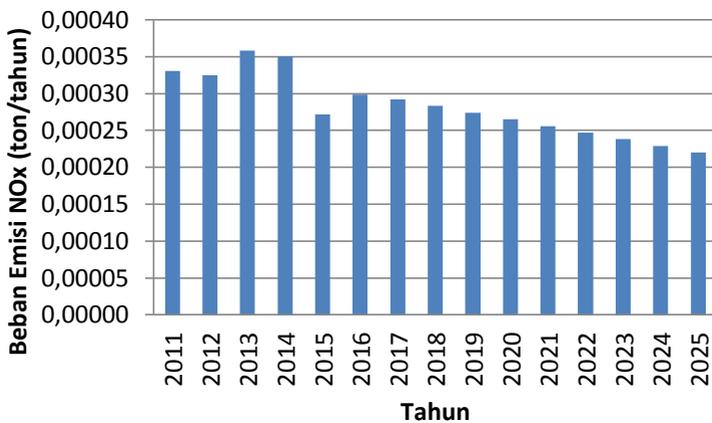


**Gambar 4. 3 Proyeksi Beban Emisi CH<sub>4</sub>**

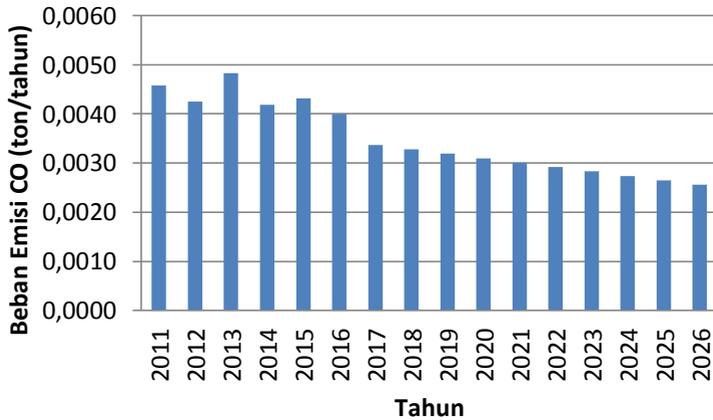
Kemudian menghitung proyeksi beban emisi polutan SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, dan CO dengan menggunakan cara yang sama, yaitu menggunakan regresi linear untuk beban emisi hingga tahun 2026. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 4.4 hingga 4.6.



**Gambar 4. 4 Proyeksi Beban Emisi SO<sub>2</sub>**



**Gambar 4. 5 Proyeksi Beban Emisi NO<sub>x</sub>**

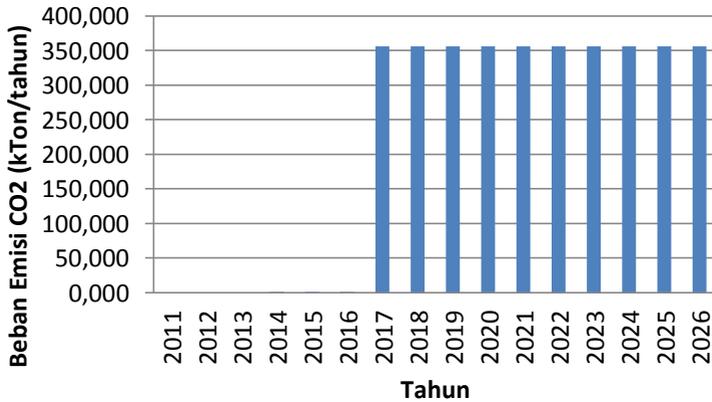


**Gambar 4. 6 Proyeksi Beban Emisi CO**

**b. Sumber Bergerak (Transportasi)**

Sumber bergerak yang dihitung pada penelitian ini berasal dari transportasi darat yang ada di PT Petrokimia Gresik. Beban emisi yang diproyeksi merupakan beban emisi yang berasal dari aset kendaraan milik PT Petrokimia Gresik dan juga hasil *traffic counting* yang dilakukan pada tahun 2017. Hasil perhitungan proyeksi beban emisi dapat dilihat pada Lampiran 3 dan Gambar 4.7.

Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa beban emisi yang dihasilkan pada tahun 2014 hingga 2016 sangat kecil karena beban emisi yang dihitung hanya berasal dari aset kendaraan milik PT Petrokimia Gresik. Namun pada tahun 2017 beban emisi yang berasal dari aset kendaraan ditambahkan dengan beban emisi yang berasal dari hasil *traffic counting*. Sehingga dapat dilihat bahwa beban emisi pada tahun 2017 menjadi bertambah 355,83 Ton CO<sub>2</sub>/tahun.

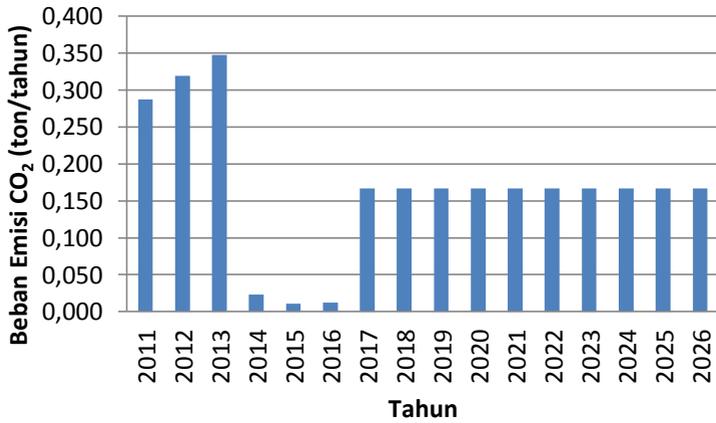


**Gambar 4. 7**Proyeksi Beban Emisi CO<sub>2</sub>

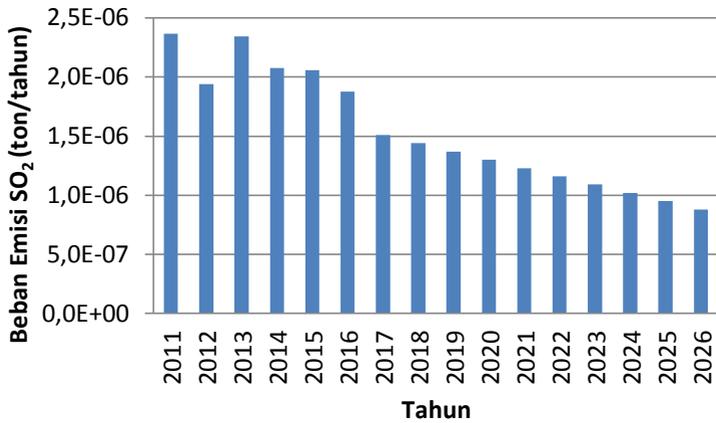
#### 4.7.2.2 Proyeksi Beban Emisi Sektor Industri

Proyeksi beban emisi sektor industri dihitung dengan cara mencari proyeksi beban emisi dengan menggunakan regresi linear. Namun pada proyeksi beban emisi CO<sub>2</sub> digunakan nilai rata-rata beban emisi dari tahun 2011-2016 untuk digunakan proyeksi hingga tahun 2026. Hal bertujuan untuk memudahkan mengetahui beban emisi pada tahun 2026 dikarenakan adanya beberapa data dari perusahaan yang kurang sesuai pada perhitungan beban emisi CO<sub>2</sub> produksi amonia. Hasil proyeksi beban emisi GRK dan polutan sektor industri dapat dilihat pada Lampiran 5 dan Gambar 4.8.

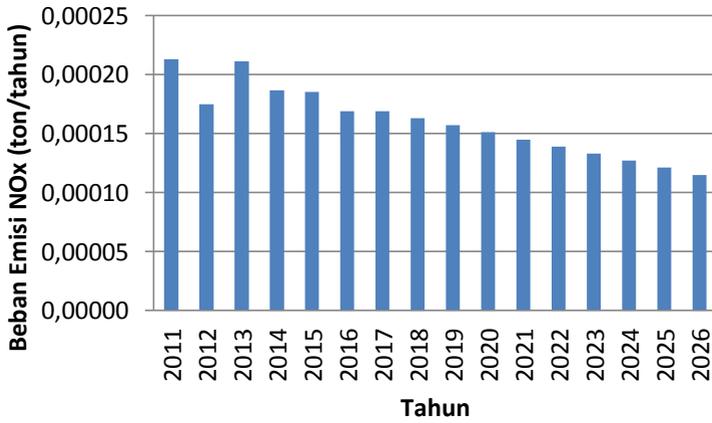
Proyeksi beban emisi SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, dan CO dihitung dengan cara mencari proyeksi beban emisi dengan menggunakan regresi linear. Hasil proyeksi beban emisi polutan sektor industri dapat dilihat pada Lampiran 5 dan Gambar 4.9 hingga 4.11.



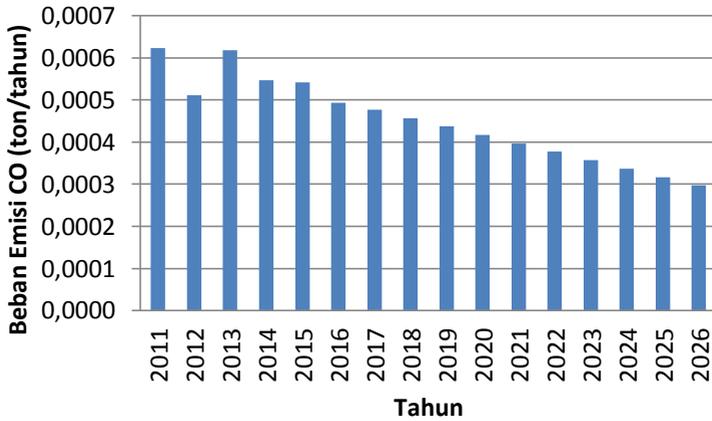
**Gambar 4. 8 Proyeksi Beban Emisi CO<sub>2</sub>**



**Gambar 4. 9 Proyeksi Beban Emisi SO<sub>2</sub>**



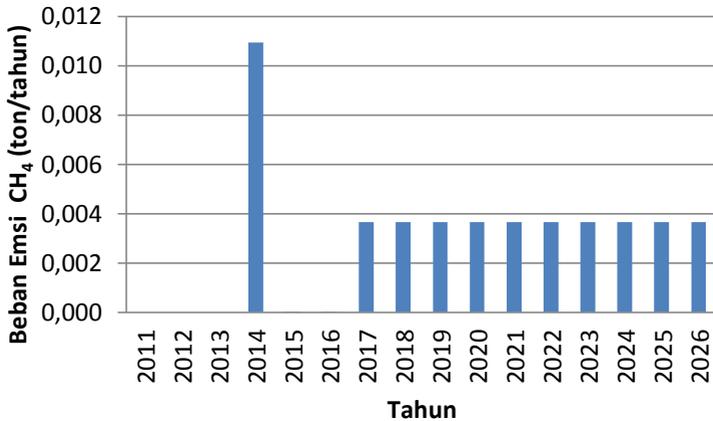
**Gambar 4. 10** Proyeksi Beban Emisi NO<sub>x</sub>



**Gambar 4. 11** Proyeksi Beban Emisi CO

#### 4.7.2.3 Proyeksi Beban Emisi Sektor Limbah

Proyeksi beban emisi sektor limbah dihitung dengan menggunakan data *time series* selama 3 tahun. Hasil perhitungan proyeksi beban emisi CH<sub>4</sub> pada sektor limbah dapat dilihat pada Lampiran 6 dan Gambar 4.12.



