

**INVENTARISASI GAS EMISI RUMAH KACA YANG DIHASILKAN  
PT KALTIM METHANOL INDUSTRI DARI *AUXILIARY BOILER* DAN *STACK  
REFORMER* DENGAN METODE IPCC**  
*INVENTORY OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS AT  
PT KALTIM METHANOL INDUSTRI FROM *AUXILIARY BOILER* AND *STACK REFORMER*  
WITH IPCC METHOD*

**Sarah Hasna'Salsabila**

*Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat,  
Jl. Jend. A. Yani Km 36, Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70714, Indonesia*

*Email: [2010815220001@mhs.ulm.ac.id](mailto:2010815220001@mhs.ulm.ac.id)*

**ABSTRAK**

*PT Kaltim Methanol Industri adalah perusahaan penghasil methanol satu-satunya di Indonesia dalam operasinya dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca dari auxiliary boiler dan stack reformer. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung dan menganalisis estimasi jumlah emisi gas rumah kaca CO<sub>2</sub> serta membandingkan dengan pengukuran alat di PT Kaltim Methanol Industri. Perhitungan emisi gas rumah kaca CO<sub>2</sub> dilakukan dengan menggunakan metode perhitungan sesuai pedoman IPCC Guideline 2006. Hasil penelitian menunjukkan bahwa besar emisi gas rumah kaca dengan perhitungan metode IPCC pada tahun 2020 hingga 2022 berturut-turut untuk tier 1 adalah 314.567,75 ton CO<sub>2e</sub>, 279.269,49 ton CO<sub>2e</sub> dan 285.195,41 ton CO<sub>2e</sub>. Besar nilai tier 2 adalah 317.646,38 ton CO<sub>2e</sub>, 281.275,62 ton CO<sub>2e</sub> dan 286.3566,18 ton CO<sub>2e</sub>. Besar tier 3 adalah 319.283,00 ton CO<sub>2e</sub>, 283.066,04 ton CO<sub>2e</sub> dan 288.073,27 ton CO<sub>2e</sub>. Berdasarkan masing-masing nilai perhitungan yang paling mendekati dengan nilai pengukuran pada tahun 2020-2022 yaitu sama berada pada tier 3. Selisih tier 3 masing-masing tahun rentang 1-2% saja. Berdasarkan penelitian tersebut Gas Rumah Kaca di PT Kaltim Methanol Industri berbanding lurus dengan jumlah produksi methanol.*

*Kata kunci: Emisi gas rumah kaca, inventarisasi, IPCC, methanol*

**ABSTRACT**

*PT Kaltim Methanol Industri is the only methanol producing company in Indonesia and its operations can cause greenhouse gas emissions from auxiliary boilers and stack reformers. This study aims to calculate and analyse the estimated amount of CO<sub>2</sub> greenhouse gas emissions and compare it with the measurement of PT Kaltim Methanol Industri's equipment. The calculation method used is based on the IPCC (Intergovernmental Panel in Climate Change) 2006 guidelines. The results showed that the amount of greenhouse gas emissions with the calculation of IPCC method in 2020 to 2022 in a row for Tier 1 is 314,567.75 tonnes CO<sub>2e</sub>, 279,269.49 tonnes CO<sub>2e</sub> and 285,195.41 tonnes CO<sub>2e</sub>. Tier 2 values are 317,646.38 tonnes CO<sub>2e</sub>, 281,275.62 tonnes CO<sub>2e</sub> and 286,3566.18 tonnes CO<sub>2e</sub>. The Tier 3 values are 319,283.00 tonnes CO<sub>2e</sub>, 283,066.04 tonnes CO<sub>2e</sub> and 288,073.27 tonnes CO<sub>2e</sub>. The Tier 3 values are based on the calculated value that is closest to the measured value in 2020-*

*2022. The difference in Tier 3 for each year is only 1-2%. Based on this research, PT Kaltim Methanol Industri greenhouse gas emissions are directly proportional to the amount of methanol produced.*

