

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Rumah kaca adalah bangunan yang dinding dan atapnya terbuat dari kaca dengan tujuan agar panas dari sinar matahari yang ditangkap pada siang hari, terperangkap di dalam bangunan sehingga pada malam hari suhu di dalam bangunan tetap hangat. Hal ini biasa dilakukan oleh petani di negara empat musim agar kegiatan bercocok tanam dapat tetap berjalan walaupun suhu pada malam hari menjadi dingin.

Pada prinsipnya, efek rumah kaca sama dengan kondisi yang terjadi pada rumah kaca, dimana panas matahari terjebak di atmosfer bumi dan menyebabkan suhu bumi menjadi hangat. Gas-gas di atmosfer yang dapat menangkap panas matahari disebut gas rumah kaca. Yang termasuk gas rumah kaca yang ada di atmosfer antara lain adalah karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), nitrogen dioksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ), metana ( $\text{CH}_4$ ), dan freon ( $\text{SF}_6$ , HFC dan PFC).

Secara alamiah, gas rumah kaca dihasilkan dari kegiatan manusia sehari-hari, namun sejak tahun 1950-an emisi gas  $\text{CO}_2$  meningkat secara drastis yang disebabkan oleh semakin majunya industri yang berbanding lurus dengan konsumsi energi. Sumber penghasil gas rumah kaca seringkali kita jumpai di sekeliling kita, misalnya penggunaan energi listrik, aktivitas menggunakan kendaraan bermotor, juga membakar sampah. Bahkan dalam sepiring makanan kita dapat ditelaah sumber karbon yang merupakan penyumbang gas rumah kaca. Nasi dan sayuran berasal dari pertanian yang menggunakan pestisida, daging berasal dari peternakan dimana kotoran hewannya menghasilkan gas metana. Limbah makanan dari sisa makanan yang membusuk juga menghasilkan gas metana.

Efek rumah kaca sejatinya dibutuhkan untuk menjaga suhu bumi, supaya perbedaan suhu antara siang dan malam tidak terlalu besar. Namun efek rumah kaca yang berlebihan akan menyebabkan pemanasan global dimana suhu di bumi akan naik secara signifikan yang ditandai dengan hal-hal antara lain mencairnya es di kutub, rusaknya ekosistem, naiknya ketinggian permukaan air laut dan perubahan iklim yang ekstrim.

Inventarisasi Gas Rumah Kaca (IGRK) merupakan kegiatan untuk memperoleh data dan informasi mengenai tingkat, status, dan kecenderungan perubahan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) secara berkala dari berbagai sumber emisi (*source*) dan penyerapannya (*sink*), termasuk simpanan karbon (*carbon stock*).

Dalam Peraturan Presiden Nomor 98 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon untuk Pencapaian Target Kontribusi yang ditetapkan secara Nasional dan Pengendalian Emisi Gas Rumah Kaca dalam Pembangunan Nasional, diatur bahwa menteri yang sesuai kewenangannya berkewajiban untuk melakukan kegiatan inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK). Menteri berkewajiban memberikan pembinaan dalam hal inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) kepada gubernur dan gubernur memberikan pembinaan kepada pemerintah daerah kabupaten/kota. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI Nomor P. 73/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2017 tentang Pedoman Penyelenggaraan dan Pelaporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca diatur bahwa pemerintah kabupaten/kota menyampaikan laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca minimal 1 (satu) kali dalam setahun kepada pemerintah provinsi.

Inventarisasi gas rumah kaca di tingkat Kabupaten mempunyai peran yang sangat tinggi dalam program penurunan emisi Gas Rumah Kaca (GRK). Pola pembangunan di daerah dapat menjadi masalah tetapi juga menjadi solusi terhadap perubahan iklim. Oleh karena itu, pemerintah daerah memiliki banyak kewenangan langsung dalam pengendalian emisi yang disebabkan oleh faktor penyumbang emisi Gas Rumah Kaca (GRK).

## **B. Dasar Hukum**

1. Peraturan Presiden Nomor 98 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon untuk Pencapaian Target Kontribusi yang ditetapkan secara Nasional dan Pengendalian Emisi Gas Rumah Kaca dalam Pembangunan Nasional.
2. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI Nomor P. 73/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2017 tentang Pedoman Penyelenggaraan dan Pelaporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca

## **C. Tujuan**

1. Mengetahui jumlah emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Kabupaten Pemalang 2021.
2. Mengetahui tren emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Kabupaten Pemalang Tahun 2017-2021.

## **D. Manfaat**

Pelaporan ini dapat memberikan informasi kepada masyarakat dan instansi pemerintah mengenai jumlah dan tren emisi gas rumah kaca (grk) Kabupaten Pemalang.

### **E. Ruang Lingkup**

Inventarisasi Gas Rumah Kaca (IGRK) Kabupaten Pemalang mencakup segala aktivitas atau kegiatan yang menyerap dan menghasilkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK). Sesuai dengan pembagian sektor pada IPCC 2006 maka sektor energi, pertanian, kehutanan dan pemanfaatan lahan (AFOLU), dan limbah merupakan sektor utama penghasil Gas Rumah Kaca (GRK) di Kabupaten Pemalang. Tiap-tiap sektor terdiri dari sub sektor yang banyak dan rinci sehingga untuk menghitung seluruh sektor dan sub sektornya dibutuhkan sumber daya yang intensif padahal tidak semua sektor dan sub sektor memberikan kontribusi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang signifikan.

### **F. Ruang Lingkup Wilayah**

Kabupaten Pemalang merupakan salah satu Kabupaten yang ada di Jawa Tengah. Batas-batas administrasi Kabupaten Pemalang sebagai berikut :

- Sebelah Utara : Laut Jawa
- Sebelah Timur : Kabupaten Pekalongan
- Sebelah Selatan : Kabupaten Purbalingga
- Sebelah Barat : Kabupaten Tegal

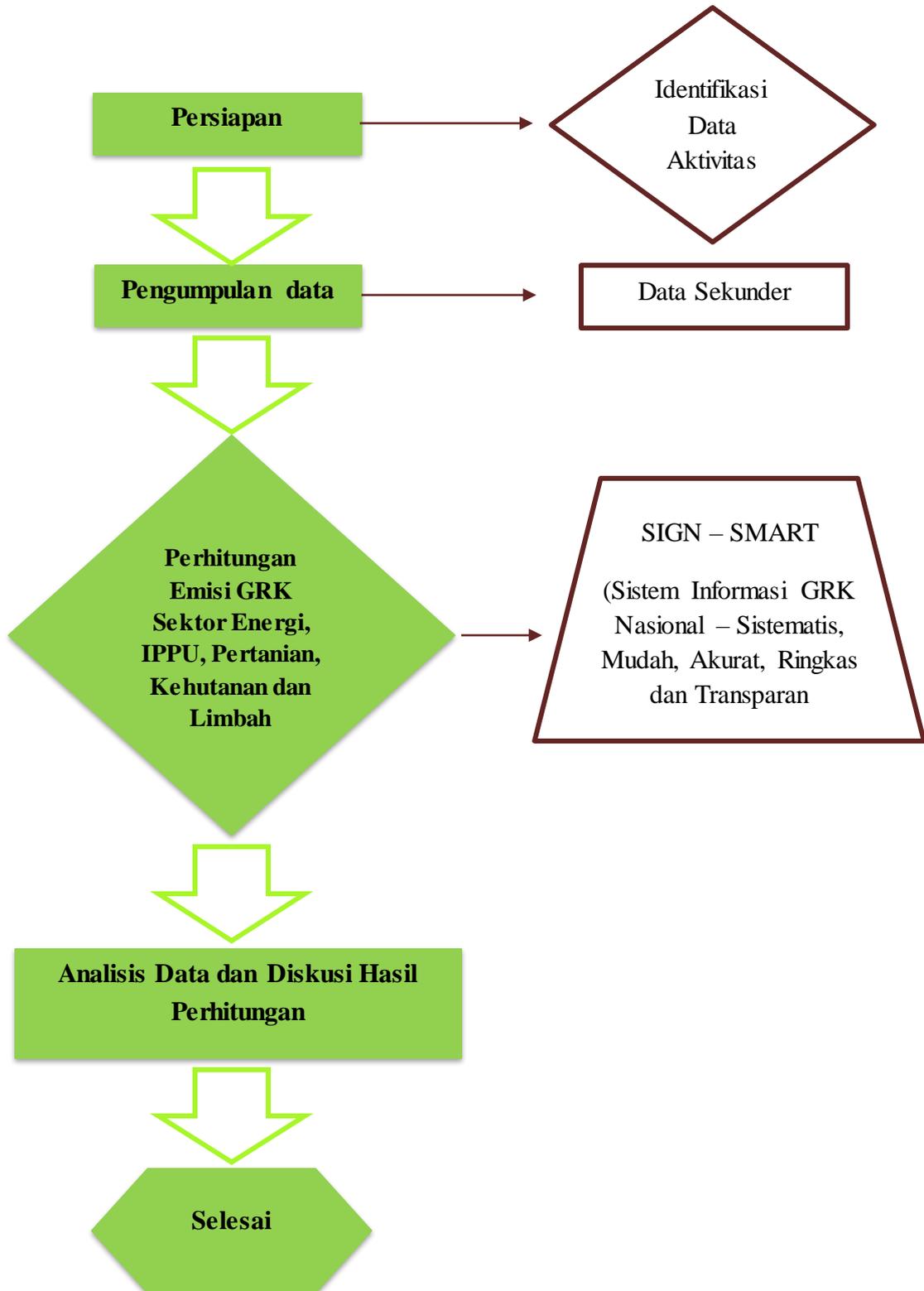
Kabupaten Pemalang memiliki luas wilayah sebesar 1.115,30 km<sup>2</sup>. Secara astronomis Kabupaten Pemalang terletak antara 109<sup>0</sup> 17' 30" - 109<sup>0</sup> 40' 30" BT dan 8<sup>0</sup> 52' 30" - 7<sup>0</sup> 20' 11" LS.