**Gambar 4. 12 Proyeksi Beban Emisi CH<sub>4</sub>**

Pada grafik diatas didapatkan nilai beban emisi pada tahun 2014 sangatlah tinggi, sehingga proyeksi yang menggunakan nilai rata-rata limbah selama 3 tahun yaitu 2014-2016. Hasil proyeksi pada tahun 2026 sebesar 0,004 ton CH<sub>4</sub>/tahun. Hasil rekapan proyeksi beban emisi dari tahun 2017 hingga 2026 dapat dilihat pada Tabel 4.47.

Tabel 4. 47 Hasil Proyeksi Beban Emisi

NO.	SEKTOR	Tahun	BEBAN EMISI PT PETROKIMIA GRESIK				
			CO <sub>2</sub> (Ton/tahun)	CH <sub>4</sub> (Ton/tahun)	SO <sub>2</sub> (Ton/tahun)	NO <sub>x</sub> (Ton/tahun)	CO (Ton/tahun)
1	Energi	2017	525,50	8,6 x 10 <sup>-6</sup>	1337,79	0,0003	0,0034
		2018	520,67	8,4 x 10 <sup>-6</sup>	1297,76	0,0003	0,0033
		2019	515,83	8,2 x 10 <sup>-5</sup>	1257,73	0,0003	0,0032
		2020	511,00	8,0 x 10 <sup>-5</sup>	1217,70	0,0003	0,0031
		2021	506,16	7,8 x 10 <sup>-6</sup>	1177,67	0,0003	0,0030
		2022	501,33	7,6 x 10 <sup>-6</sup>	1137,64	0,0002	0,0029
		2023	496,50	7,4 x 10 <sup>-6</sup>	1097,61	0,0002	0,0028
		2024	491,66	7,2 x 10 <sup>-6</sup>	1057,58	0,0002	0,0027
		2025	486,83	7,0 x 10 <sup>-6</sup>	1017,55	0,0002	0,0027
		2026	481,99	6,8 x 10 <sup>-6</sup>	977,52	0,0002	0,0026
2	Industri	2017	0,167	-	1,5 x 10 <sup>-6</sup>	1,7x10 <sup>-4</sup>	0,0005
		2018	0,167	-	1,4 x 10 <sup>-6</sup>	1,6 x10 <sup>-4</sup>	0,0005

NO.	SEKTOR	Tahun	BEBAN EMISI PT PETROKIMIA GRESIK				
			CO <sub>2</sub> (Ton/tahun)	CH <sub>4</sub> (Ton/tahun)	SO <sub>2</sub> (Ton/tahun)	NOx (Ton/tahun)	CO (Ton/tahun)
		2019	0,167	-	1,4 x 10 <sup>-6</sup>	1,6 x10 <sup>-4</sup>	0,0004
		2020	0,167	-	1,3 x 10 <sup>-6</sup>	1,5 x10 <sup>-4</sup>	0,0004
		2021	0,167	-	1,2 x 10 <sup>-6</sup>	1,5 x10 <sup>-4</sup>	0,0004
		2022	0,167	-	1,2 x 10 <sup>-6</sup>	1,4 x10 <sup>-4</sup>	0,0004
		2023	0,167	-	1,1 x 10 <sup>-6</sup>	1,3 x10 <sup>-4</sup>	0,0004
		2024	0,167	-	1 x 10 <sup>-6</sup>	1,3 x10 <sup>-4</sup>	0,0003
		2025	0,167	-	9,5 x 10 <sup>-7</sup>	1,2 x10 <sup>-4</sup>	0,0003
		2026	0,167	-	8,8 x 10 <sup>-7</sup>	1,2 x10 <sup>-4</sup>	0,0003
3	Limbah	2017	-	0,004	-	-	-
		2018	-	0,004	-	-	-
		2019	-	0,004	-	-	-
		2020	-	0,004	-	-	-
		2021	-	0,004	-	-	-

NO.	SEKTOR	Tahun	BEBAN EMISI PT PETROKIMIA GRESIK				
			CO <sub>2</sub> (Ton/tahun)	CH <sub>4</sub> (Ton/tahun)	SO <sub>2</sub> (Ton/tahun)	NO <sub>x</sub> (Ton/tahun)	CO (Ton/tahun)
		2022	-	0,004	-	-	-
		2023	-	0,004	-	-	-
		2024	-	0,004	-	-	-
		2025	-	0,004	-	-	-
		2026	-	0,004	-	-	-

*Sumber: Hasil perhitungan*

#### 4.8 Strategi Reduksi Emisi

Strategi reduksi saat ini sangat penting dalam rangka mengurangi emisi GRK yang setiap tahunnya meningkat. Reduksi emisi dilakukan setelah melakukan inventarisasi emisi. Strategi reduksi emisi dibutuhkan untuk mendukung program pemerintah dalam mengurangi beban emisi gas rumah kaca. PT Petrokimia Gresik selaku industri manufaktur di Indonesia menyumbang beban emisi, sehingga diperlukan adanya langkah untuk dapat mengurangi beban emisi tersebut.

Pada penelitian ini, sektor energi menyumbang beban emisi terbesar dibandingkan dengan sektor industri dan sektor limbah. Hal ini dikarenakan energi yang digunakan untuk proses produksi di PT Petrokimia Gresik sangat besar. Penggunaan energi yang besar berasal dari penggunaan batubara, solar dan juga gas alam pada proses produksi dan utilitas di PT Petrokimia Gresik. Pemakaian batubara pun banyak digunakan untuk bahan bakar boiler pada pembangkit listrik yang dimiliki PT Petrokimia.

Dalam rangka mengurangi emisi tersebut maka diperlukan adanya strategi untuk mereduksi emisi. Rekomendasi strategi reduksi emisi yang dapat diterapkan pada PT Petrokimia Gresik adalah:

1. Penggunaan kendaraan aset milik PT Petrokimia Gresik (bus) sebagai transportasi antar jemput karyawan. Strategi ini dapat diterapkan apabila didukung dengan kebijakan perusahaan dalam alokasi transportasi karyawan dan juga adanya jalur operasi bus). Strategi ini digunakan untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari sektor energi sumber bergerak.
2. Adanya gerakan 2 *in* 1 pada hari-hari tertentu, gerakan ini merupakan upaya mereduksi emisi CO<sub>2</sub> dari sektor energi sumber bergerak. 2 *in* 1 dilakukan dengan cara pada hari-hari tertentu dimana para karyawan yang membawa sepeda motor harus berboncengan, sehingga 1 sepeda motor memuat 2 orang karyawan. Sedangkan untuk karyawan yang menggunakan mobil maka dalam 1 mobil dapat ditumpangi hingga 4 orang.
3. Penyerapan emisi CO<sub>2</sub> oleh ruang terbuka hijau (RTH). Strategi ini dapat dilakukan untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub>

dari semua sektor, baik energi dan juga industri. Ruang terbuka hijau dapat dilakukan di kawasan PT Petrokimia Gresik yang masih memiliki lahan kosong untuk ditanami tanaman. Selain digunakan untuk penyerapan CO<sub>2</sub>, RTH juga dapat menambah oksigen, menurunkan suhu dengan keteduhan dan kesejukan tanaman, menjadi area resapan air, serta meredam kebisingan.

4. Penggunaan bahan bakar *low sulphur*, dimana dapat menggunakan batubara yang memiliki kandungan sulfur rendah. Sehingga pada saat proses pembakaran maka emisi SO<sub>2</sub> yang dikeluarkan memenuhi baku mutu. Strategi ini dapat mengurangi emisi pada sektor energi sumber stasioner.
5. Penggunaan teknologi gasifikasi batubara. Gasifikasi batubara adalah proses konversi batubara yang berwujud padat menjadi campuran gas. Teknologi ini dapat mengurangi emisi CO<sub>2</sub> yang berasal dari sektor industri (produksi amonia).
6. Penggunaan teknologi desulfurisasi. Teknologi ini merupakan penghilangan unsur S dalam batubara yang dapat dilakukan sebelum pembakaran, sesudah pembakaran, ataupun ketika dalam pembakaran batubara berlangsung. Dalam penelitian ini membahas teknologi desulfurisasi sesudah proses pembakaran batubara. Teknologi ini dapat mengurangi emisi SO<sub>2</sub> yang berasal dari sektor energi sumber stasioner (penggunaan batubara).

Dari rekomendasi strategi diatas, maka ada beberapa strategi yang dibahas lebih detail dan merupakan strategi yang dapat menurunkan emisi dengan efisiensi yang cukup tinggi adalah sebagai berikut:

#### **4.8.1 Penyerapan CO<sub>2</sub> Oleh Ruang Terbuka Hijau (RTH)**

Ruang terbuka hijau (RTH) merupakan RTH merupakan suatu istilah teknis yang digunakan untuk menggambarkan suatu lahan yang terbuka dan pada lahan tersebut ditanami oleh tumbuhan dan ditanami oleh tanaman yang sesuai dengan keadaan lingkungan sekitarnya. Sistem jaringan dari penataan RTH diatur secara terstruktur berdasarkan fungsinya masing-masing (Hidayat, 2008). Ruang terbuka hijau dapat menyerap

emisi CO<sub>2</sub>, menambah oksigen, menurunkan suhu, menjadi area resapan air, dan meredam kebisingan. RTH dapat menurunkan emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari sektor energi dan juga sektor industri.

Luasan RTH dapat dihitung dengan menggunakan metode *Box Model*. Beban emisi CO<sub>2</sub> yang telah dihitung kemudian dijumlahkan dan dikonversi terlebih dahulu dari ton CO<sub>2</sub>/tahun ke mg CO<sub>2</sub>/detik. Pengkonversian data dilakukan karena daya penyerapan pohon yang diketahui semuanya dalam bentuk mg CO<sub>2</sub>/detik. Konversi ada dari ton CO<sub>2</sub>/tahun ke mg CO<sub>2</sub>/detik dilakukan agar mempermudah perhitungan.