*Keywords: GHG, Inventory, IPCC methanol*

## **1. PENDAHULUAN**

Situasi di Indonesia, dimana emisi gas rumah kaca terus meningkat, merupakan suatu bencana. Dampak pemanasan global yang terkait langsung dengan perubahan iklim dirasakan oleh seluruh makhluk hidup, khususnya manusia. Pola curah hujan yang tidak menentu, gelombang pasang yang tidak dapat diprediksi, badai dahsyat, dan gelombang tinggi hanyalah beberapa dampak buruk yang ditimbulkannya. Meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca, seperti karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), dinitrogen oksida (N<sub>2</sub>O), sulfur heksafluorida (SF<sub>6</sub>), hidrofluorokarbon (HFC), dan perfluorokarbon (PFC), berkontribusi terhadap terperangkapnya radiasi di atmosfer. atmosfer sehingga menyebabkan peningkatan suhu bumi. Fenomena ini biasa dikenal dengan pemanasan global (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012). Di antara gas-gas tersebut, karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) adalah yang paling banyak terdapat di atmosfer dan terutama berasal dari proses industri dan aktivitas produksi yang tidak diatur di Indonesia. Kementerian Perindustrian (Kemenperin) melaporkan, total emisi gas rumah kaca (GRK) dari sektor industri Indonesia mencapai 238,1 juta ton CO<sub>2</sub>e pada 2022. Angka ini meningkat dari 2021 yang sebesar 222,9 juta ton CO<sub>2</sub>e.

Antipasi emisi GRK sektor industri perlu dilakukan apalagi Indonesia sudah meratifikasi Perjanjian Paris yang ditetapkan dalam *Conference of Party (COP)-21* tahun 2015 dengan disetujuinya Rancangan Undang-Undang Perjanjian Paris pada tanggal 19 Oktober 2016 menjadi Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2016 Tentang Pengesahan Perjanjian Paris ke UNFCCC. Komitmen ini telah dituangkan dalam *Intended Nationally Determined Contribution (INDC)* dan telah disampaikan ke *United Nation Framework Convention on Climate Change (Dogaru,2021)*. Oleh sebab itu, Perhitungan gas rumah kaca sangat diperlukan dan dapat diperhitungkan dari berbagai sumber penghasil emisi, data aktivitas serta penggunaan bahan bakar fosil yang digunakan. Penggunaan bahan bakar tersebut berupa minyak bumi ataupun gas alam. Pembakaran tidak sempurna dari cerobong juga dapat menurunkan kualitas udara karena menggunakan bahan bakar secara tidak langsung dapat menghasilkan CO<sub>2</sub> (Pramudiyanto., dkk 2020).

PT KMI, perusahaan industri petrokimia terkemuka, mengkhususkan diri dalam produksi metanol kelas AA berkualitas tinggi, dengan tingkat kemurnian melebihi 99,85%. Sebagai satu-satunya fasilitas produksi metanol yang melayani pasar domestik dan internasional, PT KMI memainkan peran penting dalam memenuhi permintaan global akan produk penting ini. Sekitar 70% produksi metanol PT KMI dialokasikan untuk ekspor ke negara-negara pemasok seperti Jepang, Korea Selatan, Tiongkok, dan berbagai negara Asia Tenggara. Di kawasan Asia-Pasifik, metanol terutama berfungsi sebagai komponen utama dalam produksi formaldehida, dan sebagian kecil digunakan untuk metil tert-butyl eter (MTBE). Sejak didirikan pada tahun 1998, PT KMI telah berhasil