## G. Kelembagaan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK)

**Tabel 1. Susunan Keanggotaan Tim Pelaksana Kegiatan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Kabupaten Pemalang Tahun Anggaran 2022**  
**SK Kepala Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Pemalang**  
**Nomor : 660.1/ 012/ DLH/ 2022**

<b>NO</b>	<b>KEDUDUKAN DALAM DINAS/INSTANSI</b>	<b>JABATAN DALAM TIM</b>	<b>KETERANGAN</b>
1.	Kepala Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Pemalang	Penanggung Jawab	Drs. SUKISMAN, M.A. (Plt. Ka. DLH Kab. Pemalang)
2.	Kepala Bidang Pengendalian dan Konservasi Lingkungan	Ketua	Usni Marini, S.P., M.M.
3.	Sub Koordinator Seksi Pemeliharaan Lingkungan Hidup	Sekretaris I	Slamet Sugisto, S.E.
4.	Kepala Sub Bagian Bina Program dan Keuangan	Sekretaris II	Elia Sawitri, S.T., M.Si
5.	Sub Koordinator Seksi Pengelolaan Sampah dan Limbah B3	Anggota	Dr. Ling. Agus Harto Wibowo, S.Sos., M.Si
6.	Sub Koordinator Perencanaan dan Kajian Dampak Lingkungan	Anggota	Umar Sidik, S.IP.
7.	Sub Koordinator Seksi Pengaduan dan Penegakan Hukum	Anggota	Siamatun, S.H.
8.	Pengendali Dampak Lingkungan Ahli Pertama	Anggota	Salasatun A., S.T.
9.	Pengawas Lingkungan Hidup Ahli Pertama	Anggota	1. Redina Restiani, S.T. 2. Elvira Astriana S., S.T.
10.	Teknik Penyehatan Lingkungan Ahli Pertama	Anggota	Andika Bimaseta, S.T.
11.	Pranata Komputer	Anggota	Fikfik Viktor, A.Md.

## H. Tahapan Pelaksanaan



Gambar 1. Diagram Alur Pelaksanaan Penyusunan IGRK

## BAB II

### METODOLOGIDAN

### SUMBER DATA YANG DIGUNAKAN

#### A. Sumber Data

##### 1. Sumber Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh atau dikumpulkan oleh orang yang melakukan penelitian dari sumber-sumber yang telah ada (Hasan, 2002: 58). Dalam mendukung proses perhitungan gas rumah kaca ini data sekunder didapat dari lembaga maupun perusahaan atau pihak-pihak yang berkaitan dengan perhitungan ini. Berikut daftar sumber data masing-masing sektor:

##### a. Emisi gas rumah kaca sektor energi

Tabel 2. Sumber Data Sektor Energi

No.	Sumber Emisi	Subsektor (Penanggung Jawab)
1	Transportasi	Dinas Koperasi, UMKM, Perindustrian dan Perdagangan Kab. Pemalang
2	Pembakaran Bahan Bakar di Rumah Tangga	Dinas Koperasi, UMKM, Perindustrian dan Perdagangan Kab. Pemalang

##### b. Emisi gas rumah kaca sektor IPPU (*Industrial Process and Product Uses*)

Tabel 3. Sumber Data Sektor IPPU

Sumber Emisi	Subsektor (Penanggung Jawab)
Konsumsi Pelumas	Seksi PLH Dinas Lingkungan Hidup Kab. Pemalang

##### c. Emisi gas rumah kaca sektor pertanian

Tabel 4. Sumber Data Sektor Pertanian

No.	Sumber Emisi	Subsektor (Penanggung Jawab)
1	Data Populasi Ternak	Dinas Pertanian Kab. Pemalang

No.	Sumber Emisi	Subsektor (Penanggung Jawab)
2	Data Sawah	Dinas Pertanian Kab. Pemalang
3	Data Tanaman Pangan	Dinas Pertanian Kab. Pemalang
4	Data Perkebunan	Dinas Pertanian Kab. Pemalang
5	Data Konsumsi Pupuk	BPS Kab. Pemalang
6	Data Hortikultura	Dinas Pertanian Kab. Pemalang

d. Emisi gas rumah kaca sektor kehutanan

Tabel 5. Sumber Data Sektor Kehutanan

Sumber Emisi	Subsektor (Penanggung Jawab)
Matriks Transisi Perubahan Tutupan Lahan pada Tanah Mineral	BPKH Wilayah X Yogyakarta

e. Emisi gas rumah kaca sektor limbah

Tabel 6. Sumber Data Sektor Limbah

No.	Sumber Emisi	Subsektor (Penanggung Jawab)
1	Kependudukan	BPS Kab. Pemalang
2	Timbulan Sampah	Sub Korodinator PSLB3 DLH Kab. Pemalang
3	Distribusi Pengelolaan Sampah Domestik	Sub Koordinator PSLB3 DLH Kab. Pemalang
4	Komposisi & Kandungan Bahan Kering Sampah Domestik	Sub Koordinator PSLB3 DLH Kab. Pemalang
5	Tempat Pengelolaan Akhir (TPA)	Sub Koordinator PSLB3 DLH Kab. Pemalang
6	Sarana Pembuangan Air Limbah Domestik	Dinas Pekerjaan Umum dan Tata Ruang Kab. Pemalang
7	Limbah Industri	Seksi PLH Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Pemalang

## 2. Metodologi Inventarisasi Gas Rumah Kaca

Perhitungan emisi/ serapan gas rumah kaca dilakukan dengan menggunakan SIGN-SMART (Sistem Informasi Gas Rumah Kaca Nasional, Sederhana, Mudah, Akurat,

Ringkas, Transparan) yang mengacu pada Pedoman Inventarisasi Gas Rumah Kaca yang ditetapkan oleh IPCC (Intergovernmental Panel Climate Change).

IPCC merupakan panel ilmiah yang terdiri dari para ilmuwan dari seluruh dunia dan didirikan oleh 2 (dua) organisasi PBB yaitu *World Meteorological Organization* (WMO) dan *United Environmental Programme* (UNEP) pada Tahun 1988. IPCC adalah lembaga ilmiah yang tugasnya meninjau dan menilai informasi ilmiah, teknis dan sosio- ekonomi terbaru di seluruh dunia yang relevan untuk memahami perubahan iklim.

### 1. Pemilihan Tier (Tingkat Ketelitian)

Pemilihan Metodologi dapat dilakukan menurut tingkat ketelitian (Tier). Tingkat ketelitian perhitungan terkait dengan data dan metode perhitungan yang digunakan sebagaimana dijelaskan berikut ini :

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

Pada perhitungan emisi gas rumah kaca Kabupaten Pemalang untuk tahun 2021, pemilihan metode yang digunakan yaitu Tier 1, dikarenakan tidak ada faktor emisi dan pengukuran emisi secara langsung.

### 2. Rumus Perhitungan Gas Rumah Kaca

Pendekatan Tier 1 dan Tier 2 merupakan metodologi perhitungan emisi gas rumah kaca yang paling sederhana, yaitu berdasarkan data aktivitas dan faktor emisi. Estimasi emisi gas rumah kaca Tier 1 dan Tier 2 menggunakan persamaan berikut :

$\text{Emisi GRK} = \text{AD} \times \text{FE}$
---

Keterangan :

➤ AD = Data Aktivitas

Data aktivitas adalah data mengenai banyaknya aktivitas umat manusia yang terkait dengan banyaknya emisi gas rumah kaca. Data yang diperoleh dalam perhitungan emisi gas rumah kaca ini menggunakan data sekunder. Data sekunder yang dimaksud adalah data-data yang bersumber dari lembaga resmi pemerintah atau badan nasional dan lainnya.

➤ FE = Faktor Emisi

Faktor Emisi (FE) adalah suatu koefisien yang menunjukkan banyaknya emisi per unit aktivitas (unit aktivitas dapat berupa volume yang diproduksi atau volume yang dikonsumsi).

### 3. Perhitungan Pengadaan dan Penggunaan Energi

Energi merupakan salah satu sektor penting dalam inventarisasi emisi gas rumah kaca. Cakupan inventarisasi meliputi kegiatan penyediaan dan penggunaan energi. Penyediaan energi meliputi kegiatan-kegiatan : (I) eksplorasi dan eksploitasi sumber-sumber energi primer (misal minyak mentah, batubara), (II) konversi energi primer menjadi energi sekunder yaitu energi yang siap pakai (konversi minyak mentah menjadi BBM di kilang minyak, konversi batubara menjadi tenaga listrik di pembangkit tenaga listrik), dan (III) kegiatan penyaluran dan distribusi energi. Kegiatan penggunaan energi meliputi : (I) penggunaan bahan bakar di peralatan-peralatan stasioner (di industri, komersial, dan rumah tangga), dan (II) peralatan-peralatan yang bergerak (transportasi).