Langkah perhitungan untuk memperoleh beban Emisi CO<sub>2</sub> di PT Petrokimia Gresik dengan *box model* adalah sebagai berikut:

Contoh perhitungan adalah sebagai berikut:

- L = 3000 m (Panjang L diukur dari titik sumber emisi terbesar ke batas kawasan PT Petrokimia Gresik)
- Luas wilayah PT Petrokimia Gresik = 450 Ha = 4.500.000 m<sup>2</sup>
- H = 1410 m (Tinggi inversi yang digunakan yaitu tinggi inversi Surabaya. Karena pada penelitian ini tidak terdapat data tinggi inversi untuk Kabupaten Gresik. Tinggi inversi diperoleh dari data BMKG Surabaya)
- Arah angin = barat
- U = 4,45 m/detik (Kecepatan angin rata-rata dalam satu tahun. Dalam penelitian ini kecepatan angin yang digunakan adalah kecepatan angin Kabupaten Gresik)
- Total Emisi CO<sub>2</sub> pada Tahun 2026 = 15,28 mg CO<sub>2</sub>/tahun

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk memperoleh waktu tempuh (t) dan rata-rata emisi pencemar per meter persegi (q) terlebih dahulu.

$$\begin{aligned} T &= L/U \\ &= 3000 \text{ m} / 4,45 \text{ m/detik} \\ &= 674,16 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= \text{Total emisi CO}_2 \text{ tahun 2026} / \text{Luas kawasan PT Petrokimia Gresik} \\ &= 15,28 \text{ mg/detik} / 4500000 \text{ m}^2 \\ &= 0,003 \text{ mg/m}^2\text{/detik} \end{aligned}$$

Setelah diperoleh nilai t dan q, selanjutnya dihitung nilai C(t).

$$\begin{aligned}
 C(t) &= \frac{qL}{UH} (1 - e^{(-Ut)/L}) \\
 &= \frac{0,003 \times 3000}{4,45 \times 1410} (1 - e^{(-4,45 \times 674,16)/3000}) \\
 &= 0,001 \text{ mg/m}^3
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dihitung volume kawasan PT Petrokimia Gresik atau volume box.

$$\begin{aligned}
 V &= \text{Luas PT Petrokimia Gresik (m}^2\text{)} \times \text{Tinggi Inversi (m)} \\
 &= 450000 \text{ m}^2 \times 1410 \text{ m} \\
 &= 6.345.000.000 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Kemudian dilakukan perhitungan massa CO<sub>2</sub> dalam wilayah kawasan PT Petrokimia Gresik.

$$\begin{aligned}
 \text{Massa CO}_2 &= (C(t) \times \text{Volume Box}) / t \\
 &= 0,001 \text{ mg/m}^3 \times 6.345.000.000 \text{ m}^3 / 674,16 \text{ detik} \\
 &= 9.664,63 \text{ mg CO}_2/\text{detik} \\
 &= 9,66 \text{ g CO}_2/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Massa CO<sub>2</sub> diatas merupakan besar emisi CO<sub>2</sub> dalam batas atas H<sub>1</sub>. Selanjutnya dihitung emisi CO<sub>2</sub> dalam batas H<sub>2</sub> (tinggi pohon rata-rata). Emisi yang terdapat pada batas atas H<sub>2</sub> merupakan indikator untuk mengetahui apakah penduduk di wilayah tersebut dalam kondisi aman atau tidak dari keberadaan emisi CO<sub>2</sub> yang berasal dari aktivitas produksi PT Petrokimia Gresik.

- Rata-rata tinggi pohon di PT Petrokimia Gresik = 4 m
- Emisi CO<sub>2</sub> dalam batas H<sub>1</sub> = 9,66 g CO<sub>2</sub>/detik

$$\begin{aligned}
 \text{Massa CO}_2 &= (\text{Tinggi pohon rata-rata} / \text{tinggi inversi}) \times \text{emisi CO}_2 \\
 &= (4 \text{ m} / 1410 \text{ m}) \times 9,66 \text{ g/detik} \\
 &= 0,027 \text{ g/detik} \\
 &= 864,635 \text{ kg/tahun}
 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan emisi CO<sub>2</sub> berdasarkan *box model* di kawasan PT Petrokimia Gresik yaitu sebesar 864,635 kg/tahun. Untuk menghitung luasan RTH yang berfungsi sebagai penyerap emisi, maka dibutuhkan data mengenai daya serap pohon.

Pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan luas RTH dengan pilihan pohon yaitu pohon trembesi dan mahoni. Pohon trembesi (*Samanea saman*) merupakan pohon yang terbukti menyerap paling banyak CO<sub>2</sub> sebesar 28488 kg/Ha/tahun CO<sub>2</sub>, sedangkan untuk pohon mahoni (*Swettiana mahagoni*) dapat

menyerap CO<sub>2</sub> sebesar 295,73 kg/Ha/tahun CO<sub>2</sub> (Dahlan, 2007). Sehingga dapat dihitung luas RTH yang diperlukan pada masing-masing opsi pohon dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Total Daya serap CO}_2 = \text{Daya serap pohon} \times \text{Luas RTH}$$

Perhitungan luas RTH jika ditanami pohon trembesi dengan daya serap 28488 kg/Ha/tahun adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Luas RTH} &= \frac{\text{Total daya serap CO}_2}{\text{Daya serap pohon}} \\ &= (864,635 \text{ kg/tahun}) / (28488 \text{ kg/Ha/tahun}) \\ &= 0,03 \text{ Ha} \\ &= 303,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

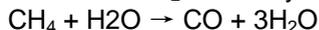
Apabila RTH yang akan disediakan ditanami pohon mahoni dengan daya serap 295,73 kg/Ha/tahun, maka dibutuhkan luas RTH sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Luas RTH} &= \frac{\text{Total daya serap CO}_2}{\text{Daya serap pohon}} \\ &= (864,635 \text{ kg/tahun}) / (295,73 \text{ kg/Ha/tahun}) \\ &= 2,92 \text{ Ha} \\ &= 29237,3 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

#### 4.8.2 Gasifikasi Batubara

Dalam proses produksi amonia terjadi proses sintesa gas dimana dalam proses tersebut menghasilkan gas CO<sub>2</sub> (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012). Bahan baku utama dari pembentukan amonia adalah gas bumi, dimana gas bumi di kompres/ditekan dengan *gas Compressor* hingga tekanan 43 Kg/cm<sup>2</sup> dan dimasukkan *Desulfurizer* (dengan katalis ZnO) untuk proses menghilangkan kadar S dan H<sub>2</sub>S hingga kadar < 0,1 ppm..

Kemudian gas bumi menuju ke *Primary Reformer* (dengan katalis Nikel), terjadi reaksi antara gas bumi dan *steam* dan membentuk CO & H<sub>2</sub>. Reaksi yang terjadi adalah

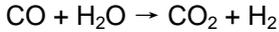


Gas hasil reaksi dan sisa gas bumi yang belum bereaksi selanjutnya menuju *Secondary Reformer* (dengan katalis Nikel). Reaksi yang terjadi adalah:

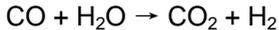


Gas keluar dari reformer dinamakan *Synthesa Gas* dengan sisa gas CH<sub>4</sub> keluar adalah 0,4%. *Synthesa gas* yang terjadi

selanjutnya menuju proses *CO Shift Converter* yang terdiri dari 2 tingkat yaitu *High Temperatur Shift Converter (HTS)* dan *Low Temperatur Shift Converter (LTS)*. Pada HTS (dengan katalis Fe) untuk mereaksikan antara CO dan *steam* menjadi CO<sub>2</sub> pada suhu tinggi T = 400°C, dan reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Selanjutnya menuju LTS (dengan katalis Cu) untuk mereaksikan sisa gas CO dengan *steam* menjadi CO<sub>2</sub> pada suhu rendah T = 203–245°C, dan reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Tahapan berikutnya *Synthesa gas* menuju *Absorber* untuk proses pemisahan CO<sub>2</sub> dengan larutan Benfield, dan produk *Synthesa gas* akan menuju ke *Methanator* sedangkan larutan Benfield kaya CO<sub>2</sub> akan menuju *Stripper* untuk proses pelepasan CO<sub>2</sub> dari larutan dengan produk CO<sub>2</sub> yang digunakan sebagai bahan baku Urea, ZA II dan unit pabrik CO<sub>2</sub>.

*Synthesa gas* pada *Methanator* (dengan katalis Nikel) untuk mereaksikan sisa CO & CO<sub>2</sub> menjadi CH<sub>4</sub>. Reaksi yang terjadi adalah :



Selanjutnya gas menuju *NH<sub>3</sub> Converter* (dengan katalis Fe) untuk mereaksikan H<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> menjadi NH<sub>3</sub>, dan reaksinya adalah sebagai berikut :  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2 \text{NH}_3$

Produk amonia NH<sub>3</sub> gas selanjutnya di lakukan proses kondensasi di NH<sub>3</sub> *Refrigerant*, dan produk utamanya adalah NH<sub>3</sub> cair sedangkan sisa gas di *recycle* kembali ke *Compressor gas* alam sebelum masuk *Desulfirizer*. Produk utama NH<sub>3</sub> cair dikirim ke pabrik Urea dan ke tangki NH<sub>3</sub>. Baku utama urea adalah gas NH<sub>3</sub> & gas CO<sub>2</sub> yang berasal dari pabrik amonia.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi gas CO<sub>2</sub> pada produksi amonia adalah dengan mengkonversi gas CO<sub>2</sub> menjadi gas sintesis (CO) melalui proses gasifikasi batubara.

Gasifikasi batubara merupakan teknologi yang bersih karena tidak menghasilkan gas SO<sub>x</sub> dan NO<sub>x</sub> (Sobah, dkk., 2013). Gasifikasi batubara adalah proses konversi batubara yang berwujud padat menjadi campuran gas. Gasifikasi ini menggunakan tipe *fixed bed*, dimana agen penggasifikasinya

adalah udara, uap, dan lain-lain (Kumar, dkk., 2009). Gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari proses produksi amonia dapat digunakan sebagai medium penggasifikasi.

Gasifikasi batubara diawali dengan proses pirolisis kemudian diikuti dengan proses gasifikasi. Gasifikasi batubara dengan medium gas CO<sub>2</sub> menghasilkan produk utama berupa gas CO. Dalam proses ini juga dibutuhkan katalis, kalsium hidroksida merupakan salah satu senyawa yang dapat digunakan sebagai katalisator reaksi gasifikasi batubara dengan gas CO<sub>2</sub> (Sobah, dkk., 2013). Reaksi utama yang terjadi adalah reaksi Boudouard, yaitu:  $C + CO_2 \rightarrow 2CO$

Pengurangan gas CO<sub>2</sub> pada gasifikasi pada rentang suhu 600°C sampai 1000°C mencapai puncaknya pada suhu gasifikasi 800°C sebesar 7,2244 gram CO<sub>2</sub>/gram batubara atau sebesar 63,17%. Menurut Sobah, dkk., (2013), batubara yang digunakan untuk proses gasifikasi adalah berukuran 4-5,6 mm dengan perbandingan 10:1 antara batubara dengan katalis Ca(OH)<sub>2</sub>. Dalam proses gasifikasi ini, batubara yang telah dicampur serbuk Ca(OH)<sub>2</sub> dipirolisis pada suhu 700°C selama 90 menit dengan laju pemanasan kurang lebih 20°C/menit. Kemudian arang hasil dari pirolisis digasifikasi selama 120 menit dengan laju pemanasan 20°C/menit dan kemudian gas CO<sub>2</sub> dialirkan.