menguasai 60% pangsa pasar nasional secara signifikan. Dengan kapasitas produksi tahunan sebesar 660.000 ton, PT KMI tentu memberikan kontribusi yang signifikan terhadap perekonomian nasional. Khususnya, PT Kaltim Methanol Industri telah mendapatkan pengakuan atas komitmen lingkungannya dengan menerima Predikat Hijau PROPERNAS yang bergengsi pada tahun 2022. Sehingga dengan memperhitungkan GRK dapat mengetahui relevansi data. Gas emisi rumah kaca dihitung berdasarkan *template* dari IPCC 2006 GL dengan ketelitian Tier 1, Tier 2 dan Tier 3. Gas emisi rumah kaca juga dibandingkan dengan pengukuran menggunakan alat. Sumber emisi gas rumah kaca di PT KMI terdapat pada dua sumber cerobong yaitu Auxiliary Boiler dan Stack Reformer. Adanya pembakaran yang kurang sempurna dalam proses produksi methanol di PT KMI dapat memicu terjadinya gas rumah kaca yang dikeluarkan melalui stack dan atmosfer. Minimnya penelitian awal tentang GRK sektor industri kimia methanol melatar belakangi untuk melakukan penelitian terkait beban emisi gas rumah kaca (GRK) dengan pemilihan parameter CO<sub>2</sub>.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini menggunakan data sekunder. Data sekunder diperoleh dari PT Kaltim Methanol Industri dengan tiga tahun data terbaru. Penelitian dilakukan untuk mengetahui perbandingan pengukuran menggunakan alat dan perhitungan gas emisi rumah kaca sumber emisi dengan metode IPCC pada auxiliary boiler dan stack reformer. Setelah mengetahui sumber emisi gas rumah kaca maka akan dilakukan perhitungan berdasarkan sektor IPPU dengan sub sektor 28BA industri kimia dengan produk methanol dengan metode IPCC Guideline 2006. Selanjutnya perhitungan dengan menggunakan tier 1, tier 2 dan tier 3 dengan menggunakan data 2020 hingga 2022 PT Kaltim Methanol Industri. Data yang diolah merupakan data konsumsi bahan baku, data matrikon dengan fuel atau bahan bakar methanol serta data default dari IPCC Guideline 2006. Hasil perhitungan akan di evaluasi dengan membandingkan tier 1, tier 2 dan tier 3 yang memiliki Sertifikat Hasil Uji Emisi per 3 bulan dengan parameter CO<sub>2</sub>. Data pengukuran di dapat dari departemen Laboratorium Pupuk Kaltim yang berakreditasi nasional atau KAN. Perhitungan IPCC GRK dapat menjadi informasi besar emisi gas rumah kaca dari PT Kaltim Methanol Industri.

### 2.2 Perhitungan Emisi GRK

Perhitungan emisi gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>) dengan menggunakan tier lengkap yaitu 1,2 dan 3.

#### A. Perhitungan dengan TIER 1

Perhitungan beban emisi CO<sub>2</sub> dengan tier 1 hanya memerlukan data produksi dan *default* faktor emisi pada IPCC GL 2006. Adapun persamaan perhitungan yang digunakan dalam tier 1 adalah sebagai berikut:

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{Pp}_i \times \text{Efi} \times \text{GAF}/100 \text{ (Persamaan 1)}$$

Keterangan :

Emisi CO<sub>2</sub> = Emisi CO<sub>2</sub> dari produksi petrokimia jenis i, ton

Pp<sub>i</sub> = Produksi tahunan petrokimia jenis i, ton

Efi = Faktor emisi CO<sub>2</sub> emission untuk petrokimia jenis i, ton CO<sub>2</sub>/ton produk (0,385)

GAF = *Geographic Adjustment Factor*, persen dapat dilihat dari *Table 3.15 IPCC GL 2006 (130%)*

### B. Perhitungan dengan TIER 2

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

1. Jumlah data konsumsi methanol dalam unit ton.
2. Data tahunan produksi produk primer dari methanol unit ton.
3. Perhitungan pada tier 2 untuk methanol dengan komposisi *feedstock* atau bahan baku

Perhitungan dapat dilakukan dengan persamaan 2:

$$ECO_{2i} = \left\{ \sum_k (FA_{ik} \times FC_k) - [PP_i \times PC_i + \sum_k (SP_{ij} \times SC_j)] \right\} \times 44/12 \text{ (Persamaan 2)}$$

Keterangan:

- $E_{CO_{2i}}$  = Emisi CO<sub>2</sub> dari produksi petrokimia jenis i, ton
- $FA_{i,k}$  = Konsumsi tahunan bahan baku k untuk produksi terokimia jenis (i), ton
- $FC_k$  = *carbon content* bahan baku k, ton C/ton bahan baku
- $PC_i$  = *carbon content* produk petrokimia primer jenis i, ton C/ton produk
- $SP_{i,j}$  = Banyaknya produk sekunder j yang dihasilkan dari proses produksi untuk petrokimia i, ton  
 [Nilai  $SP_{i,j}$  adalah nol untuk proses produksi methanol, ethylene dichloride, ethylene oxide, dan carbon black karena tidak ada produk sekunder dari proses-proses tersebut. Untuk produksi ethylene dan acrylonitrile]

Nilai carbon content berdasarkan IPCC 2006 yaitu berdasarkan Tabel 2.