Berdasarkan IPCC *Guideline* 2006, sumber emisi gas rumah kaca dari kegiatan energi diklasifikasikan ke dalam tiga kategori utama, yaitu : (I) *Fuel Combustion* (Pembakaran bahan bakar); (II) *Fugitive Emission from Fuels* (Emisi *fugitive* dari kegiatan produksi dan penyaluran bahan bakar, dan (III) *CO<sub>2</sub> Transport dan Storage* (Penyimpanan CO<sub>2</sub>). Berikut cakupan sumber-sumber emisi untuk ketiga kategori sumber utama emisi gas rumah kaca dari kegiatan energi :

Tabel 7. Cakupan Sumber-Sumber Emisi Untuk Ketiga Kategori Sumber Utama Emisi GRK

Kode	Kategori	Cakupan Kategori
1	Energi	
1A	Kegiatan Pembakaran	Emisi berasal dari pembakaran/oksidasi bahan

	Bahan Bakar ( <i>Fuel Combustion Activities</i> )	<p>bakar secara sengaja dalam suatu alat dengan tujuan menyediakan panas atau kerja mekanik kepada suatu proses. Pembakaran bahan bakar terjadi di berbagai sektor kegiatan, diantaranya industri, transportasi, komersial, dan rumah tangga.</p> <p>Penggunaan bahan bakar di Industri yang bukan untuk keperluan energi namun sebagai bahan baku proses (misal menggunakan gas bumi pada proses produksi pupuk atau pada proses produksi besi baja) atau sebagai produk (misal penggunaan hidrokarbon sebagai pelarut) tidak termasuk dalam kategori aktivitas energi.</p>
IB	Emisi Fugitive ( <i>Fugitive Emissions from Fuels</i> )	<p>Emisi gas rumah kaca yang secara tidak sengaja terlepas pada kegiatan produksi dan penyediaan energi. Emisi <i>fugitive</i> terjadi di kegiatan produksi dan penyaluran migas dan batubara diantaranya di lapangan migas, kilang minyak, tambang batubara, dan lain-lain.</p> <p>Pada sistem migas emisi fugitive terjadi pada operasi flaring dan venting, serta kebocoran-kebocoran pada pipa-pipa dan peralatan-peralatan pengolahan dan penggunaan migas. Di sistem batubara emisi fugitive terjadi dari lepasnya seam gas (gas yang semula terperangkap dalam lapisan batubara) pada saat penambangan dan pengangkutan.</p>
IC	CO <sub>2</sub> Transport & Storage	Emisi gas rumah kaca dari kegiatan pengangkutan dan injeksi CO <sub>2</sub> pada kegiatan penyimpanan CO <sub>2</sub> di formasi geologi.

#### 4. Perhitungan Pembakaran Bahan Bakar pada Sumber Stasioner

Pendekatan Tier 1 dan Tier 2 merupakan metodologi perhitungan emisi gas rumah kaca yang paling sederhana, yaitu berdasarkan data aktifitas dan faktor emisi. Estimasi emisi gas rumah kaca Tier 1 dan Tier 2 menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Emisi GRK} = \text{DA} \times \text{Faktor Emisi}$$

Ket : DA = Data Aktifitas

Faktor emisi menurut default IPCC dinyatakan dalam satuan emisi per unit energi yang dikonsumsi (kg GRK/TJ). Di sisi lain data konsumsi energi yang tersedia umumnya dalam satuan fisik (ton batubara, kilo liter minyak diesel dll).

Oleh karena itu, sebelum digunakan, data konsumsi energi harus dikonversi terlebih dahulu ke dalam satuan energi TJ (Terra Joule), seperti pada contoh berikut :

Konversi dari satuan fisik ke Terra Joule
$\text{Konsumsi Energi (TJ)} = \text{Konsumsi energi (Sat. Fisik)} \times \text{Nilai Kalor}$ $\left\{ \frac{\text{TJ}}{\text{Sat.Fisik}} \right\}$

#### 5. Proses Industri dan Pengadaan Pupuk

Pada bagian ini disampaikan sumber-sumber utama emisi gas rumah kaca yang tercakup di dalam inventarisasi emisi gas rumah kaca kegiatan terkait proses industri dan penggunaan pupuk (*Industry processes and production use*, IPPU). Emisi gas rumah kaca dari kegiatan IPPU mencakup (I) emisi gas rumah kaca yang terjadi selama proses/reaksi kimia di Industri, (II) penggunaan gas-gas kategori gas rumah kaca di dalam produk, dan (III) penggunaan karbon bahan bakar fosil untuk kegiatan (non-energi), yaitu bukan untuk penyediaan energi namun untuk kegiatan produksi. Kategori sumber emisi gas rumah kaca dari proses Industri dan Penggunaan Produk (IPPU), sebagaimana disajikan pada tabel berikut ini :

Tabel 8. Kategori Sumber Emisi Gas Rumah Kaca dari Proses Industri dan Penggunaan Produk (IPPU)

Kode		Cakupan Kategori
2A	Industri Mineral	Produksi Semen, Kapur, Kaca, Proses lain yang menggunakan karbonat, Keramik, Penggunaan

		lain Soda Abu, Produksi <i>Non Metalurgical</i> Mg, dan lainnya
2B	Industri Kimia	Produksi <i>Ammonia, Asam Nitrat, Asam Adipat, Caprolactam, Glyoxal &amp; Glyoxylic Acid</i> , Produksi Karbida, Titanu Dioksida, Soda Abu, Petrokimia/Black Carbon, <i>Fluorochemical</i> , dan lainnya
2C	Industri Logam	Produksi Besi dan Baja, <i>Ferrous Alloys</i> , Aluminium, Magnesium, Timbal, Produksi Seng, dan lainnya.
2D	Non-Energy Produk dari Bahan Bakar dan Penggunaan Solvent	Penggunaan Pelumas, Lilin Paraffin, Penggunaan Pelarut, dan Lainnya
2E	Industri Elektronik	<i>Integrated Circuit/Semiconductor, TFT Flat Panel Display, Fotovoltaik, Heat Transfer Fluid</i> , dan lainnya.
2F	Penggunaan Produk sebagai Bahan Peluruhan Lapisan Ozon	Refrigeran dan AC, <i>Foam Blowing Agent</i> , Alat Pemadam Kebakaran, Aerosols, Pelarut, dan Aplikasi lainnya
2G	Pembuatan Produk-produk lainnya dan penggunaannya	Peralatan Listrik, SF <sub>6</sub> /PFCs Penggunaan produk lain, N <sub>2</sub> O dari Penggunaan Produk, dan lainnya.
2H	Lainnya	Industri Pulp dan Kertas, Industri Makanan dan Minuman, dan lainnya

Penghitungan tingkat emisi gas rumah kaca untuk kebutuhan inventarisasi emisi gas rumah kaca pada dasarnya berbasir pada pendekatan umum sebagai persamaan berikut ini :

$$\text{Tingkat Emisi} = \text{Data Aktivitas (AD)} \times \text{Faktor Emisi (EF)}$$

## 6. Perhitungan Sektor Pertanian, Kehutanan dan Perubahan Penggunaan Lahan

Metode perhitungan gas rumah kaca yang ada pada pedoman IPPC berbeda dalam kompleksitas mulai dari metode sederhana Tier 1 yang didasarkan pada default faktor emisi/serapan global atau regional, Tier 2 metode berdasarkan faktor emisi/serapan

lokal; dan Tier 3 metode yang melibatkan permodelan lebih rinci atau pendekatan berbasis inventarisasi.

Metode perhitungan yang diikuti dalam pedoman IPPC untuk menghitung emisi/serapan gas rumah kaca adalah melalui perkalian antara informasi aktivitas manusia dalam jangka waktu tertentu (data aktivitas, DA) dengan emisi/serapan per unit aktivitas (faktor emisi/serapan, FE). Oleh karena itu,

$$\text{Emisi/Serapan GRK} = \text{AD} \times \text{FE},$$

Keterangan :

- DA : Data aktivitas, yaitu informasi terhadap pelaksanaan suatu kegiatan yang melepaskan atau menyerap gas rumah kaca yang dipengaruhi oleh kegiatan manusia, sedangkan
- FE : Faktor emisi, yaitu besaran yang menunjukkan jumlah emisi gas rumah kaca yang akan dilepaskan atau diserap dari suatu aktivitas tertentu.

Emisi dan serapan gas rumah kaca dari sector Pertanian, Kehutanan dan Penggunaan Lahan Lainnya (*Agriculture, Forestry and Other Land Use*, AFOLU) pada suatu ekosistem lahan berasal dari perubahan stok karbon daripada pool karbon dan dari emisi non-CO<sub>2</sub> berbagai sumber termasuk pembakaran biomassa, tanah, fermentasi enterik ternak, dan pengelolaan kotoran ternak (manure). Oleh karena itu, persamaan dasar di atas bisa dimodifikasi dengan menyertakan parameter estimasi lain dari faktor emisi seperti perubahan stok karbon pada tampungan karbon dari AFOLU atau emisi on-CO<sub>2</sub>.

Pada perhitungan emisi gas rumah kaca, perlu ditentukannya TIER (Tingkat Ketelitian). Dalam hal ini terdapat 3 metodologi, yaitu Tier 1 yang dirancang untuk perhitungan yang sederhana, dimana persamaan-persamaan dan nilai-nilai parameter default (misalnya faktor-faktor emisi dan perubahan simpanan karbon) telah disediakan dan dapat digunakan, Tier 2 dapat menggunakan pendekatan metodologi yang sama dengan Tier 1 tetapi menggunakan faktor-faktor emisi dan perubahan simpanan yang spesifik negara atau wilayah dan Tier 3 merupakan metode-metode orde tinggi, termasuk model-model dan sistem-sistem pengukuran inventarisasi yang dibuat untuk mengatasi keadaan nasional, diulangi dari waktu ke waktu, dan didorong oleh adanya data aktivitas dengan resolusi tinggi dan dikelompokkan pada tingkat sub-nasional.