Beban emisi yang dihasilkan PT Petrokimia Gresik dalam proses sektor industri pada tahun 2026 sebesar 0,167 ton CO<sub>2</sub>/tahun. Perhitungan penurunan beban emisi CO<sub>2</sub> dari sektor industri sumber produksi amonia apabila menggunakan strategi reduksi gasifikasi adalah sebagai berikut:

Beban emisi tahun 2026	= 0,167 ton CO <sub>2</sub> /tahun
Efisiensi penangkapan CO <sub>2</sub>	= 63,17%
Beban emisi yang tereduksi	= 0,167 ton CO <sub>2</sub> /tahun x 63,17%
	= 0,105 ton CO <sub>2</sub> /tahun

#### 4.8.3 Teknologi Desulfurisasi

Pada sektor energi emisi SO<sub>2</sub> yang dihasilkan sangatlah besar, hal ini disebabkan karena penggunaan batu bara, gas alam, dan solar yang berjumlah banyak. Batubara sendiri merupakan bahan bakar yang menyumbang emisi SO<sub>2</sub> paling besar, sehingga perlu dilakukan pengurangan emisi yang berasal

dari penggunaan batubara. PT Petrokimia sebagian besar menggunakan batubara untuk pembangkit listrik pada unit utilitas batubara (UBB). Listrik yang dihasilkan dari pembangkit listrik tersebut sebesar 53 MW. Pembangkit listrik tersebut menggunakan *steam* untuk menggerakkan turbin.

PT Petrokimia Gresik memakai batubara *low grade* untuk digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik. Kandungan sulfur batubara sangat bervariasi yaitu mulai dari 0,1 hingga diatas 1%. Pada pembangkit listrik, potensi batubara dengan kandungan sulfur diatas 0,44% cenderung lebih banyak dibandingkan dengan batubara yang memiliki kandungan sulfur lebih rendah (Cahyadi, 2006).

Dalam proses pembangkit listrik tenaga uap yang berada di PT Petrokimia menghasilkan emisi, salah satunya adalah  $\text{SO}_2$ . Salah satu cara untuk mengurangi emisi  $\text{SO}_2$  adalah dengan menggunakan teknologi desulfurisasi. Teknologi ini merupakan penghilangan unsur S dalam batubara yang dapat dilakukan sebelum pembakaran, sesudah pembakaran, ataupun ketika dalam pembakaran batubara berlangsung. Nama yang umum untuk peralatan desulfurisasi adalah *flue gas desulphurization* (FGD).

Menurut Sugiyono (2000), ada dua tipe FGD yaitu FGD basah dan FGD kering. Pada FGD basah, campuran air dan gamping disemprotkan kedalam gas buang. Cara ini dapat mengurangi emisi  $\text{SO}_2$  sampai 70-95%. Hasil samping adalah *gypsum* dalam bentuk cair.

Sedangkan untuk FGD kering menggunakan campuran air dan batu kapur atau gamping yang diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Cara ini dapat mengurangi emisi  $\text{SO}_2$  sampai 70-97%. FGD kering menghasilkan produk samping dalam bentuk *gypsum* yang bercampur dengan limbah lain.

Dalam penelitian ini membahas pengurangan  $\text{SO}_2$  dengan metode sistem injeksi batu kapur (FGD kering), metode ini merupakan metode yang paling sederhana dimana batu kapur kering diinjeksikan ke bagian atas dari tungku agar bereaksi dengan  $\text{SO}_2$ . Sebagai zat penyerap  $\text{SO}_2$  dapat digunakan batu kapur (*limestone*)  $\text{CaCO}_3$ . Batu kapur diinjeksikan pada ruang bakar secara kontinyu. Efisiensi penangkapan  $\text{SO}_2$  mencapai

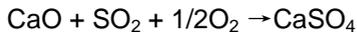
74,8% dengan ukuran batu kapur sebesar 200 mesh (Cahyadi, 2006).

Sistem injeksi batu kapur dapat ditambahkan dengan reaktor aktivasi yang terletak sebelum penangkap debu (*electrostatic precipitator*) sehingga kalsium oksida yang belum bereaksi diubah menjadi kalsium hidroksida yang dapat menangkap gas SO<sub>2</sub>. Proses ini dikenal dengan nama LIFAC (*Limestone Injection into the Furnace and Activation of Calcium Oxide*). Proses LIFAC membutuhkan sistem injeksi tungku dan reaktor aktivasi yang dipasang antara boiler dan *electrostatic precipitator*. Efisiensi penangkapan SO<sub>2</sub> sebesar 75%.

Pada tahap pertama, batu kapur yang telah dihaluskan ditiupkan dalam tungku boiler dimana temperatur berkisar 900-1250°C. Batu kapur akan terdekomposisi membentuk kalsium oksida dan karbon dioksida (Ekman dan Ahti, 2004). Persamaan reaksinya sebagai berikut:

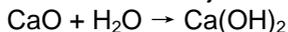


Sulfur dioksida dalam tungku akan bereaksi dengan kalsium oksida membentuk kalsium sulfat. Persamaan reaksinya sebagai berikut:

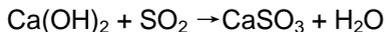


Campuran produk reaksi yang berbentuk partikulat dan *fly ash* akan terbawa aliran gas buang menuju reaktor aktivasi.

Pada fase kedua proses LIFAC adalah menginjektasi air ke dalam reaktor aktivasi. Dalam reaktor aktivasi, kalsium oksida yang ada dikonversi menjadi kalsium hidroksida:



Sulfur dioksida bereaksi dengan cepat dengan bentuk kalsium hidroksida, sehingga membentuk kalsium sulfat, dimana sebagian teroksidasi menjadi kalsium sulfat. Persamaan reaksinya sebagai berikut:



Produk reaksi proses ini adalah bubuk padat. Sebagian partikel akan terpisah pada dasar reaktor aktivasi dan sebagian lainnya tertangkap *electrostatic precipitator*.

Hasil akhir dari proses LIFAC berupa *gypsum* dan *fly ash*. Produk ini dapat digunakan untuk bahan baku *cement retarder*,

material pembuatan semen, *cornblok*, dan material konstruksi jalan. Perhitungan beban emisi  $\text{SO}_2$  dari sektor energi sumber stasioner (penggunaan batubara) apabila menggunakan metode ini sebagai berikut:

Beban emisi tahun 2026	= 977,52 ton $\text{SO}_2$ /tahun
Efisiensi penangkapan $\text{SO}_2$	= 75%
Beban emisi yang tereduksi	= 977,52 ton $\text{SO}_2$ /tahun x 75%
	= 733,14 ton $\text{SO}_2$ /tahun

## BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa:

- Beban emisi eksisting tahun 2016 adalah: sektor energi  $\text{CO}_2= 172,18$  ton/tahun,  $\text{CH}_4= 8,4 \times 10^{-6}$  ton/tahun,  $\text{SO}_2= 1391,64$  ton/tahun,  $\text{NO}_x= 0,0003$  ton/tahun, dan  $\text{CO}= 0,004$  ton/tahun. Sektor industri sebesar:  $\text{CO}_2= 0,01$  ton/tahun,  $\text{SO}_2= 1,88 \times 10^{-6}$  ton/tahun,  $\text{NO}_x= 0,0001$  ton/tahun, dan  $\text{CO}= 5 \times 10^{-4}$  ton/tahun. Sektor limbah sebesar  $\text{CH}_4= 3,95 \times 10^{-5}$  ton/tahun. Sedangkan beban emisi hasil proyeksi tahun 2026 adalah: sektor energi  $\text{CO}_2= 481,99$  ton/tahun,  $\text{CH}_4= 6,8 \times 10^{-6}$  ton/tahun,  $\text{SO}_2= 977,52$  ton/tahun,  $\text{NO}_x= 0,0002$  ton/tahun, dan  $\text{CO}= 0,0026$  ton/tahun. Sektor industri sebesar:  $\text{CO}_2= 0,167$  ton/tahun,  $\text{SO}_2= 8,8 \times 10^{-7}$  ton/tahun,  $\text{NO}_x= 1,2 \times 10^{-4}$  ton/tahun, dan  $\text{CO}= 3 \times 10^{-4}$  ton/tahun. Sektor limbah sebesar  $\text{CH}_4= 0,004$  ton/tahun.
- Strategi yang dapat dilakukan di PT Petrokimia Gresik adalah penyerapan  $\text{CO}_2$  oleh ruang terbuka hijau membutuhkan lahan seluas 0,03 Ha untuk ditanami pohon trembesi dan seluas 2,92 Ha untuk ditanami pohon mahoni. Teknologi gasifikasi batubara untuk menurunkan emisi  $\text{CO}_2$  sektor industri sebesar 0,105 ton  $\text{CO}_2$ /tahun. Teknologi desulfurisasi dapat menurunkan emisi  $\text{SO}_2$  sektor energi (penggunaan batubara) sebesar 733,14 ton  $\text{SO}_2$ /tahun.

### 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini untuk penelitian berikutnya antara lain:

1. Sebaiknya data yang digunakan berupa data *time series* harus sama yaitu minimal 5 tahun, agar hasil yang diperoleh bisa lebih akurat.
2. Sebaiknya untuk penelitian pada industri yang memproduksi amonia, data COF dan CCF diketahui perhitungannya. Hal ini bertujuan agar memudahkan dalam menganalisis beban emisi sektor industri.