**Tabel 1.** *Specific Carbon Content of Petrochemical feedstock and product*

Substance	Carbon (tonne carbon er tonne feedstock or product)
Carbon Black	0,970
Methanol	0,375
Methane	0,749
Propane	0,817
Vinyl Chloride Monomer	0,384

(Sumber: IPCC 2006)

### C. Perhitungan dengan TIER 3

Metode Tier 3 menggunakan data yang sangat spesifik dan data yang detail. Data yang berlaku di pabrik tersebut untuk mengestimasi CO<sub>2</sub> dari proses petrokimia. Dalam mengaplikasikan metode ini dibutuhkan data dan/atau hasil pengukuran langsung emisi CO<sub>2</sub> spesifik yang berlaku di pabrik tersebut. Proses petrokimia yang termasuk dalam metode ini adalah:

1. Data proses pembakaran bahan bakar atau proses pembakaran by-product untuk menyediakan panas atau energi panas untuk proses produksi.
2. CO<sub>2</sub> emisi dari ventilasi.
3. CO<sub>2</sub> emisi dari suar bakar (flare) gas buang.

Emisi CO<sub>2</sub> dari proses pembakaran dan suar api (flaring) gas buang dapat diestimasi dari nilai NCV (*net calorific value*) spesifik yang berlaku di pabrik tersebut atau negara Indonesia. Perhitungan tier 3 menggunakan 3 persamaan yaitu sebagai berikut:

$$ECO_{2i} = E_{\text{combustion},I} + E_{\text{process Vent},I} + E_{\text{Flare},I} \text{ (Persamaan 3)}$$

Persamaan estimasi CO<sub>2</sub> dari proses pembakaran yaitu persamaan 4

$$E_{\text{Combustion}} = \sum_k (FA_{ik} \times NCV_k \times EF_k) \text{ (Persamaan 4)}$$

Persamaan CO<sub>2</sub> dari proses suar bakar (*flare*) gas buang atau persamaan 5

$$E_{\text{Flare}} = \sum_k (FG_{ik} \times NCV_k \times EF_k) \text{ (Persamaan 5)}$$

Keterangan:

- FA<sub>i,k</sub> = jumlah gas k yang di flared selama proses produksi bahan petrokimia i dalam unit ton. k adalah jenis bahan bakar dan i adalah jenis produk petrokimia.  
 NCV<sub>k</sub> *net calorific value* dari bahan bakar k, TJ/kg  
 EF Faktor emisi CO<sub>2</sub> dari bahan bakar k, ton CO<sub>2</sub>/TJ

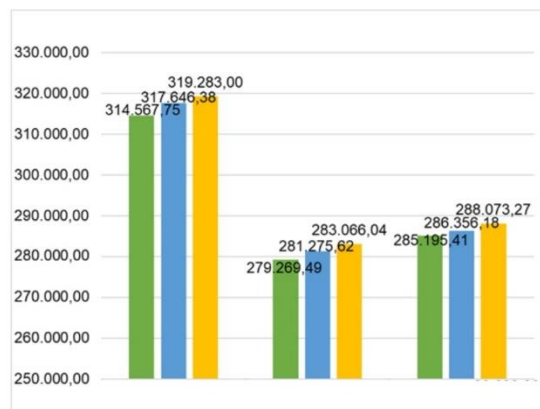
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pehitungan Emisi GRK

Perhitungan emisi menggunakan data dari PT KMI dan menyesuaikan dengan rumus persamaan yang sesuai pada tahun 2020-2022.