## 7. Peternakan

Emisi gas rumah kaca dari sektor peternakan dihitung dari emisi metana yang berasal dari fermentasi enterik ternak, dan emisi metana dan dinitro oksida yang dihasilkan dari pengelolaan kotoran ternak. Metana dihasilkan oleh hewan memamah biak (herbivora) sebagai hasil samping dari fermentasi enterik, suatu proses dimana karbohidrat dipecah menjadi molekul sederhana oleh mikroorganisma untuk diserap ke dalam aliran darah. Selain itu, emisi metana juga dihasilkan dari sistem pengelolaan kotoran ternak disamping gas dinitro oksida (N<sub>2</sub>O). Estimasi emisi metana dari peternakan dihitung dengan menggunakan IPCC 2006. Metode untuk memperkirakan emisi CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O dari peternakan memerlukan informasi subkategori ternak, populasi tahunan, dan untuk Tier lebih tinggi, konsumsi pakan dan karakteristik ternak. Emisi CO<sub>2</sub> dari peternakan tidak diperkirakan karena emisi CO<sub>2</sub> diasumsikan nol karena CO<sub>2</sub> diserap oleh tanaman melalui fotosintesis dikembalikan ke atmosfer sebagai CO<sub>2</sub> melalui respirasi.

Data aktivitas yang diperlukan untuk Tier 1 adalah populasi ternak dan faktor emisi fermentasi enterik untuk berbagai jenis ternak. Di Indonesia, jenis ternak yang menghasilkan gas metana adalah sapi pedaging, sapi perah, kerbau, domba, kambing, babi, ayam negeri (ras) dan kampung (buras), ayam petelur dan bebek. Berdasarkan struktur populasi tersebut diperoleh nilai faktor koreksi (k(T)) untuk sapi pedaging, sapi perah dan kerbau masing-masing 0.72, 0.75, dan 0.72. sehingga jumlah populasi dari ketiga jenis ternak tersebut dapat diasumsikan sebagai Animal Unit (AU) dengan persamaan dibawah ini:

$$N_{(T) \text{ in Animal Unit}} = N_{(x)} * k_{(T)}$$

Keterangan :

N (T) = Jumlah ternak dalam Animal Unit

N (X) = Jumlah ternak dala ekor

K (T) = Faktor koreksi (sapi pedaging = 0.72, sapi perah = 0.75 dan kerbau = 0.72)

T = Jenis/kategori ternak (sapi pedaging, sapi perah dan kerbau)

Emisi metana dari fermentasi enteric dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Emissions} = EF_{(T)} * N_{(T)} * 10^6$$

Keeterangan :

Emissions	= Emisi metana dari fermentasi enterik, Gg CH <sub>4</sub> yr-1
EF (T)	= Faktor emisi untuk populasi jenis ternak tertentu, kg CH <sub>4</sub> head-1 yr-1
N (T)	= Jumlah Populasi jenis/kategori ternak tertentu, Animal Unit
T	= Jenis/Kategori ternak

## 8. Pertanian

Emisi gas rumah kaca dari sektor pertanian diduga dari emisi : (1) metana (CH<sub>4</sub>) dari budidaya padi sawah (2) karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) karena penambahan bahan kapur dan pupuk urea, (3) dinitrogen oksida (N<sub>2</sub>O) dari tanah, termasuk emisi N<sub>2</sub>O tidak langsung dari penambahan N ke tanah karena penguapan/pengendapan dan pencucian, dan (4) non-CO<sub>2</sub> dari biomas yang dibakar pada aktivitas pertanian.

Untuk menghitung emisi dari sektor pertanian perlu disiapkan data aktivitas seperti luas tanam, luas panel, jenis tanah, dan data hasil penelitian seperti dosis pupuk dan kapur pertanian. Data aktivitas tersebut bisa diakses dari yang tidak tersedia dapat menggunakan *expert judgement* seperti proporsi lahan yang dibakar atau dosis pupuk dan kapur.

### a. Emisi Metan dari Pengelolaan Padi Sawah

Dekomposisi bahan organik secara anaerobik pada lahan sawah mengemisikan gas metan ke atmosfer. Jumlah CH<sub>4</sub> yang diemisikan merupakan fungsi dari umur tanaman, rejim air sebelum dan selama periode budidaya, dan penggunaan bahan organik dan anorganik. Selain itu, emisi CH<sub>4</sub> juga dipengaruhi oleh jenis tanah, suhu, dan varietas padi. Emisi CH<sub>4</sub> dihitung dengan mengalikan faktor emisi harian dengan lama budidaya padi sawah dan luas panen dengan menggunakan persamaan di bawah ini :

$$CH_4 \text{ Rice} = \sum_{ijk} (EF_{i,j,k} \times t_{i,j,k} \times A_{i,j,k} \times 10^{-6})$$

Keterangan:

CH<sub>4</sub>Rice = emisi metan dari budidaya padi sawah, Gg CH<sub>4</sub> per tahun

EF<sub>i,j,k</sub> = faktor emisi untuk kondisi I, j, dan k; kg CH<sub>4</sub> per hari

- $t_{i,j,k}$  = lama budidaya padi sawah untuk kondisi I, j, dan k; hari  
 $A_{i,j,k}$  = luas panen padi sawah untuk kondisi I, j, dan k; ha per tahun  
i, j, dan k = mewakili ekosistem berbeda: i: rezim air, j: jenis dan jumlah Pengembalian bahan organik tanah, dan k: kondisi lain di mana emisi CH<sub>4</sub> dari padi sawah dapat bervariasi

Jenis sawah dapat dikelompokkan menjadi tiga rezim air yaitu sawah irigasi (teknis, setengah teknis dan sederhana), sawah tadah hujan, dan sawah dataran tinggi. Hal ini perlu dipertimbangkan karena kondisi (i, j, k, dst.) mempengaruhi emisi CH<sub>4</sub>. Emisi untuk masing-masing sub-unit (ekosistem) disesuaikan dengan mengalikan faktor emisi default (Tier 1) dengan berbagai faktor skala. Tier 1 berlaku untuk negara-negara di mana emisi CH<sub>4</sub> dari budidaya padi bukan kategori kunci atau faktor emisi lokal tidak tersedia.

Persamaan untuk mengoreksi faktor emisi baseline ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$EF_i = (EF_c \times SF_w \times SF_p \times SF_o \times SF_{s,r})$$

Keterangan:

- $EF_i$  = faktor emisi harian yang terkoreksi untuk luas panen tertentu, kg CH<sub>4</sub> per hari  
 $EF_c$  = faktor emisi baseline untuk padi sawah dengan irigasi terus - menerus dan tanpa pengembalian bahan organik  
 $SF_w$  = Faktor skala yang menjelaskan perbedaan rezim air selama periode budidaya.  
 $SF_p$  = Faktor skala yang menjelaskan perbedaan rezim air sebelum periode budidaya  
 $SF_o$  = Faktor skala yang menjelaskan jenis dan jumlah pengembalian bahan organik yang diterapkan pada periode budidaya padi sawah  
 $SF_{s,r}$  = Faktor skala untuk jenis tanah, varietas padi sawah dan lain-lain, jika tersedia.

b. Emisi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) dari Pengapuran Tanah Pertanian

Penambahan kapur pertanian (pengapuran) bertujuan untuk mengurangi kemasaman tanah dan meningkatkan pertumbuhan tanaman khususnya pada lahan pertanian. Penambahan karbonat ke tanah dalam bentuk kapur, misalnya batu kapur [CaCO<sub>3</sub>] atau dolomit [CaMg (CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>], menyebabkan emisi CO<sub>2</sub> karena kapur karbonat larut dan melepaskan bikarbonat (2HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), yang selanjutnya menjadi CO<sub>2</sub> dan air (H<sub>2</sub>O). Emisi CO<sub>2</sub> dari penambahan kapur karbonat kedalam tanah dapat diperkirakan dengan persamaan berikut:

$$CO_2\text{-Emission} = [(M_{Limestones} \times EF_{Limestones}) + (M_{Dolomites} \times EF_{Dolomites})]$$

Keterangan:

CO<sub>2</sub>-Emission = C tahunan dari aplikasi pengapuran, ton C per tahun.

M = jumlah atau berat dari kapur Limestones (CaCO<sub>3</sub>) dan Dolomites (CaMg (CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) yang diaplikasikan, ton per tahun

EF = Faktor emisi, ton C per (limestones atau dolomites).  
Default IPCC (Tier 1) faktor emisi untuk limestone adalah 0.12 dan 0.13

c. Emisi Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) dari Penggunaan Pupuk Urea

Penggunaan pupuk urea pada budidaya pertanian menyebabkan lepasnya CO<sub>2</sub> yang diikat selama proses pembuatan pupuk. Urea (CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>) diubah menjadi amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), ion hidroksil (OH<sup>-</sup>), dan bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dengan adanya air dan enzim urease. Mirip dengan reaksi tanah pada penambahan kapur, bikarbonat yang terbentuk selanjutnya berkembang menjadi CO<sub>2</sub> dan air. Kategori sumber ini perlu dimasukkan karena pengambilan (fiksasi) CO<sub>2</sub> dari atmosfer selama pembuatan urea diperhitungkan dalam sektor industri.

Emisi CO<sub>2</sub> dari penggunaan pupuk Urea dihitung dengan persamaan berikut:

$$CO_2\text{-Emission} = (M_{Urea} \times EF_{Urea})$$

Keterangan:

CO<sub>2</sub>-Emission = Emisi C tahunan dari aplikasi Urea, ton CO<sub>2</sub> per tahun.

M<sub>urea</sub> = jumlah pupuk Urea yang diaplikasikan, ton per tahun.

EF<sub>urea</sub> = faktor emisi, ton C per (Urea). Default IPCC (Tier 1)

untuk faktor emisi urea adalah 0,20 atau setara dengan kandungan karbon pada pupuk urea berdasarkan berat atom (20% dari  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ).

d. Emisi Dinitrogen Oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ) dari Pengelolaan Tanah

Dinitrogen oksida diproduksi secara alami dalam tanah melalui proses nitrifikasi dan denitrifikasi. Nitrifikasi adalah oksidasi amonium oleh mikroba aerobik menjadi nitrat, dan denitrifikasi adalah reduksi nitrat oleh mikroba anaerob menjadi gas nitrogen ( $\text{N}_2$ ). Dinitrogen oksida ini adalah gas antara dalam urutan reaksi denitrifikasi dan hasil dari reaksi nitrifikasi yang lepas dari sel-sel mikroba ke dalam tanah dan akhirnya ke atmosfer. Salah satu faktor pengendali utama dalam reaksi ini adalah ketersediaan N anorganik dalam tanah.