3. Dalam perhitungan RTH, data arah angin dan kecepatan angin dianjurkan untuk memakai data primer yang didapat dari PT Petrokimia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agusnar, H. 2008. **Analisa Pencemaran Dan Pengendalian Lingkungan**. Medan: USU Press
- Alyuz, U., dan Kadir A. 2014. Emission inventory of primary air pollutants in 2010 from industrial processes in Turkey. **Science of the Total Environment** 488–489 (2014) 369–381.
- Ambarsari, N., Lestari, P., dan Sofyan, A. 2013. **Inventarisasi Emisi Black Carbon, Prekursor Ozon (CO, NO<sub>x</sub>, Spesi VOC) dan penentuan Ozone Formation Potential (Studi Kasus: Bandung Raya)**. Program Studi Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan. Bandung.
- Anonim. 2015. **Transparansi Menuju Perusahaan Global**. Laporan Tahunan 2015. PT Petrokimia Gresik.
- Ardedah, N. 2015. **Penentuan Faktor Emisi Spesifik Sektor Permukiman dan Persampahan untuk Estimasi Tapak Karbon dan Pemetaannya di Kabupaten Banyuwangi**. Thesis Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Badan Pengkajian Kebijakan Iklim dan Mutu Industri. 2012. **Draft Petunjuk Teknis Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) di Sektor Industri**. Jakarta.
- Budi, R. F., dan Suparman. 2013. **Perhitungan Faktor Emisi CO<sub>2</sub> PLTU Batubara dan PLTN**. Jurnal Pengembangan Energi Nuklir Vol. 15 No. 1.
- Cahyadi. 2006. **Strategi Menurunkan Emisi SO<sub>2</sub> pada PLTU Batubara yang Tidak Memiliki Desulfurisasi**. Jurnal Ilmiah Teknologi Energi, Vol. 1, No. 2. ISSN 1858-3466.
- Dahlan, E. N . 2007. **Analisis Kebutuhan Luasan Hutan Kota Sebagai Sink Gas CO<sub>2</sub> Antropogenik Dari Bahan Bakar Minyak dan Gas di Kota Bogor Dengan Pendekatan Sistem Dinamik**. Disertasi. IPB, Bogor.
- De Nevers, Noel. 2000. **Air Pollution Control Engineering**. McGraw-Hill, Inc. Singapore
- Dewi, Y. S. dan Budiyanti, T. 2010. **Pengaruh Campuran Kadar Kerosin dalam Premium terhadap Emisi Gas Sulfur**

- Oksida dan Nitrogen Oksida pada Kendaraan Bermotor.** Jurnal Ilmiah Fakultas teknik LIMIT'S Vol. 6. Jakarta. Hal: 1-3.
- Ekman, I., dan Ahti, A. 2004. ***Experiences of LIFAC FGD in Chinese Boiler.*** Proceeding China International SOx and NOx Exhibition and Conference. Beijing, Cina.
- Hadi, P, U., Swastika, D., dan Dabukke, F. 2007. **Analisis Penawaran dan Permintaan Pupuk di Indonesia 2007-2012.** Makalah Pusat Analisis Ekonomi dan Kebijakan Pertanian. Bogor.
- Hidayat, A. 2008. ***Pengantar Kebutuhan Dasar Manusia: Aplikasi Konsep dan Proses Keperawatan Buku 1.*** Jakarta: Salemba Medika.
- IPCC .2006. ***IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 2 -Energy, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.***
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2013. **Kajian Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Energi.** Jakarta.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2015. **Kajian Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Energi.** Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. **Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional Buku I.** Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. **Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional Buku II Volume 1 Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Pengadaan dan Penggunaan Energi.** Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup.2012. **Pedoman Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional Buku II Volume 2: Metodologi Penghitungan Tingkat Penyebaran Emisi dan Penyerapan Gas Rumah Kaca Proses Industri dan Penggunaan Produk.**Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. **Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca**

- Nasional Buku II Volume 4 Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Pengelolaan Limbah.** Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2013. **Pedoman teknis Penyusunan Inventarisasi Emisi Pencemar Udara di Perkotaan.** Jakarta.
- Kumar, A., Jones, D., dan Hanna, M,A. 2009. ***Thermochemical Biomass Gasification: A Review of the Current Status of the Technology.*** Energies 2009, 2, 556-5581. ISSN 1996-1073.
- Kusminingrum, N. 2008. **Potensi Tanaman dalam Menyerap CO<sub>2</sub> dan CO untuk Mengurangi Dampak Pemanasan Global.** Jurnal Permukiman Vol. 3 No. 2 (2). Hal: 98. Bandung
- Kusumasari, T. F. 2011. **Pengembangan Aplikasi Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca pada Sektor Industri.** Jurnal Informasi Vol. 4 No. 2. Hal: 10. Bandung
- Muhi, A, H. 2011. **Praktek Lingkungan Hidup.** Institut Pemerintahan Dalam Negeri (IPDN). Jawa Barat.
- Mukono, H, J. 2005. **Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernapasan.** Airlangga University Press. Surabaya
- Mukono, H, J. 2006. **Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan.** Airlangga University Press. Surabaya
- Newby, E, John. 2007. **Perubahan Iklim Sedang Terjadi Saat ini.** Jakarta
- Ohara, T., Akimoto, H., Kurokawa, J., Horii, N., Yamaji, K., Yan, X., and Hayasaka, T. 2007. ***An Asian Emission Inventory of Anthropogenic Emission Sources for the Period 1980-2020.*** Atmospheric Chemistry and Physics, 7, 4419-4444.
- Pudjiastuti, L., Santoso, R, B., dan Astuti, R, F. 2013. **Adendum Andal, RKL-RPL Pengembangan Tahap IV dan Fasilitas Penunjang Kompleks Industri PT Petrokimia Gresik.** PT Petrokimia Gresik.
- Purwanta, W. 2009. **Penghitungan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dari Sektor Sampah Perkotaan di Indonesia.** Jurnal Teknologi Lingkungan Vol. 10 No. 1. Jakarta.

- Republik Indonesia. 2010. **Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah**. Jakarta.
- Republik Indonesia. 2011. **Peraturan Presiden No. 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca**. Jakarta.
- Republik Indonesia. 2011. **Peraturan Presiden No. 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional**. Jakarta.
- Risnandar, S.T. 2008. **Mengenai IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)**. <http://risnandarweb.com/>. diakses pada tanggal 16 Desember 2016].
- Sa'duddin., Hadi. M., Pramono. 2015. **Beban Emisi Sektor Transportasi Yogyakarta**. *The 18th FSTPT International Symposium*. Bandar Lampung. Hal: 2.
- Samiaji. 2009. **Sistem Informasi Akuntansi**. Grasindo. Jakarta.
- Sengkey, S. L., Jansen, F., dan Wallah, S. 2011. **Tingkat Pencemaran Udara CO Akibat Lalu Lintas dengan Model Prediksi Polusi Udara Skala Mikro**. *Jurnal Ilmiah Media Engineering* Vol. 1 No. 2. Hal: 120.
- Shrestha, R.M., Kim Oanh, N.T., Shrestha, R. P., Rupakheti, M., Rajbhandari, S., Permadi, D.A., Kanabkaew, T., dan Iyngararasan, M. 2013. **Atmospheric Brown Clouds (ABC) Emission Inventory Manual**. United Nations Environment Programme. Nairobi. Kenya.
- Sobah, S., Sulistyono., dan Syamsiah, S. 2013. **Pengolahan Gas SO<sub>2</sub> Hasil Samping Industri Amoniak Melalui Gasifikasi Batubara yang Telah dipirolisis dengan Menambahkan Ca(OH)<sub>2</sub>**. *Jurnal Rekayasa Proses* Vol. 7 No.1.
- Soedomo, M. 2001. **Pencemaran Udara**. ITB Bandung.
- Sudarman. 2010. **Meminimalkan Daya Dukung Sampah terhadap Pemanasan Global**. *Jurnal Profesional* Vol. 8 No. 1. Semarang. Hal: 53.
- Sugiyono. 2000. **Prospek Penggunaan Teknologi Bersih Untuk Pembangkit Listrik dengan Bahan Bakar Batubara di Indonesia**. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol. 1, No. 1.

- Syahrani, A. 2006. **Analisa Kinerja Mesin Bensin Berdasarkan Hasil Uji Emisi**. Jurnal SMARTek. Vol. 4, No. 4, Nopember 2006: 260-266 Palu:Universitas Tadulako.
- USEPA. 2005. ***Emission Inventory Improvement Program: Preferred and Alternative Methods For Gathering And Locating Spesific Inventory Data***. Washington DC: US EPA.
- Utina, R. 2008. **Pendidikan Lingkungan Hidup dan Konservasi Sumberdaya Alam Pesisir**. UNG Press. Gorontalo.
- Wulandari, M. T., Hermawan., dan Purwanto. 2013. **Kajian Emisi CO<sub>2</sub> Berdasarkan Penggunaan Energi Rumah Tangga Sebagai Penyebab Pemanasan Global (Studi Kasus Perumahan Sebantengan, Gedang Asri, Susukan RW 07 Kabupaten Semarang)**. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan. Semarang.
- Yamin, M., dkk. 2014. **Pencemaran Udara Karbon Monoksida dan Nitrogen Oksida Akibat Kendaraan Bermotor Pada Ruas Jalan Padat Lalu Lintas di Kota Makassar**. Simposium XII PSTPT UK Petra-Surabaya.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

### LAMPIRAN 1. JUMLAH KENDARAAN BERDASARKAN JENIS PER HARI

Pergi										
Hari/Tanggal	Lokasi	waktu	Jenis Kendaraan						Panjang Jalan Parkir Motor (km)	Panjang Jalan Parkir Mobil (km)
			Kendaraan Berat		Kendaraan Ringan			Sepeda motor		
			Bu s	Truk Muat	Mobil (bensin)	Mobil (solar)	Pick up			
Senin, 27 Februari 2017	Depan Parkiran Pabrik 1	07.00	0	29	52	8	12	444	0,29	0,25
		15.00	0	17	10	6	8	155	0,29	0,25
		23.00	0	22	7	2	7	106	0,29	0,25
		Jumlah	0	68	69	16	27	705		
	Depan Parkiran Pabrik 2	07.00	0	112	39	2	10	1265	1,39	1,39
		15.00	0	138	21	1	8	745	1,39	1,39
		23.00	0	60	9	0	6	275	1,39	1,39
		Jumlah	0	310	69	3	24	2285		
	Depan Parkiran Pabrik 3	07.00	0	7	3	0	3	391	3,00	3,10
		15.00	0	3	2	0	1	170	3,00	3,10

Pergi										
Hari/Tanggal	Lokasi	waktu	Jenis Kendaraan						Panjang Jalan Parkir Motor (km)	Panjang Jalan Parkir Mobil (km)
			Kendaraan Berat		Kendaraan Ringan			Sepeda motor		
			Bus	Truk Muat	Mobil (bensin)	Mobil (solar)	Pick up			
		23.00	0	4	2	0	1	106	3,00	3,10
		Jumlah	0	14	7	0	5	667		
		Jumlah Total	0	392	145	19	56	3657		
Selasa, 28 Feb 2017	Depan Parkiran Pabrik 1	07.00	0	22	51	6	13	434	0,29	0,25
		15.00	0	18	9	5	10	158	0,29	0,25
		23.00	0	5	8	1	6	107	0,29	0,25
		Jumlah	0	45	68	12	29	699		
	Depan Parkiran Pabrik 2	07.00	0	123	37	2	11	1267	1,39	1,39
		15.00	0	131	20	1	7	746	1,39	1,39
		23.00	0	31	7	0	5	278	1,39	1,39
		Jumlah	0	285	64	3	23	2291		