**Tabel 2.** Rekapitulasi Emisi Gas Rumah Kaca tahun 2020-2022

Tier	Tahun		
	2020	2021	2022
I	314.567,75	279.269,49	285.295,41
II	317.646,38	281.275,62	286.356,18
III	319.283,00	283.066,04	288.073,27



**Gambar 1.** Grafik perbedaan hasil total emisi tahun 2020 sampai 2022 di PT KMI

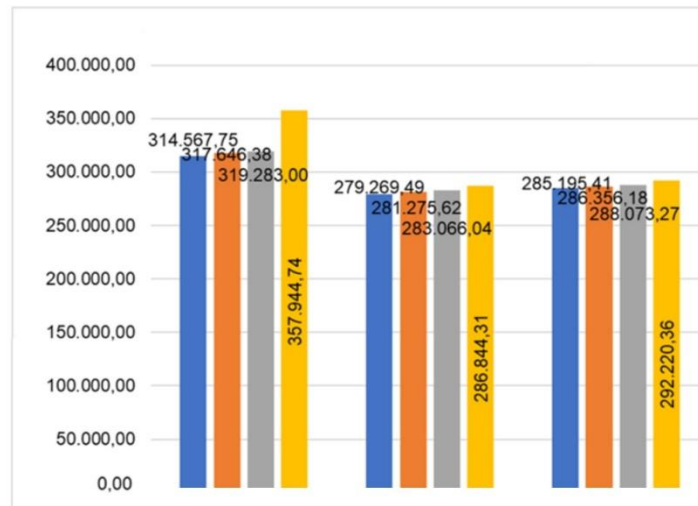
Dari **Gambar 1** dapat dilihat bahwa besar emisi cenderung mengikuti mengalami penurunan dengan semua perhitungan tier. Hasilnya menunjukkan pada tahun 2020 berdasarkan tier 1 yaitu 314.567,75 CO<sub>2</sub>e, tier 2 sebesar 317.646,38 CO<sub>2</sub>e dan tier 3 sebesar 319.283,00 CO<sub>2</sub>e. Nilai dari tier 1 sampai 3 mengalami kenaikan. Setiap tier memiliki hasil yang berbeda dan memiliki nilai selisih tidak terlalu besar. Selisih nilai tier 1 dan 2 yaitu 3.078,63 CO<sub>2</sub>e dan selisih nilai tier 2 dan 3 yaitu 1.636,61 CO<sub>2</sub>e. Hasil untuk tahun 2021 dengan menggunakan metode IPCC tier 1 adalah 279.269,49 CO<sub>2</sub>e untuk tier 2 adalah 281.275,62 CO<sub>2</sub>e dan untuk tier 3 adalah 283.066,04 CO<sub>2</sub>e. Selisih nilai setiap tier tahun 2021 adalah tier 2 dan 1 yaitu 2.006,13 CO<sub>2</sub>e dan selisih nilai tier 3 dan 2 yaitu 1.790,41 CO<sub>2</sub>e. Berdasarkan hasil perhitungan metode IPCC tahun 2022 dengan menggunakan pendekatan tier 1 adalah 285.195,41 CO<sub>2</sub>e untuk tier 2 adalah 286.3566,18 CO<sub>2</sub>e dan untuk tier 3 adalah 288.073,27 CO<sub>2</sub>e. Selisih dari nilai tier 2 dan 1 adalah 1.160,77 CO<sub>2</sub>e dan untuk tier 3 dan 2 adalah 1.717,09 ton CO<sub>2</sub>e. Setiap tahunnya pada perhitungan tier 1 adalah nilai yang paling rendah dan tier 3 adalah nilai yang paling tinggi. Nilai selisih masing-masing tier juga saling mendekati dan sama pada setiap tahunnya. Hasil perhitungan emisi gas rumah kaca berdasarkan metode IPCC dengan pendekatan tier juga memiliki hasil yang berbanding lurus dengan data produksi methanol.