Perkiraan emisi  $\text{N}_2\text{O}$  menggunakan penambahan N kedalam tanah (misalnya, pupuk sintetis atau organik, deposit kotoran ternak, sisa tanaman, limbah lumpur), atau mineralisasi N dalam bahan organik tanah melalui drainase/pengelolaan tanah organik, atau budidaya/perubahan penggunaan lahan pada tanah mineral (misalnya, *Forest Land/Grass Land/Settlement* dikonversi menjadi lahan pertanian).

Emisi dari  $\text{N}_2\text{O}$  yang dihasilkan dari penambahan N antropogenik atau mineralisasi N dapat terjadi secara langsung (yaitu, langsung dari tanah dimana N ditambahkan/dilepaskan), dan tidak langsung melalui: (i) volatilisasi  $\text{NH}_3$  dan  $\text{NO}_x$  dari tanah yang dikelola dan dari pembakaran bahan bakar fosil serta biomassa, yang kemudian gas-gas ini berserta produknya  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{NO}_3^-$  diendapkan kembali ke tanah dan air; dan (ii) pencucian dan run off dari N terutama sebagai  $\text{NO}_3^-$  dari tanah yang dikelola.

e. Emisi Non  $\text{CO}_2$  dari Pembakaran Biomassa

Emisi Non- $\text{CO}_2$  dari biomas yang dibakar dibedakan dari pembakaran biomassa pada lahan pertanian (*cropland*) dan pembakaran biomassa dari padang rumput (*grass land*) dan perhitungannya dilakukan terpisah.

- Emisi Non  $\text{CO}_2$  dari Pembakaran Biomasa pada Lahan Pertanian

Emisi Non- $\text{CO}_2$  dari biomas yang dibakar (terutama  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$  and  $\text{N}_2\text{O}$ ) umumnya berkaitan dengan sisa pertanian (jerami padi, tebu, dll) yang dibakar. Emisi  $\text{CO}_2$  dari biomas yang dibakar tidak dihitung karena karbon yang dilepaskan selama proses pembakaran diasumsikan akan diserap kembali oleh

tanaman pada musim berikutnya. Persentase sisa tanaman yang dibakar yang disebut sebagai massa bahan bakar yang tersedia, dihitung dengan terlebih mengurangi dengan fraksi tanaman yang digunakan sebagai pakan ternak, membusuk di lahan, atau digunakan oleh sektor lain (misalnya untuk biofuel, pakan ternak domestik, bahan bangunan, dll) untuk menghindari kemungkinan *double counting*.

- Emisi non CO<sub>2</sub> dari Pembakaran Biomasa pada Padang Rumput

Emisi Non-CO<sub>2</sub> dari pembakaran biomasa padang rumput dapat diduga dari pertanian ladang berpindah. Sistem perladangan berpindah masih banyak ditemukan di luar Jawa dan biasanya untuk membuka lahan dilakukan dengan membakar lahan yang ditumbuhi rumput. Persamaan untuk menghitung emisi sama dengan persamaan untuk menghitung emisi Non-CO<sub>2</sub> dari pembakaran biomasa pada lahan pertanian.

Persamaan untuk menghitung emisi non-CO<sub>2</sub> dari biomasa yang dibakar adalah :

$$L_{fire} = A \cdot M_B \cdot C_f \cdot G_{ef} \cdot 10^{-3}$$

Keterangan:

$L_{fire}$  = jumlah emisi GRK dari pembakaran, ton CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CO dan NO<sub>x</sub>.

A = luas area yang dibakar, ha.

$M_B$  = massa bahan yang tersedia untuk pembakaran, ton/ha.  
(termasuk biomasa, serasah, dan kayu mati).

## 9. Kehutanan

### a. Perhitungan Emisi Kehutanan dan Penggunaan Lahan Lainnya

Emisi/Serapan dari setiap kategori penggunaan lahan diduga dari perubahan biomassa atau tampungan karbon untuk 1) lahan yang tetap/tersisa dalam kategori penggunaan lahan yang sama, dan 2) lahan yang berubah ke penggunaan lahan tersebut dari penggunaan lahan lain.

Perubahan simpanan karbon untuk setiap transisi dari kategori penggunaan lahan merupakan penjumlahan dari perubahan simpanan karbon dari biomassa hidup, biomassa mati, dan bahan organik tanah seperti ditunjukkan pada persamaan dibawah ini.

$$\Delta\text{CLUi} = \Delta\text{CAB} + \Delta\text{CBB} + \Delta\text{CDW} + \Delta\text{CLI} + \Delta\text{CSO} + \Delta\text{CHWP}$$

Keterangan:	
$\Delta\text{CLUi}$	= Perubahan simpanan karbon untuk suatu strata dari kategori penggunaan lahan.
$\Delta\text{CAB}$	= Perubahan simpanan karbon dari biomassa diatas permukaan tanah.
$\Delta\text{CBB}$	= Perubahan simpanan karbon dari biomassa dibawah permukaan tanah.
$\Delta\text{CDW}$	= Perubahan simpanan karbon dari kayu mati.
$\Delta\text{CLI}$	= Perubahan simpanan karbon dari serasah.
$\Delta\text{CSO}$	= Perubahan simpanan karbon dari bahan organik tanah.
$\Delta\text{CHWP}$	= Perubahan simpanan karbon dari produk kayu yang dipanen

Emisi dan penyerapan CO<sub>2</sub> untuk sektor AFOLU, berdasarkan perubahan simpanan karbon ekosistem C, diperkirakan untuk setiap kategori penggunaan lahan (termasuk lahan yang kategorinya tetap dengan kategori penggunaan lahan sebelumnya dan lahan dikonversi ke penggunaan lahan lain). Berikut simpanan karbon dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta\text{CAFOLU} = \Delta\text{CFL} + \Delta\text{CCL} + \Delta\text{CGL} + \Delta\text{CWL} + \Delta\text{CSL} + \Delta\text{COL}$$

Keterangan:

$\Delta\text{CAFOLU}$  = Perubahan simpanan karbon pada lahan pertanian, kehutanan, dan penggunaan lain.

FL = *Forest Land.*

CL = *Cropland.*

GL = *Grassland*

WL = *Wetlands.*

SL = *Settlement.*

OL = *Other Land.*

Untuk masing-masing kategori penggunaan lahan, perubahan simpanan karbon diperkirakan untuk semua strata atau subdivisi lahan (contoh zona iklim, tipe ekosistem, jenis tanah dan rezim pengelolaan). Perubahan simpanan karbon untuk setiap strata dari kategori penggunaan lahan merupakan penjumlahan dari perubahan simpanan karbon dari biomassa hidup, biomassa mati, dan bahan organik tanah seperti ditunjukkan pada persamaan di bawah ini:

$$\Delta\text{CLU} = \Delta\text{CAB} + \Delta\text{CBB} + \Delta\text{CDW} + \Delta\text{CLI} + \Delta\text{CSO} + \Delta\text{CHWP}$$

Keterangan :

- $\Delta\text{CLU}$  = Perubahan simpanan karbon untuk suatu strata dari kategori penggunaan lahan.
- $\Delta\text{CAB}$  = Perubahan simpanan karbon dari biomassa diatas permukaan tanah.
- $\Delta\text{CBB}$  = Perubahan simpanan karbon dari biomassa dibawah permukaan tanah.
- $\Delta\text{CDW}$  = Perubahan sipanan karbon dari kayu mati.
- $\Delta\text{CLI}$  = Perubahan simpanan karbon dari serasah.
- $\Delta\text{C so}$  = Perubahan simpanan karbon dari bahan organic tanah.
- $\Delta\text{CHWP}$  = Perubahan simpanan karbon dari produk kayu yang dipesan.

## 10. Perhitungan Sektor Kegiatan Pengelolaan Limbah

Sumber-sumber utama emisi gas rumah kaca yang tercakup di dalam inventarisasi emisi gas rumah kaca dari kegiatan pengelolaan limbah sesuai dengan kategori yang terdapat pada IPCC *Guidline* 2006, sebagaimana disajikan pada table berikut ini :

Tabel 9. Kegiatan Pengelolaan Limbah

Kategori		Sub Kategori	
4A	Pembuangan Akhir Sampah Padat (Solid Waste Disposal)	4A1	TPA yang dikelola atau <i>sanitary landfill (Managed Waste Disposal Sites)</i>
		4A2	Tempat Pembuangan Sampah Padat yang tidak dikelola atau <i>open dumping (Unmanaged Waste Disposal Sites)</i>
		4A3	Tempat Pembuangan Sampah Padat yang tidak dapat dikategorikan ( <i>Uncategorised</i> )