Pergi										
Hari/Tanggal	Lokasi	waktu	Jenis Kendaraan						Panjang Jalan Parkir Motor (km)	Panjang Jalan Parkir Mobil (km)
			Kendaraan Berat		Kendaraan Ringan			Sepeda motor		
			Bu s	Truk Muat	Mobil (bensin)	Mobil (solar)	Pick up			
	Depan Parkiran Pabrik 3	07.00	0	6	3	1	3	393	3,00	3,10
		15.00	0	4	2	0	3	168	3,00	3,10
		23.00	0	2	3	0	1	107	3,00	3,10
		Jumlah	0	12	8	1	7	668		
	Jumlah Total	0	342	140	16	59	3658			
Rabu, 1 Maret 2017	Depan Parkiran Pabrik 1	07.00	0	23	48	8	9	425	0,29	0,25
		15.00	0	53	10	6	10	152	0,29	0,25
		23.00	0	6	8	2	5	104	0,29	0,25
		Jumlah	0	82	66	16	24	681		
	Depan	07.00	0	68	38	1	10	1270	1,39	1,39

Pergi											
Hari/Tangga I	Lokasi	waktu	Jenis Kendaraan						Panjang Jalan Parkir Motor (km)	Panjan g Jalan Parkir Mobil (km)	
			Kendaraan Berat		Kendaraan Ringan			Sepeda motor			
			Bu s	Truk Muat	Mobil (bensin)	Mobil (solar)	Pick up				
	Parkiran Pabrik 2	15.00	0	107	19	2	6	740	1,39	1,39	
		23.00	0	45	8	0	7	281	1,39	1,39	
		Jumla h	0	220	65	3	23	2291			
	Depan Parkiran Pabrik 3	07.00	0	7	3	0	3	390	3,00	3,10	
		15.00	0	4	1	0	1	168	3,00	3,10	
		23.00	0	2	2	0	1	109	3,00	3,10	
		Jumla h	0	13	6	0	5	667			
	Jumlah Total		0	315	137	19	52	3639			
	Kamis, 2 Maret 2017	Depan Parkiran Pabrik 1	07.00	2	16	45	9	12	445	0,29	0,25
			15.00	0	32	18	5	8	134	0,29	0,25
23.00			0	9	3	0	4	107	0,29	0,25	
Jumla			2	57	66	14	24	686			

Pergi										
Hari/Tangga I	Lokasi	waktu	Jenis Kendaraan						Panjang Jalan Parkir Motor (km)	Panjan g Jalan Parkir Mobil (km)
			Kendaraan Berat		Kendaraan Ringan			Sepeda motor		
			Bu s	Truk Muat	Mobil (bensin)	Mobil (solar)	Pick up			
		h								
	Depan Parkiran Pabrik 2	07.00	0	87	45	4	14	1273	1,39	1,39
		15.00	0	102	10	6	9	742	1,39	1,39
		23.00	0	40	8	2	7	279	1,39	1,39
		Jumla h	0	229	63	12	30	2294		
	Depan Parkiran Pabrik 3	07.00	0	8	4	1	2	388	3,00	3,10
		15.00	0	5	2	0	1	170	3,00	3,10
		23.00	0	2	2	0	1	105	3,00	3,10
		Jumla h	0	15	8	1	4	663		
	Jumlah Total		2	301	137	27	58	3643		
Jumat, 3	Depan	07.00	2	25	49	7	9	444	0,29	0,25

Pergi										
Hari/Tanggal	Lokasi	waktu	Jenis Kendaraan						Panjang Jalan Parkir Motor (km)	Panjang Jalan Parkir Mobil (km)
			Kendaraan Berat		Kendaraan Ringan			Sepeda motor		
			Bus	Truk Muat	Mobil (bensin)	Mobil (solar)	Pick up			
Maret 2017	Parkiran Pabrik 1	15.00	0	19	8	6	7	138	0,29	0,25
		23.00	0	30	5	2	4	110	0,29	0,25
		Jumlah	2	74	62	15	20	692		
		07.00	0	76	44	2	10	1268	1,39	1,39
	Depan Parkiran Pabrik 2	15.00	0	92	8	2	8	740	1,39	1,39
		23.00	0	57	7	0	6	281	1,39	1,39
		Jumlah	0	225	59	4	24	2289		
		07.00	0	6	3	1	1	387	3,00	3,10
	Depan Parkiran Pabrik 3	15.00	0	5	1	1	2	168	3,00	3,10
		23.00	0	3	1	0	0	106	3,00	3,10
		Jumlah	0	14	5	2	3	661		

Pergi										
Hari/Tanggal	Lokasi	waktu	Jenis Kendaraan						Panjang Jalan Parkir Motor (km)	Panjang Jalan Parkir Mobil (km)
			Kendaraan Berat		Kendaraan Ringan			Sepeda motor		
			Bus	Truk Muat	Mobil (bensin)	Mobil (solar)	Pick up			
	Jumlah Total		2	313	126	21	47	3642		
Sabtu, 4 Maret 2017	Depan Parkiran Pabrik 1	07.00	2	8	8	8	5	98	0,29	0,25
		15.00	0	17	5	6	6	69	0,29	0,25
		23.00	0	11	1	4	2	78	0,29	0,25
		Jumlah	2	36	14	18	13	245		
	Depan Parkiran Pabrik 2	07.00	0	115	9	5	7	846	1,39	1,39
		15.00	0	51	5	2	5	368	1,39	1,39
		23.00	0	35	5	1	1	284	1,39	1,39
		Jumlah	0	201	19	8	13	1498		
	Depan Parkiran Pabrik 3	07.00	0	5	3	1	2	303	3,00	3,10
		15.00	0	4	1	1	3	100	3,00	3,10

Pergi										
Hari/Tangga I	Lokasi	waktu	Jenis Kendaraan						Panjang Jalan Parkir Motor (km)	Panjan g Jalan Parkir Mobil (km)
			Kendaraan Berat		Kendaraan Ringan			Sepeda motor		
			Bu s	Truk Muat	Mobil (bensin)	Mobil (solar)	Pick up			
		23.00	0	2	1	1	1	128	3,00	3,10
		Jumla h	0	9	5	3	6	531		
		Jumlah Total	2	246	38	29	32	2274		
Minggu, 5 Maret 2017	Depan Parkiran Pabrik 1	07.00	0	6	8	6	7	99	0,29	0,25
		15.00	0	16	6	3	5	67	0,29	0,25
		23.00	0	16	1	2	3	78	0,29	0,25
		Jumla h	0	38	15	11	15	244		
	Depan Parkiran Pabrik 2	07.00	0	113	8	5	7	843	1,39	1,39
		15.00	0	50	5	2	6	364	1,39	1,39
		23.00	0	35	4	1	1	285	1,39	1,39
		Jumla h	0	198	17	8	14	1492		

Pergi										
Hari/Tangga I	Lokasi	waktu	Jenis Kendaraan						Panjang Jalan Parkir Motor (km)	Panjan g Jalan Parkir Mobil (km)
			Kendaraan Berat		Kendaraan Ringan			Sepeda motor		
			Bu s	Truk Muat	Mobil (bensin)	Mobil (solar)	Pick up			
	Depan Parkiran Pabrik 3	07.00	0	6	3	1	2	298	3,00	3,10
		15.00	0	4	2	1	2	99	3,00	3,10
		23.00	0	2	1	1	1	127	3,00	3,10
		Jumla h	0	12	6	3	5	524		
	Jumlah Total		0	248	38	22	34	2260		

Sumber: Hasil Survei

### Jumlah Kendaraan Berdasarkan Jenis per Hari saat Jam Pulang

Pulang										
Hari/Tanggal	Lokasi	waktu	Jenis Kendaraan						Panjang Jalan Parkir Motor (km)	Panjang Jalan Parkir Mobil (km)
			Kendaraan Berat		Kendaraan Ringan			Sepeda motor		
			Bus	Truk Muat	Mobil (bensin)	Mobil (solar)	Pick up			
Senin, 27 Februari 2017	Depan Parkiran Pabrik 1	13.00	0	29	52	8	12	444	0,29	0,25
		23.00	0	17	10	6	8	155	0,29	0,25
		07.00	0	22	7	2	7	106	0,29	0,25
		Jumlah	0	68	69	16	27	705		
	Depan Parkiran Pabrik 2	13.00	0	112	39	2	10	1265	1,39	1,39
		23.00	0	138	21	1	8	745	1,39	1,39
		07.00	0	60	9	0	6	275	1,39	1,39
		Jumlah	0	310	69	3	24	2285		
	Depan Parkiran Pabrik 3	13.00	0	7	3	0	3	391	3,00	3,10
		23.00	0	3	2	0	1	170	3,00	3,10

Pulang										
Hari/Tanggal	Lokasi	waktu	Jenis Kendaraan						Panjang Jalan Parkir Motor (km)	Panjang Jalan Parkir Mobil (km)
			Kendaraan Berat		Kendaraan Ringan			Sepeda motor		
			Bus	Truk Muat	Mobil (bensin)	Mobil (solar)	Pick up			
		07.00	0	4	2	0	1	106	3,00	3,10
		Jumlah	0	14	7	0	5	667		
		Jumlah Total	0	392	145	19	56	3657		
Selasa, 28 Feb 2017	Depan Parkiran Pabrik 1	13.00	0	22	51	6	13	434	0,29	0,25
		23.00	0	18	9	5	10	158	0,29	0,25
		07.00	0	5	8	1	6	107	0,29	0,25
		Jumlah	0	45	68	12	29	699		
	Depan Parkiran Pabrik 2	13.00	0	123	37	2	11	1267	1,39	1,39
		23.00	0	131	20	1	7	746	1,39	1,39
		07.00	0	31	7	0	5	278	1,39	1,39
		Jumlah	0	285	64	3	23	2291		

Pulang										
Hari/Tanggal	Lokasi	waktu	Jenis Kendaraan					Sepeda motor	Panjang Jalan Parkir Motor (km)	Panjang Jalan Parkir Mobil (km)
			Kendaraan Berat		Kendaraan Ringan					
			Bus	Truk Muat	Mobil (bensin)	Mobil (solar)	Pick up			
	Depan Parkiran Pabrik 3	13.00	0	6	3	1	3	393	3,00	3,10
		23.00	0	4	2	0	3	168	3,00	3,10
		07.00	0	2	3	0	1	107	3,00	3,10
		Jumlah	0	12	8	1	7	668		
	Jumlah Total	0	342	140	16	59	3658			
Rabu, 1 Maret 2017	Depan Parkiran Pabrik 1	13.00	0	23	48	8	9	425	0,29	0,25
		23.00	0	53	10	6	10	152	0,29	0,25
		07.00	0	6	8	2	5	104	0,29	0,25
		Jumlah	0	82	66	16	24	681		
	Depan Parkiran Pabrik 2	13.00	0	68	38	1	10	1270	1,39	1,39
		23.00	0	107	19	2	6	740	1,39	1,39