### 3.2 Perbandingan hasil perhitungan IPCC 2006 dan pengukuran

Pengukuran yang dilakukan oleh PT KMI yaitu dengan menggunakan alat WI-LAB-074 (gas Analyzer) dengan memperhatikan kondisi lingkungan seperti cuaca, arah angin dan kecepatan angin. Pengukuran dilakukan dengan periode triwulan atau pertiga bulan. Kode sampel yang digunakan adalah 33ETB. Pengukuran dilakukan pada stack boiler dan stack reformer serta tidak termasuk ruang lingkup akreditasi. Perbandingan ini dapat dilakukan karena aspek objek perhitungan yang sama yaitu pada auxiliary boiler dan stack reformer. Gas rumah kaca yang dibandingkan adalah CO<sub>2</sub>. PT Kaltim Methanol Industri melakukan pengukuran dengan pihak ketiga dari PT Pupuk Kalimantan Timur yang telah terakreditasi nasional dengan Laboratorium penguji LP-066-IDN nomor registrasi 0027/LABLING/LRK/KLH. Sehingga hasil dari pengukuran adalah akurat. Pengukuran menggunakan tenaga ahli sehingga meminimalisir kesalahan. Perhitungan IPCC 2006 dengan pendekatan TIER akan dibandingkan agar mengetahui kelayakan dari perhitungan atau nilai eror.

**Tabel 3.** Perbandingan tier dan perhitungan tahun 2020-2022

Tier	Tahun		
	2020	2021	2022
I	314.567,75	279.269,49	285.295,41
II	317.646,38	281.275,62	286.356,18
III	319.283,00	283.066,04	288.073,27
Perhitungan	357.944,74	286.844,31	292.220,36



**Gambar 2.** Grafik perbandingan perhitungan dan pengukuran

Berdasarkan **Gambar 2** terdapat hasil perhitungan dengan metode IPCC 2006 dan juga nilai hasil pengukuran gas emisi rumah kaca. Hasil menunjukkan bahwa memang memiliki perbedaan nilai dari setiap tier. Pada tahun 2020 selisih 3% untuk tier 1, selisih 2% untuk tier 2 dan selisih 2% juga untuk tier 3. Namun nilai yang paling mendekati berada pada nilai tier 3 sebesar 319.283,74 ton CO<sub>2</sub>e dan nilai pengukuran adalah 357.944,74 ton CO<sub>2</sub>e. Pada tahun 2021 selisih 3% untuk tier 1, selisih 2% untuk tier 2 dan selisih 1% untuk tier 3. Nilai tier 3 yaitu 283.066,04 ton CO<sub>2</sub>e hampir sama dengan nilai pengukuran 286.844,31 ton CO<sub>2</sub>e. Pada tahun 2022 selisih 2% untuk tier 1, selisih 2,01% untuk tier 2 dan selisih 2,01% juga untuk tier 3. Nilai tier 3 sebesar 288.073,27 ton CO<sub>2</sub>e paling mendekati dengan nilai perhitungan sebesar 292.220,36 ton CO<sub>2</sub>e Berdasarkan masing-masing nilai perhitungan yang paling mendekati dengan nilai pengukuran pada tahun 2020-2022 yaitu sama berada pada tier 3. Selisih tier 3 masing-masing tahun rentang 1-2% saja. Hal ini dapat membuktikan bahwa perhitungan IPCC 2006 juga dapat dipakai untuk mengetahui emisi gas rumah kaca dengan dua objek penghasil yaitu stack boiler dan stack reformer. Namun, harus dengan data yang lengkap dan menggunakan data terbaru.

Perhitungan emisi gas rumah kaca pada penelitian ini memang banyak menggunakan data Perusahaan PT KMI yang bersifat confidential atau seharusnya bersifat rahasia. Sebagai mana penelitian “Pengaruh penerapan industri hijau terhadap emisi gas rumah kaca kegiatan industri di Indonesia” menyimpulkan bahwa bahwa profil emisi di Indonesia menunjukkan selalu mengalami kenaikan setiap tahunnya. Hal yang sama juga terjadi pada emisi gas rumah kaca pada kegiatan industri yang mengalami kenaikan dari tahun ke tahun. Kenaikan ini seiring dengan perkembangan ekonomi yang bergeser dari ekonomi agraris menjadi ekonomi industri. Kegiatan industri yang merupakan salah satu kegiatan industri dari sektor IPPU (Sukaryono, 2020).