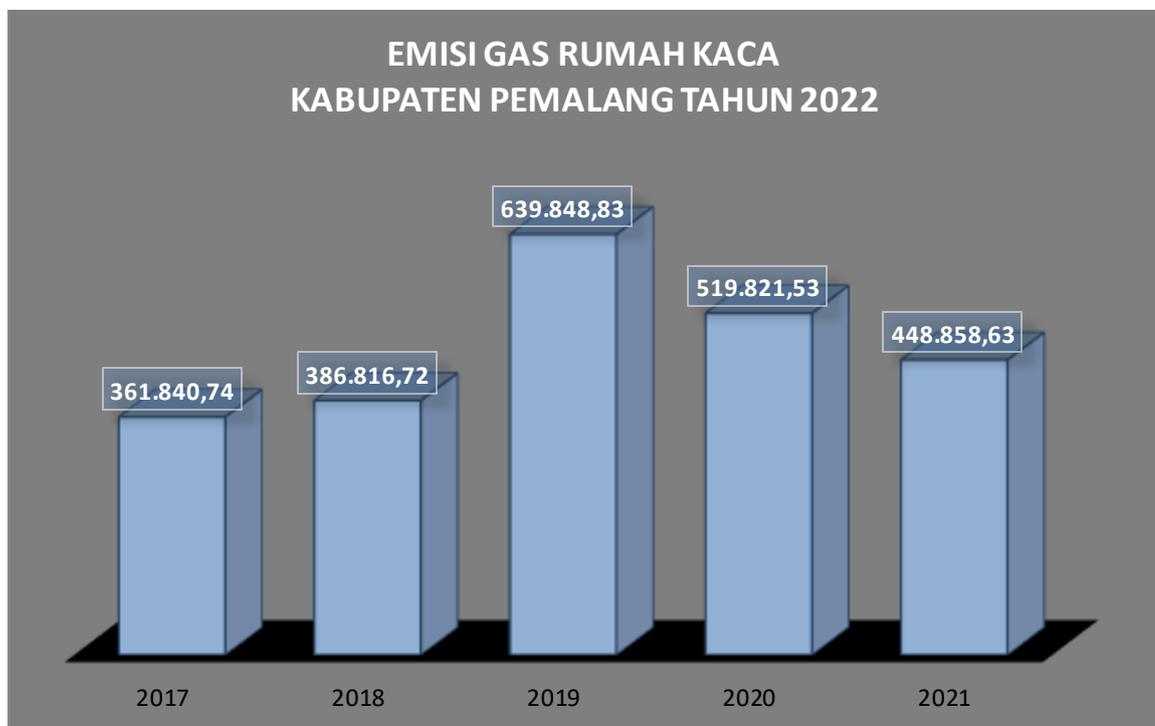
			<i>Waste Disposal Sites)</i>
4B	Pengelolaan Limbah Padat secara Biologi : (Biological Treatment of Solid Wasted		
4C	Pembakaran Sampah melalui <i>Insinerator</i> dan Pembakaran Sampah secara Terbuka ( <i>Incineration and Open Burning of Waste</i> )	4C1	Pembakaran Sampah melalui <i>Insinerator</i> ( <i>Waste Incineration</i> )
		4C2	Pembakaran Sampah secara Terbuka ( <i>Open Burning of Waste</i> )
4D	Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah ( <i>Wastewater Treatment and Discharge</i> )	4D1	Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah Rumah Tangga ( <i>Domestic Wastewater Treatment and Discharge</i> )
		4D2	Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah Industri ( <i>Industrial Wastewater Treatment and Discharge</i> )
4E	Lainnya ( <i>Other</i> )		

### BAB III

## HASIL PERHITUNGAN EMISI DAN SERAPAN GAS RUMAH KACA

### A. Tren Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Kabupaten Pemalang

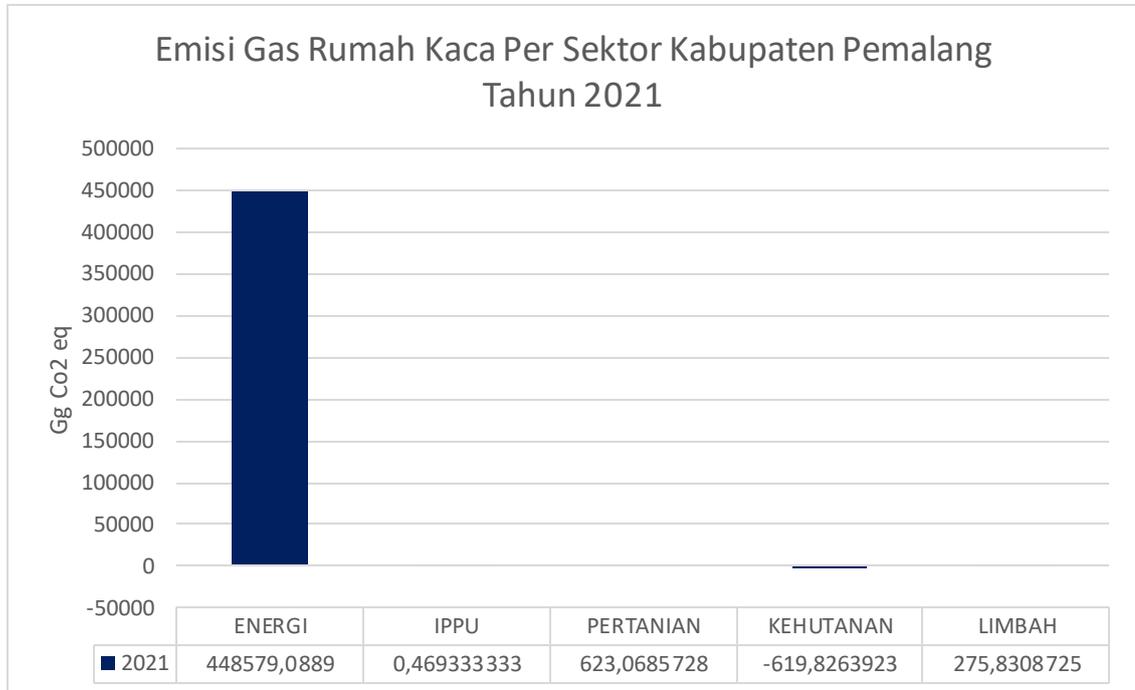
Perhitungan emisi gas rumah kaca menggunakan *website* SIGN-SMART (Sistem Informasi Gas Rumah Kaca Nasional, Sederhana, Mudah, Akurat, Ringkas, Transparan) dengan didukung oleh data-data sekunder yang telah dikumpulkan. Data tersebut selanjutnya diinput ke dalam aplikasi, sehingga dapat dikalkulasi dan diketahui jumlah emisi gas rumah kaca di Kabupaten Pemalang. Perhitungan ini dimaksudkan untuk mengetahui emisi gas rumah kaca Kabupaten Pemalang Tahun 2021. Berikut tren emisi gas rumah kaca berdasarkan perhitungan di SIGN-SMART :



Gambar 2. Emisi GRK Kabupaten Pemalang

Emisi gas rumah kaca Kabupaten Pemalang pada tahun 2021 mengalami penurunan dibandingkan tahun 2020. Pada Tahun 2020, emisi gas rumah kaca Kab. Pemalang sebesar 519.821,53 Gg CO<sub>2</sub> dan pada tahun 2021 sebesar 448.858,63 Gg CO<sub>2</sub>. Apabila di bandingkan dari tahun 2017 s/d 2021, emisi gas rumah kaca tertinggi pada tahun 2019 yaitu sebesar 639.848,83 Gg CO<sub>2</sub>, sedangkan emisi gas rumah kaca terendah pada tahun 2017 sebesar 361.840,74 Gg CO<sub>2</sub>.

Emisi gas rumah kaca dibagi menjadi 5 sektor, yaitu Sektor Energi, Sektor IPPU (*Industrial Proses Product Uses*), Sektor Pertanian, Sektor Kehutanan dan Sektor Limbah. Untuk mengetahui besaran emisi gas rumah kaca Kabupaten Pemalang Tahun 2021 pada masing-masing sektor, dapat dilihat pada Gambar 3.



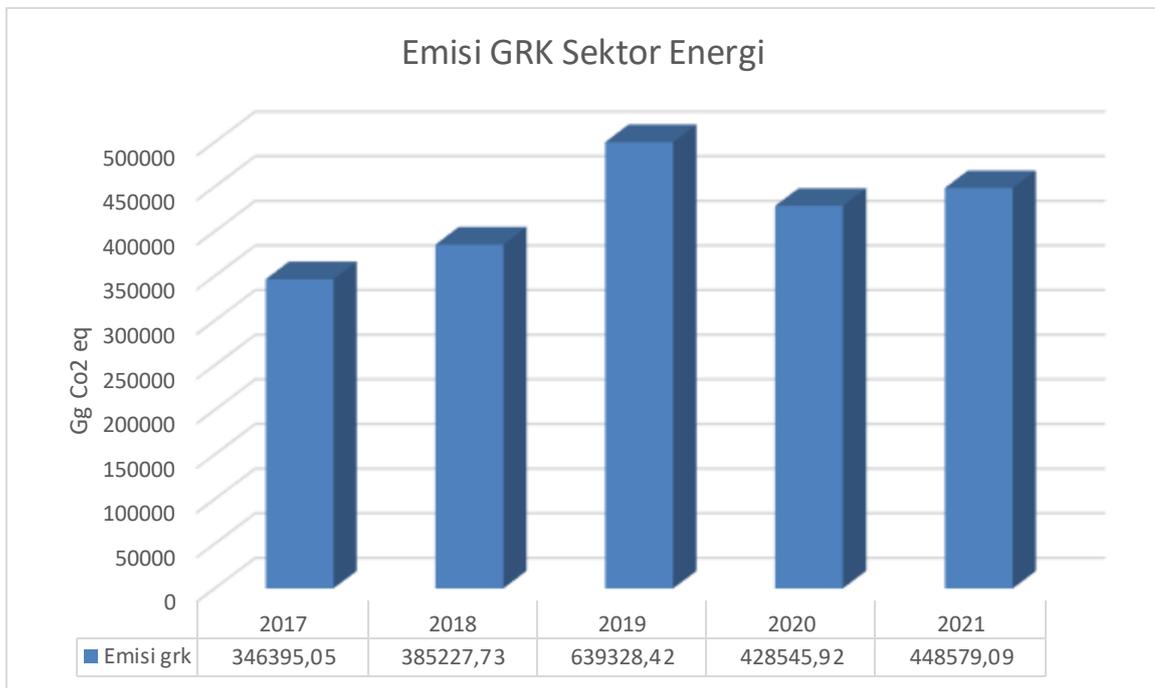
Gambar 3. Emisi GRK Per Sektor Kabupaten Pemalang Tahun 2020

Berdasarkan Gambar 3. dapat diketahui kontribusi emisi gas rumah kaca di Kabupaten Pemalang Tahun 2021. Produksi emisi gas rumah kaca tertinggi pada sektor energi sebesar 448.579,0889 Gg CO<sub>2</sub>, sedangkan pada sektor kehutanan memiliki simpanan karbon sebesar -619,826 Gg CO<sub>2</sub>. Informasi terkait emisi gas rumah kaca pada masing-masing sektor memberikan gambaran bahwa konsumsi energi dalam aktivitas pembangunan di lapangan memberikan peluang produksi emisi gas rumah kaca, sehingga data tersebut dapat menjadi tolak ukur dalam pembangunan yang mempertimbangkan aspek lingkungan.