Pulang										
Hari/Tanggal	Lokasi	waktu	Jenis Kendaraan						Panjang Jalan Parkir Motor (km)	Panjang Jalan Parkir Mobil (km)
			Kendaraan Berat		Kendaraan Ringan			Sepeda motor		
			Bus	Truk Muat	Mobil (bensin)	Mobil (solar)	Pick up			
		07.00	0	45	8	0	7	281	1,39	1,39
		Jumlah	0	220	65	3	23	2291		
	Depan Parkiran Pabrik 3	13.00	0	7	3	0	3	390	3,00	3,10
		23.00	0	4	1	0	1	168	3,00	3,10
		07.00	0	2	2	0	1	109	3,00	3,10
		Jumlah	0	13	6	0	5	667		
	Jumlah Total		0	315	137	19	52	3639		
Kamis, 2 Maret 2017	Depan Parkiran Pabrik 1	13.00	2	16	45	9	12	445	0,29	0,25
		23.00	0	32	18	5	8	134	0,29	0,25
		07.00	0	9	3	0	4	107	0,29	0,25
		Jumlah	2	57	66	14	24	686		

Pulang										
Hari/Tanggal	Lokasi	waktu	Jenis Kendaraan					Sepeda motor	Panjang Jalan Parkir Motor (km)	Panjang Jalan Parkir Mobil (km)
			Kendaraan Berat		Kendaraan Ringan					
			Bus	Truk Muat	Mobil (bensin)	Mobil (solar)	Pick up			
	Depan Parkiran Pabrik 2	13.00	0	87	45	4	14	1273	1,39	1,39
		23.00	0	102	10	6	9	742	1,39	1,39
		07.00	0	40	8	2	7	279	1,39	1,39
		Jumlah	0	229	63	12	30	2294		
	Depan Parkiran Pabrik 3	13.00	0	8	4	1	2	388	3,00	3,10
		23.00	0	5	2	0	1	170	3,00	3,10
		07.00	0	2	2	0	1	105	3,00	3,10
		Jumlah	0	15	8	1	4	663		
	Jumlah Total		2	301	137	27	58	3643		
	Jumat, 3 Maret 2017	Depan Parkiran Pabrik 1	13.00	2	25	49	7	9	444	0,29
23.00			0	19	8	6	7	138	0,29	0,25
07.00			0	30	5	2	4	110	0,29	0,25

Pulang										
Hari/Tanggal	Lokasi	waktu	Jenis Kendaraan						Panjang Jalan Parkir Motor (km)	Panjang Jalan Parkir Mobil (km)
			Kendaraan Berat		Kendaraan Ringan			Sepeda motor		
			Bus	Truk Muat	Mobil (bensin)	Mobil (solar)	Pick up			
		Jumlah	2	74	62	15	20	692		
	Depan Parkiran Pabrik 2	13.00	0	76	44	2	10	1268	1,39	1,39
		23.00	0	92	8	2	8	740	1,39	1,39
		07.00	0	57	7	0	6	281	1,39	1,39
		Jumlah	0	225	59	4	24	2289		
	Depan Parkiran Pabrik 3	13.00	0	6	3	1	1	387	3,00	3,10
		23.00	0	5	1	1	2	168	3,00	3,10
		07.00	0	3	1	0	0	106	3,00	3,10
		Jumlah	0	14	5	2	3	661		
	Jumlah Total		2	313	126	21	47	3642		
Sabtu, 4	Depan	13.00	2	8	8	8	5	98	0,29	0,25

Pulang										
Hari/Tanggal	Lokasi	waktu	Jenis Kendaraan					Sepeda motor	Panjang Jalan Parkir Motor (km)	Panjang Jalan Parkir Mobil (km)
			Kendaraan Berat		Kendaraan Ringan					
			Bus	Truk Muat	Mobil (bensin)	Mobil (solar)	Pick up			
Maret 2017	Parkiran Pabrik 1	23.00	0	17	5	6	6	69	0,29	0,25
		07.00	0	11	1	4	2	78	0,29	0,25
		Jumlah	2	36	14	18	13	245		
		13.00	0	115	9	5	7	846	1,39	1,39
	Depan Parkiran Pabrik 2	23.00	0	51	5	2	5	368	1,39	1,39
		07.00	0	35	5	1	1	284	1,39	1,39
		Jumlah	0	201	19	8	13	1498		
		13.00	0	5	3	1	2	303	3,00	3,10
	Depan Parkiran Pabrik 3	23.00	0	4	1	1	3	100	3,00	3,10
		07.00	0	2	1	1	1	128	3,00	3,10
		Jumlah	0	9	5	3	6	531		

Pulang										
Hari/Tanggal	Lokasi	waktu	Jenis Kendaraan					Sepeda motor	Panjang Jalan Parkir Motor (km)	Panjang Jalan Parkir Mobil (km)
			Kendaraan Berat		Kendaraan Ringan					
			Bus	Truk Muat	Mobil (bensin)	Mobil (solar)	Pick up			
	Jumlah Total		2	246	38	29	32	2274		
Minggu, 5 Maret 2017	Depan Parkiran Pabrik 1	13.00	0	6	8	6	7	99	0,29	0,25
		23.00	0	16	6	3	5	67	0,29	0,25
		07.00	0	16	1	2	3	78	0,29	0,25
		Jumlah	0	38	15	11	15	244		
	Depan Parkiran Pabrik 2	13.00	0	113	8	5	7	843	1,39	1,39
		23.00	0	50	5	2	6	364	1,39	1,39
		07.00	0	35	4	1	1	285	1,39	1,39
		Jumlah	0	198	17	8	14	1492		
	Depan Parkiran Pabrik 3	13.00	0	6	3	1	2	298	3,00	3,10
		23.00	0	4	2	1	2	99	3,00	3,10

Pulang										
Hari/Tanggal	Lokasi	waktu	Jenis Kendaraan					Sepeda motor	Panjang Jalan Parkir Motor (km)	Panjang Jalan Parkir Mobil (km)
			Kendaraan Berat		Kendaraan Ringan					
			Bus	Truk Muat	Mobil (bensin)	Mobil (solar)	Pick up			
		07.00	0	2	1	1	1	127	3,00	3,10
		Jumlah	0	12	6	3	5	524		
		Jumlah Total	0	248	38	22	34	2260		

Sumber: Hasil Survei

## LAMPIRAN 2. JUMLAH KENDARAAN PADA HARI KERJA DAN LIBUR

### Jumlah Kendaraan pada Hari Kerja

Hari/Tanggal	Lokasi	Jenis Kendaraan						
		Kendaraan Berat			Kendaraan Ringan			Sepeda motor
		Bus	Truk Muat	Truk Sampah	Mobil (bensin)	Mobil (solar)	Pick up	
Senin, 27 Februari 2017	Depan Parkiran Pabrik 1	0	68	4	69	16	27	705
Selasa, 28 Februari 2017		0	45	4	68	12	29	699
Rabu, 1 Maret 2017		0	82	4	66	16	24	681
Kamis, 2 Maret 2017		2	57	4	66	14	24	686
Jumat, 3 Maret 2017		2	74	4	62	15	20	692
<b>Rata-rata</b>		<b>1</b>	<b>65</b>	<b>4</b>	<b>66</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>693</b>
Senin, 27 Februari 2017	Depan Parkiran Pabrik 2	0	310	4	69	3	24	2285
Selasa, 28 Februari 2017		0	285	4	64	3	23	2291
Rabu, 1 Maret 2017		0	220	4	65	3	23	2291

Hari/Tanggal	Lokasi	Jenis Kendaraan						
		Kendaraan Berat			Kendaraan Ringan			Sepeda motor
		Bus	Truk Muat	Truk Sampah	Mobil (bensin)	Mobil (solar)	Pick up	
Kamis, 2 Maret 2017		0	229	4	63	12	30	2294
Jumat, 3 Maret 2017		0	225	4	59	4	24	2289
Rata-rata		0	254	4	64	5	24,8	2290
Senin, 27 Februari 2017	Depan Parkiran Pabrik 3	0	14	4	7	0	5	667
Selasa, 28 Februari 2017		0	12	4	8	1	7	668
Rabu, 1 Maret 2017		0	12	4	8	1	7	667
Kamis, 2 Maret 2017		0	15	4	8	1	4	663
Jumat, 3 Maret 2017		0	14	4	5	2	3	661
Rata-rata		0	13	4	7	1	5	665

Sumber: Hasil Perhitungan

### Jumlah Kendaraan pada Hari Libur

Hari/Tanggal	Lokasi	Jenis Kendaraan						
		Kendaraan Berat			Kendaraan Ringan			Sepeda motor
		Bus	Truk Muat	Truk Sampah	Mobil (bensin)	Mobil (solar)	Pick up	
Sabtu, 4 Maret 2017	Depan Parkiran Pabrik 1	2	8	4	8	8	5	98
Minggu, 5 Maret 2017		0	38	0	15	11	15	244
Rata-rata		1	23	2	12	10	10	171
Sabtu, 4 Maret 2017	Depan Parkiran Pabrik 2	0	201	4	19	8	13	1498
Minggu, 5 Maret 2017		0	198	0	17	8	14	1492
Rata-rata		0	200	2	18	8	14	1495
Sabtu, 4 Maret 2017	Depan Parkiran Pabrik 3	0	9	4	5	3	6	531
Minggu, 5 Maret 2017		0	12	0	6	3	5	524
Rata-rata		0	11	2	6	3	6	528

Sumber: Hasil Perhitungan

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

### LAMPIRAN 3. HASIL REKAPAN BEBAN EMISI PER SUMBER

NO.	SEKTOR	Tahun	BEBAN EMISI PT PETROKIMIA GRESIK				
			CO <sub>2</sub> (Ton/tahun)	CH <sub>4</sub> (Ton/tahun)	SO <sub>2</sub> (Ton/tahun)	NO <sub>x</sub> (Ton/tahun)	CO (Ton/tahun)
1.	<b>Energi</b>						
	Sumber Stasioner	2011	193,67	9,15X10 <sup>-6</sup>	1474,11	0,0003	0,0046
		2012	185,20	9,06 X10 <sup>-6</sup>	1489,56	0,0003	0,0043
		2013	206,99	1,01 X10 <sup>-5</sup>	1655,92	0,0004	0,0048
		2014	191,63	1,01 X10 <sup>-5</sup>	1724,54	0,0003	0,0042
		2015	169,94	7,42 X10 <sup>-6</sup>	1137,04	0,0003	0,0043
		2016	172,09	8,45 X10 <sup>-6</sup>	1391,64	0,0003	0,0040
	Transportasi Darat	2011	-	-	-	-	-
		2012	-	-	-	-	-
		2013	-	-	-	-	-
		2014	0,095	-	-	-	-
2015		0,082	-	-	-	-	