#### 4. KESIMPULAN

Gas Rumah kaca yang dihasilkan PT KMI berasal dari auxiliary boiler dan stack reformer dengan melalui beberapa proses tahapan yang terdiri dari unit utama meliputi, unit reforming gas, unit methanol synthesis, dan unit distilasi, serta unit penunjang yang terdiri dari unit utilitas. Besar emisi

gas emisi rumah kaca dengan perhitungan metode IPCC pada tahun 2020 hingga 2022 berturut-turut untuk tier 1 adalah 314.567,75 ton CO<sub>2</sub>e, 279.269,49 ton CO<sub>2</sub>e dan 285.195,41 ton CO<sub>2</sub>e. Besar nilai tier 2 adalah 317.646,38 ton CO<sub>2</sub>e, 281.275,62 ton CO<sub>2</sub>e dan 286.3566,18 ton CO<sub>2</sub>e. Besar tier 3 adalah 319.283,00 ton CO<sub>2</sub>e, 283.066,04 ton CO<sub>2</sub>e dan 288.073,27 ton CO<sub>2</sub>e. Dengan Perbandingan hasil perhitungan IPCC yang paling mendekati adalah pada tahun 2020-2022 yaitu sama berada pada tier 3. Selisih tier 3 masing-masing tahun rentang 1-2% saja. Hal ini dapat membuktikan bahwa perhitungan IPCC 2006 juga dapat dipakai untuk mengetahui emisi gas rumah kaca dengan dua objek penghasil yaitu stack boiler dan stack reformer.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Bashir, M, Dengfeng, Bashir, M.F., Rahim, S.(2022). Exploring the role of economic and institutional indicators for carbon and GHG emissions: policy-based analysis for OECD countries. *Enviromental Science and Pollution Research*. 30.
- Dogaru, L. (2021). Green Economy and Green Growth—Opportunities for Sustainable Development.
- IPCC. (2006). Volume 2: Energy - Chapter 1: Introduction. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories,.
- Jayaty, F., R dan Naniek, R (2020). Identifikasi Potensi Gas Rumah Kaca dengan Metode IPCC (Studi Kasus Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Kecamatan Rungkut Surabaya). *Jurnal Envirous* 1(1).
- Kementrian Lingkungan Hidup. (2012). Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional Buku II - Volume 1 Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi Kementerian Lingkungan Hidup. Kementerian Lingkungan Hidup, 1
- Oloruntobi, O ,Chuah, F.L ., Mokhtar A., Onigbara,V. Chung, J.X.,Mubashir, M , Saira Asif, Pau Loke Show g , Ning Han (2023). Assessing methanol potential as a cleaner marine fuel: An analysis of its implications on emissions and regulation compliance, *Cleaner Engineering and Technology*, 1(14).
- Paramitadevi, V., Y. Jannah, N. Ratnawati, B. (2022). Perkiraan Emisi Gas Rumah Kaca Dari Tempat Pembuangan Sampah Berbasis Reduce, Reuse, Recycle (3r) Di Kota Bogor. *Jurnal Sains Terapan : Wahana Informasi dan Alih Teknologi Pertanian*. 12(2).
- Parderio, P. T., Dharmawan, A. D., Wibawa, G., & Wiguno, A. (2022). Pra Desain Pabrik Metanol dari Gas Alam. *Jurnal Teknik ITS*, 11(3), 0–5.
- Permatasari, P., Natasha, V., & Angelica, L. (2020). Assessing carbon awareness of Indonesian mining and oil & gas companies. *The International Conference on Environmental and Technology of Law, Business and Education on Post Covid 19*, 1–10.
- Pramudiyanto, A. S., & Suedy, S. W. A. (2020). Energi Bersih dan Ramah Lingkungan Dari Biomassa Untuk Mengurangi Efek Gas Rumah Kaca Dan Perubahan Iklim Yang Ekstrim. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 1(3), 86–99.
- Sukoryono, D., I. (2020). Pengaruh penerapan industri hijau terhadap emisi gas rumah kaca kegiatan industri di Indonesia, *Global Conferences Series: Sciences and Technology*, 5(1).



- Wahyudi, J. (2019). Emisi Gas Rumah Kaca (Grk) Dari Pembakaran Terbuka Sampah Rumah Tangga Menggunakan Model IPCC. *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan Dan IPTEK*, 15(1), 65–76.
- Xie Z., Jia H., Cai Y., Huang Z., Luo T., Cheng J.(2023). Emission accounting, sectoral contributions and gridded spatial distribution of greenhouse gases in a typical petrochemical district of Shanghai. *Atmospheric Pollution*, 14(16).