## 1. Sektor Energi

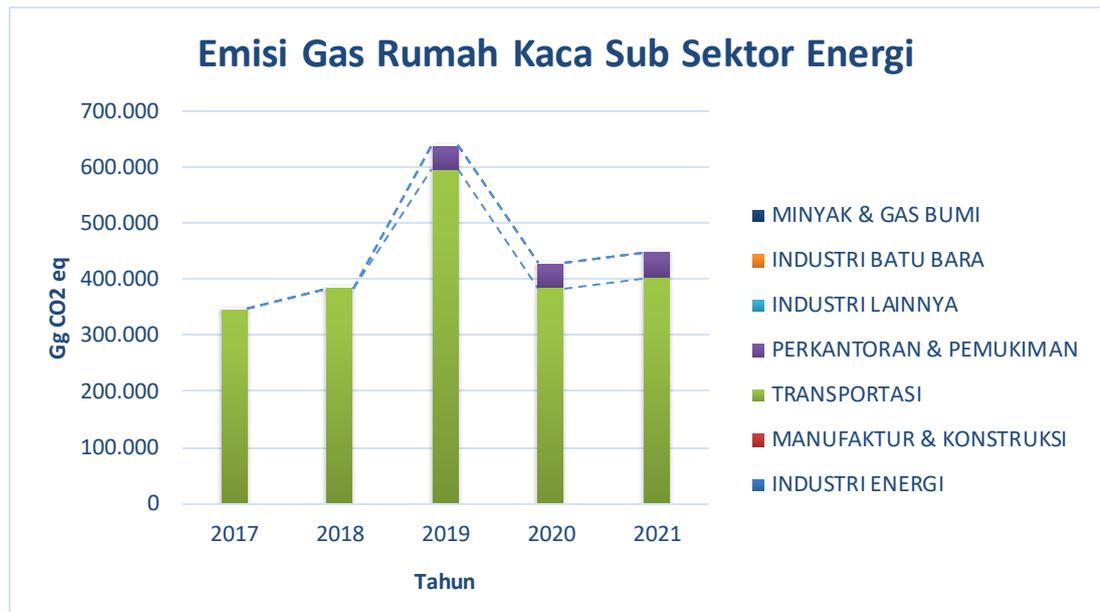
Emisi gas rumah kaca sektor energi terdiri dari 7 kategori, yaitu industri energi, manufaktur & konstruksi, transportasi, perkantoran & pemukiman, industri lainnya, industri batu bara dan industri minyak dan gas bumi. Namun, berdasarkan hasil pengumpulan data, emisi Kabupaten Pemalang sektor energi terdiri dari dua kategori yaitu transportasi dan perkantoran & pemukiman. Untuk kategori lainnya secara umum

tidak ada di Kabupaten Pemalang, sehingga tidak dibahas dalam laporan ini. Berikut hasil perhitungan emisi gas rumah kaca sektor energi :



Gambar 4. Emisi GRK Kab. Pemalang Sektor Energi

Gambar 4. menunjukkan hasil perhitungan emisi Kabupaten Pemalang sektor energi Tahun 2021 sebesar 448.579,09 Gg CO<sub>2</sub>eq. Angka tersebut mengalami kenaikan dibandingkan dengan tahun 2020 sebesar 20.033,17 Gg CO<sub>2</sub> eq. Jumlah emisi gas rumah kaca sektor energi Kabupaten Pemalang setiap tahunnya mengalami perubahan. Perubahan tersebut dapat diketahui pada data produksi emisi gas rumah kaca sektor energi tertinggi tahun 2019 yaitu sebesar 639.328,42 Gg CO<sub>2</sub> eq, sedangkan produksi emisi gas rumah kaca sektor energi terendah pada tahun 2017 yaitu sebesar 346.395,05 Gg CO<sub>2</sub> eq. Perubahan-perubahan tersebut terjadi bergantung pada tingkat konsumsi bahan bakar oleh masyarakat. Pada tahun 2020, Pemerintah Republik Indonesia menerapkan kebijakan PPKM (Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat) dalam rangka mengurangi penyebaran Covid-19, hal tersebut mengakibatkan aktivitas masyarakat berkurang sehingga diduga konsumsi bahan bakar menurun. Untuk mengetahui kategori sub sektor yang berkontribusi dalam produksi emisi gas rumah kaca sektor energi Kabupaten Pemalang, dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Emisi GRK Subsektor Energi

Tabel 10. Emisi GRK Sub Sektor Energi

No.	Item	Tahun				
		2017	2018	2019	2020	2021
1	Industri Energi	0	0	0	0	0
2	Manufaktur & Konstruksi	0	0	0	0	0
3	Transportasi	346.395	385.228	596.517	383.551	401.967
4	Perkantoran & Pemukiman	0	0	42.811	44.995	46.612
5	Industri Lainnya	0	0	0	0	0
6	Industri Batu Bara	0	0	0	0	0
7	Minyak & Gas Bumi	0	0	0	0	0

Berdasarkan Gambar 5. diketahui bahwa kontribusi terbesar emisi gas rumah kaca sektor energi Kabupaten Pematang Tahun 2021 terdapat pada kategori transportasi sebesar 401.967 Gg CO<sub>2</sub> eq. Nilai emisi gas rumah kaca kategori transportasi mengalami perubahan setiap tahunnya di Kabupaten Pematang sesuai dengan data konsumsi bahan bakar untuk transportasi. Berikut data konsumsi bahan bakar untuk transportasi :

Tabel 11. Data Konsumsi Bahan Bakar untuk Transportasi

No.	Jenis/ Kiloliter	Tahun				
		2017	2018	2019	2020	2021
1	Ron 88 Premium	14.243.152	3.923.155	6.318.358	4.976.221	792.127
2	Ron 90 Peralite	45.949.520	60.636.682	75.966.086	65.815.430	69.219.754
3	Ron 92 Pertamina	22.824.061	21.055.754	18.846.909	20.465.798	24.992.552
4	Ron 98 Turbo	131.469	195.583	220.538	381.356	1.480.541
5	Solar	53.770.769	62.677.456	63.326.054	56.442.886	60.729.986

Sumber : Diskoperindag Kabupaten Pemalang

Kategori Perkantoran & Pemukiman memberikan kontribusi emisi gas rumah kaca sektor energi sebesar 46.612 Gg CO<sub>2</sub> eq. Hasil tersebut didapat dari data konsumsi gas LPG kawasan perkantoran & pemukiman. Berikut data konsumsi bahan bakar rumah tangga :

Tabel 12. Data Konsumsi Bahan Bakar Rumah Tangga

No.	Tahun	Jenis LPG (Ton)
1	2017	12.323.480
2	2018	12.870.960
3	2019	13.513.200
4	2020	14.202.355
5	2021	14.712.715

Sumber : Diskoperindag Kabupaten Pemalang

Jenis emisi gas rumah kaca dalam perhitungan terdiri dari CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan N<sub>2</sub>O. Data jenis emisi gas rumah kaca sektor energi Kabupaten Pemalang dapat dilihat pada Tabel 13.

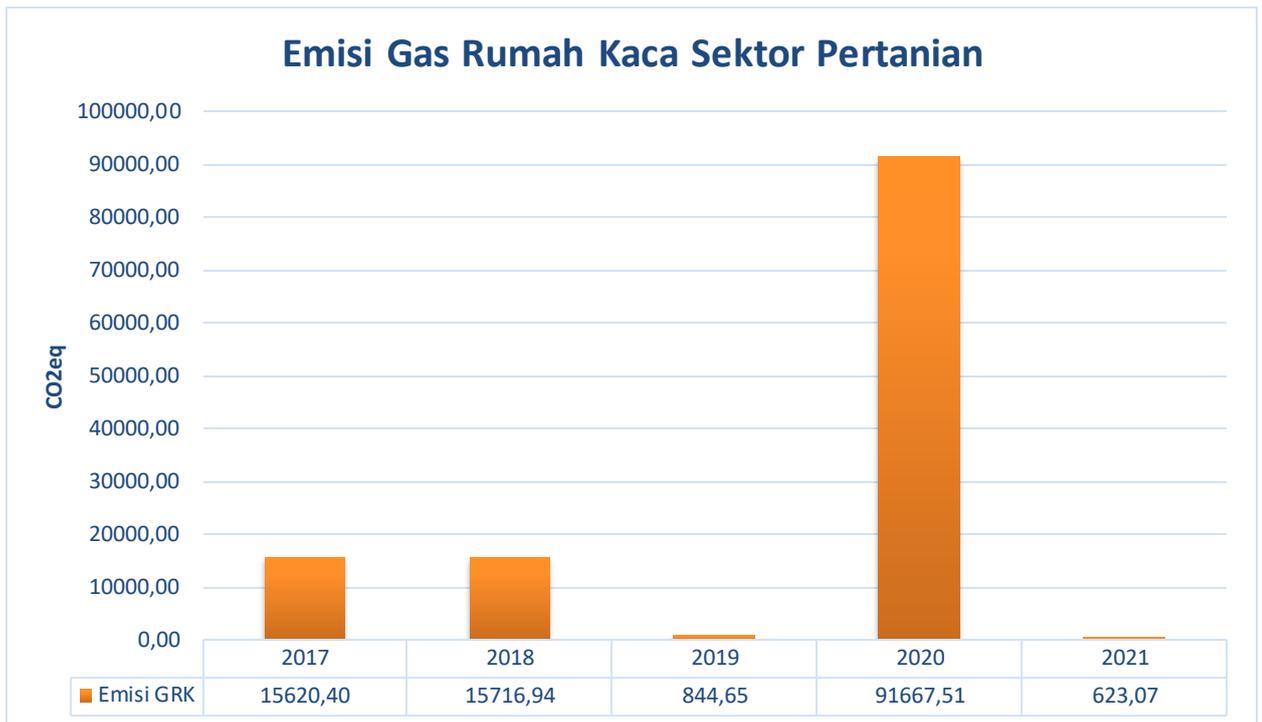
Tabel 13. Jenis Emisi GRK Sektor Energi Kabupaten Pemalang Tahun 2021