NO.	SEKTOR	Tahun	BEBAN EMISI PT PETROKIMIA GRESIK				
			CO <sub>2</sub> (Ton/tahun)	CH <sub>4</sub> (Ton/tahun)	SO <sub>2</sub> (Ton/tahun)	NO <sub>x</sub> (Ton/tahun)	CO (Ton/tahun)
		2016	0,082	-	-	-	-
2	<b>Industri</b>						
	Produksi Amonia	2011	0,282	-	2,36 X10 <sup>-6</sup>	0,00021	0,00062
		2012	0,309	-	1,94 X10 <sup>-6</sup>	0,00017	0,00051
		2013	0,334	-	2,35 X10 <sup>-6</sup>	0,00021	0,00062
		2014	0,011	-	2,08 X10 <sup>-6</sup>	0,00019	0,00055
		2015	0,003	-	2,06 X10 <sup>-6</sup>	0,00019	0,00054
		2016	0,002	-	1,88 X10 <sup>-6</sup>	0,00017	0,00049
	Pemakaian Listrik	2011	0,005	-	-	-	-
		2012	0,010	-	-	-	-
		2013	0,013	-	-	-	-
		2014	0,012	-	-	-	-
		2015	0,008	-	-	-	-

NO.	SEKTOR	Tahun	BEBAN EMISI PT PETROKIMIA GRESIK				
			CO <sub>2</sub> (Ton/tahun)	CH <sub>4</sub> (Ton/tahun)	SO <sub>2</sub> (Ton/tahun)	NO <sub>x</sub> (Ton/tahun)	CO (Ton/tahun)
		2016	0,010	-	-	-	-
3	<b>Limbah</b>						
	<b>Limbah Cair Industri</b>	2011	-	-	-	-	-
		2012	-	-	-	-	-
		2013	-	-	-	-	-
		2014	-	0,0110	-	-	-
		2015	-	2,46X10 <sup>-6</sup>	-	-	-
		2016	-	3,95X10 <sup>-5</sup>	-	-	-

*Sumber: Hasil Perhitungan*

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

#### LAMPIRAN 4. PROYEKSI BEBAN EMISI POLUTAN SEKTOR ENERGI

##### Hasil Proyeksi Beban Emisi CH<sub>4</sub> Sumber Stasioner

Tahun ke	Tahun	Emisi CH <sub>4</sub>
		(ton CH <sub>4</sub> /tahun)
1	2011	0,000009
2	2012	0,000009
3	2013	0,000010
4	2014	0,000010
5	2015	0,000007
6	2016	0,000008
7	2017	0,000009
8	2018	0,000008
9	2019	0,000008
10	2020	0,000008
11	2021	0,000008
12	2022	0,000008
13	2023	0,000007
14	2024	0,000007
15	2025	0,000007
16	2026	0,000007

*Sumber: Hasil Perhitungan*

##### Hasil Proyeksi Beban Emisi SO<sub>2</sub> Sumber Stasioner

Tahun ke	Tahun	Emisi SO <sub>2</sub>
		(ton SO <sub>2</sub> /tahun)
1	2011	1474,11
2	2012	1489,56
3	2013	1655,92

Tahun ke	Tahun	Emisi SO <sub>2</sub>
		(ton SO <sub>2</sub> /tahun)
4	2014	1724,54
5	2015	1137,04
6	2016	1391,64
7	2017	1337,79
8	2018	1297,76
9	2019	1257,73
10	2020	1217,70
11	2021	1177,67
12	2022	1137,64
13	2023	1097,61
14	2024	1057,58
15	2025	1017,55
16	2026	977,52

*Sumber: Hasil Perhitungan*

### Hasil Proyeksi Beban Emisi NO<sub>x</sub> Sumber Stasioner

Tahun ke	Tahun	Emisi NO <sub>x</sub>
		(ton NO <sub>x</sub> /tahun)
1	2011	0,00033
2	2012	0,00032
3	2013	0,00036
4	2014	0,00035
5	2015	0,00027
6	2016	0,00030
7	2017	0,00029
8	2018	0,00028
9	2019	0,00027
10	2020	0,00027

Tahun ke	Tahun	Emisi NO <sub>x</sub>
		(ton NO <sub>x</sub> /tahun)
11	2021	0,00026
12	2022	0,00025
13	2023	0,00024
14	2024	0,00023
15	2025	0,00022
16	2026	0,00021

*Sumber: Hasil Perhitungan*

### Hasil Proyeksi Beban Emisi CO Sumber Stasioner

Tahun ke	Tahun	Emisi CO
		(ton CO/tahun)
1	2011	0,0046
2	2012	0,0043
3	2013	0,0048
4	2014	0,0042
5	2015	0,0043
6	2016	0,0040
7	2017	0,0034
8	2018	0,0033
9	2019	0,0032
10	2020	0,0031
11	2021	0,0030
12	2022	0,0029
13	2023	0,0028
14	2024	0,0027
15	2025	0,0027
16	2026	0,0026

*Sumber: Hasil Perhitungan*

## Hasil Proyeksi Beban Emisi CO<sub>2</sub> Sumber Bergerak

Tahun ke	Tahun	Emisi CO <sub>2</sub>
		(ton CO <sub>2</sub> /tahun)
1	2011	-
2	2012	-
3	2013	-
4	2014	0,095
5	2015	0,082
6	2016	0,082
7	2017	355,90
8	2018	355,89
9	2019	355,88
10	2020	355,88
11	2021	355,87
12	2022	355,87
13	2023	355,86
14	2024	355,85
15	2025	355,85
16	2026	355,84

*Sumber: Hasil Perhitungan*

## LAMPIRAN 5. PROYEKSI BEBAN EMISI POLUTAN SEKTOR INDUSTRI

### Hasil Proyeksi Beban Emisi CO<sub>2</sub>

Tahun ke	Tahun	Emisi CO <sub>2</sub>
		(ton CO <sub>2</sub> /tahun)
1	2011	0,287
2	2012	0,319
3	2013	0,347
4	2014	0,023
5	2015	0,011
6	2016	0,012
7	2017	0,167
8	2018	0,167
9	2019	0,167
10	2020	0,167
11	2021	0,167
12	2022	0,167
13	2023	0,167
14	2024	0,167
15	2025	0,167
16	2026	0,167

Sumber: Hasil Perhitungan

### Hasil Proyeksi Beban Emisi SO<sub>2</sub>

Tahun ke	Tahun	Emisi SO <sub>2</sub>
		(ton SO <sub>2</sub> /tahun)
1	2011	$2,4 \times 10^{-6}$
2	2012	$1,9 \times 10^{-6}$
3	2013	$2,3 \times 10^{-6}$

Tahun ke	Tahun	Emisi SO <sub>2</sub>
		(ton SO <sub>2</sub> /tahun)
4	2014	2,1 x10 <sup>-6</sup>
5	2015	2,1 x10 <sup>-6</sup>
6	2016	1,9 x10 <sup>-6</sup>
7	2017	1,5 x10 <sup>-6</sup>
8	2018	1,4 x10 <sup>-6</sup>
9	2019	1,4 x10 <sup>-6</sup>
10	2020	1,3 x10 <sup>-6</sup>
11	2021	1,2 x10 <sup>-6</sup>
12	2022	1,2 x10 <sup>-6</sup>
13	2023	1,1 x10 <sup>-6</sup>
14	2024	1,0 x10 <sup>-6</sup>
15	2025	9,5 x10 <sup>-7</sup>
16	2026	8,8 x10 <sup>-7</sup>

*Sumber: Hasil Perhitungan*

### Hasil Proyeksi Beban Emisi NO<sub>x</sub>

Tahun ke	Tahun	Emisi NO <sub>x</sub>
		(ton NO <sub>x</sub> /tahun)
1	2011	0,00021
2	2012	0,00017
3	2013	0,00021
4	2014	0,00019
5	2015	0,00019
6	2016	0,00017
7	2017	0,00017
8	2018	0,00016
9	2019	0,00016
10	2020	0,00015

Tahun ke	Tahun	Emisi NO <sub>x</sub>
		(ton NO <sub>x</sub> /tahun)
11	2021	0,00015
12	2022	0,00014
13	2023	0,00013
14	2024	0,00013
15	2025	0,00012
16	2026	0,00012

Sumber: Hasil Perhitungan

### Hasil Proyeksi Beban Emisi CO

Tahun ke	Tahun	Emisi CO
		(kton CO/tahun)
1	2011	0,0006
2	2012	0,0005
3	2013	0,0006
4	2014	0,0005
5	2015	0,0005
6	2016	0,0005
7	2017	0,0005
8	2018	0,0005
9	2019	0,0004
10	2020	0,0004
11	2021	0,0004
12	2022	0,0004
13	2023	0,0004
14	2024	0,0003
15	2025	0,0003
16	2026	0,0003

Sumber: Hasil Perhitungan

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

**LAMPIRAN 6. PROYEKSI BEBAN EMISI SEKTOR LIMBAH**

Tahun ke	Tahun	Emisi CH <sub>4</sub>
		(ton CH <sub>4</sub> /tahun)
1	2011	0,000
2	2012	0,000
3	2013	0,000
4	2014	0,011
5	2015	0,000
6	2016	0,000
7	2017	0,004
8	2018	0,004
9	2019	0,004
10	2020	0,004
11	2021	0,004
12	2022	0,004
13	2023	0,004
14	2024	0,004
15	2025	0,004
16	2026	0,004

*Sumber: Hasil Perhitungan*

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara. Lahir di Malang pada tanggal 20 Februari 1995. Penulis mengenyam pendidikan dasar pada tahun 2001-2007 di SDN Watugede 2 Singosari Kabupaten Malang. Kemudian dilanjutkan di SMPN 2 Singosari pada tahun 2007-2010, sedangkan pendidikan tingkat atas dilalui di SMAN 1 Lawang pada tahun 2010-2013. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan Sarjana di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS, Surabaya pada

tahun 2013 melalui jalur SNMPTN dan terdaftar dengan NRP 3313 100 018.

Selama perkuliahan, penulis aktif sebagai panitia di berbagai kegiatan di lingkup ITS, baik tingkat jurusan, fakultas maupun tingkat institut. Selain sebagai panitia, penulis juga aktif di bidang manajerial lainnya seperti menjadi staff di Departemen Dalam Negeri (DAGRI) HMTL FTSP ITS, anggota Komunitas Pecinta dan Pemerhati Lingkungan (KPPL), Sekretaris Regional 4 Ikatan Mahasiswa Teknik Lingkungan Indonesia (IMTLI), dan Sekretaris Umum Pengurus Besar IMTLI. Beberapa seminar tentang lingkungan baik tingkat institut maupun tingkat Surabaya pernah diikuti penulis dalam rangka pengembangan diri dan menambah wawasan.

Pada Tahun 2016, penulis mengikuti kerja praktek di PT PJB UP Paiton mengenai Studi Pengelolaan Limbah B3 di PT PJB UP Paiton. Konsentrasi Tugas Akhir yang dialami penulis adalah di bidang pengendalian pencemaran udara dan perubahan iklim, khususnya terkait dengan strategi reduksi emisi gas rumah kaca dan polutan. Apabila pembaca ingin berdiskusi lebih lanjut

mengenai Tugas Akhir, serta ingin memberikan kritik dan saran, penulis dapat dihubungi melalui email: [deauliazmi@gmail.com](mailto:deauliazmi@gmail.com).