Kategori	CO2 (Gg)	CH4 (Gg)	N2O (Gg)	CO2 Eq (Gg)
1A. Fuel Combustion Activities				
1A1a. Electricity and Heat Production	0,00	0,00	0,00	0,00
1A1b. Oil and Gas Industries	0,00	0,00	0,00	0,00
1A1c. Coal Processing	0,00	0,00	0,00	0,00

Kategori	CO <sub>2</sub> (Gg)	CH <sub>4</sub> (Gg)	N <sub>2</sub> O (Gg)	CO <sub>2</sub> Eq (Gg)
1A2. Manufacturing Industries and Construction	0,00	0,00	0,00	0,00
1A3. Transport	393.579,59	114,80	19,28	401.967,39
1A4a. Commercial / Institutional	0,00	0,00	0,00	0,00
1A4b. Residential	46.511,45	3,69	0,07	46.611,70
1A5. Non-Specified	0,00	0,00	0,00	0,00
1B. Fugitive Emissions from Fuels				
1B1. Solid Fuel		0,00		0,00
1B2a. Fugitive Emissions: Oil and Natural Gas	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>440.091,04</b>	<b>118,48</b>	<b>19,35</b>	<b>448.579,09</b>

## 2. Sektor Pertanian

Emisi gas rumah kaca sektor pertanian terdiri dari 11 Kategori yaitu fermentasi enterik (*fermentation enteric*), CH<sub>4</sub> dari proses Pengelolaan Kotoran Ternak (*CH<sub>4</sub> from Manure Management*), N<sub>2</sub>O langsung dari Pengelolaan Kotoran Ternak (*Direct N<sub>2</sub>O From Manure Management*), Pembakaran biomasa di lahan pertanian (*Biomass Burning Cropland*), Pembakaran biomasa di padang rumput/ ladang (*Biomass burning Grassland*), Pengapuran (*Lining*), pupuk urea (*Urea Fertilization*), Emisi N<sub>2</sub>O langsung dari pengelolaan tanah (*Direct N<sub>2</sub>O manage Soil*), Emisi N<sub>2</sub>O tidak langsung dari pengelolaan tanah (*Indirect N<sub>2</sub>O Manage Soil*), Emisi N<sub>2</sub>O langsung dari pengelolaan pupuk (*Indirect N<sub>2</sub>O Manure Management*), Budidaya Padi (*Rice Cultivation*), jumlah Agregat dan Sumber emisi Non CO<sub>2</sub> pada lahan (*Aregat Sources and Non CO<sub>2</sub> Emission Source on Land*). Berdasarkan perhitungan, emisi gas rumah kaca Sektor Pertanian disajikan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Emisi GRK Kab. Pemalang Sektor Pertanian

Gambar 6. menunjukkan hasil perhitungan emisi gas rumah kaca Kabupaten Pemalang Sektor Pertanian Tahun 2021 sebesar 623,07 Gg CO<sub>2</sub> eq sedangkan pada tahun 2020 sebesar 91.667,51 Gg CO<sub>2</sub> eq. Data pada tahun 2021 mengalami penurunan dibandingkan dengan tahun 2020 sebesar 91.044,44 Gg CO<sub>2</sub> eq. Kontribusi terbesar terhadap penurunan emisi gas rumah kaca sektor pertanian adalah konsumsi pupuk (NPK, Urea, Za). Berikut data konsumsi pupuk di Kabupaten Pemalang :

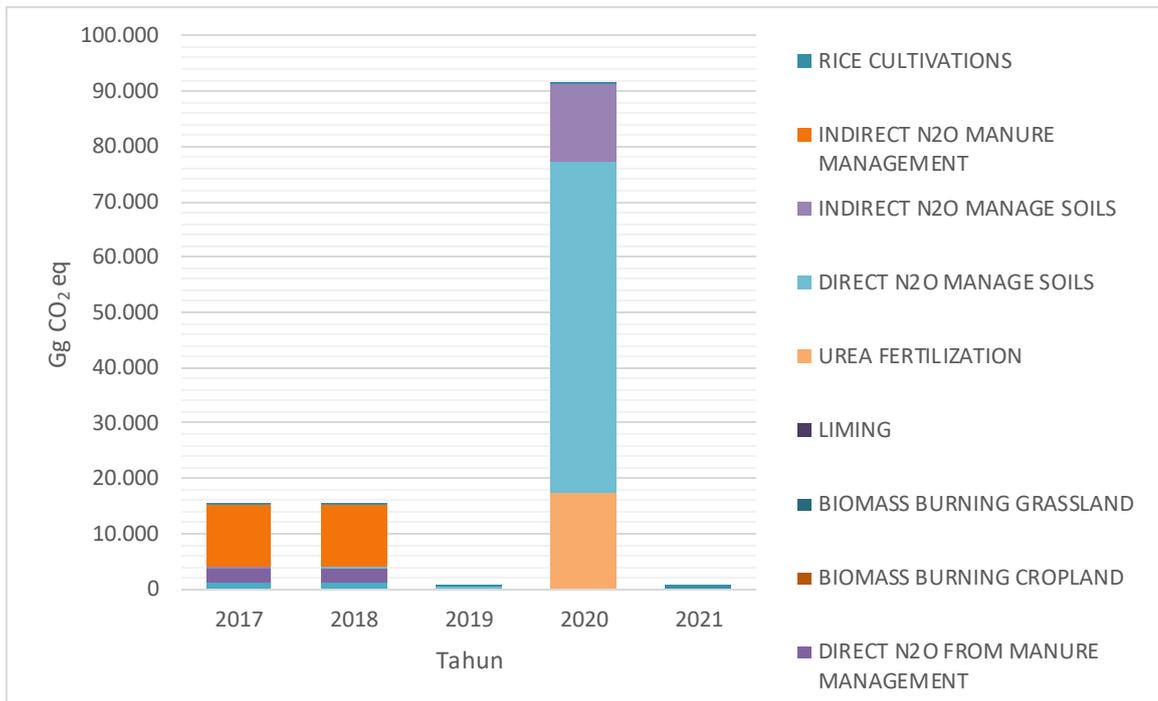
Tabel 14. Data Konsumsi Pupuk Kabupaten Pemalang

Jenis	Tahun				
	2017	2018	2019	2020	2021
Urea (Ton)	22.099	24.000	139.554	23.725.000	19.150
NPK (Ton)	9.913	9.524	22.683	108.894.000	11.283
ZA (Ton)	5.176	6.003	21.607	5.069.250	307

*Sumber : Badan Pusat Statistik Kabupaten Pemalang*

Berdasarkan tabel 14. Diketahui bahwa pada Tahun 2021 konsumsi pupuk jenis urea mengalami penurunan dibandingkan Tahun 2020 sebesar 23.705.850 ton atau sekitar 99,919%, konsumsi pupuk jenis NPK mengalami penurunan sebesar 108.882.717 ton atau sekitar 99,990%, dan konsumsi pupuk jenis ZA mengalami penurunan sebesar

5.068.943 ton atau sekitar 99,994%. Berikut adalah data aktivitas yang berkontribusi menghasilkan emisi gas rumah kaca per sub sektor pada sektor pertanian :



Gambar 7. Emisi GRK Sub Sektor Pertanian

Tabel 15. Emisi GRK Sub Sektor Pertanian

NO.	ITEM	Tahun				
		2017	2018	2019	2020	2021
1	<i>Enteric Fermentation</i>	31	31	32	32	32
2	<i>CH4 From Manure Management</i>	988	993	3	3	3
3	<i>Direct N2O From Manure Management</i>	2.696	2.706	26	27	26
4	<i>Biomass Burning Cropland</i>	7	8	8	9	8
5	<i>Biomass Burning Grassland</i>	0	0	0	0	0
6	<i>Liming</i>	0	0	0	0	0
7	<i>Urea Fertilization</i>	16	18	102	17.398	14
8	<i>Direct N2O Manage Soils</i>	110	114	216	59.932	102
9	<i>Indirect N2O Manage Soils</i>	42	45	70	13.833	42
10	<i>Indirect N2O Manure Management</i>	11.365	11.409	13	13	13
11	<i>Rice Cultivations</i>	362	393	375	420	383

Berdasarkan Gambar 7. dan Tabel 15. diketahui bahwa kategori emisi budidaya padi (*Rice Cultivations*) berkontribusi paling besar pada kenaikan emisi gas rumah kaca sektor pertanian pada Tahun 2021 yaitu sebesar 383 Gg CO<sub>2</sub>, namun jika dibandingkan tahun 2020 mengalami penurunan. Untuk mengetahui jenis emisi masing-masing kategori Sektor Pertanian yang berkontribusi dalam emisi gas rumah kaca Tahun 2021 disajikan dalam Tabel 10.

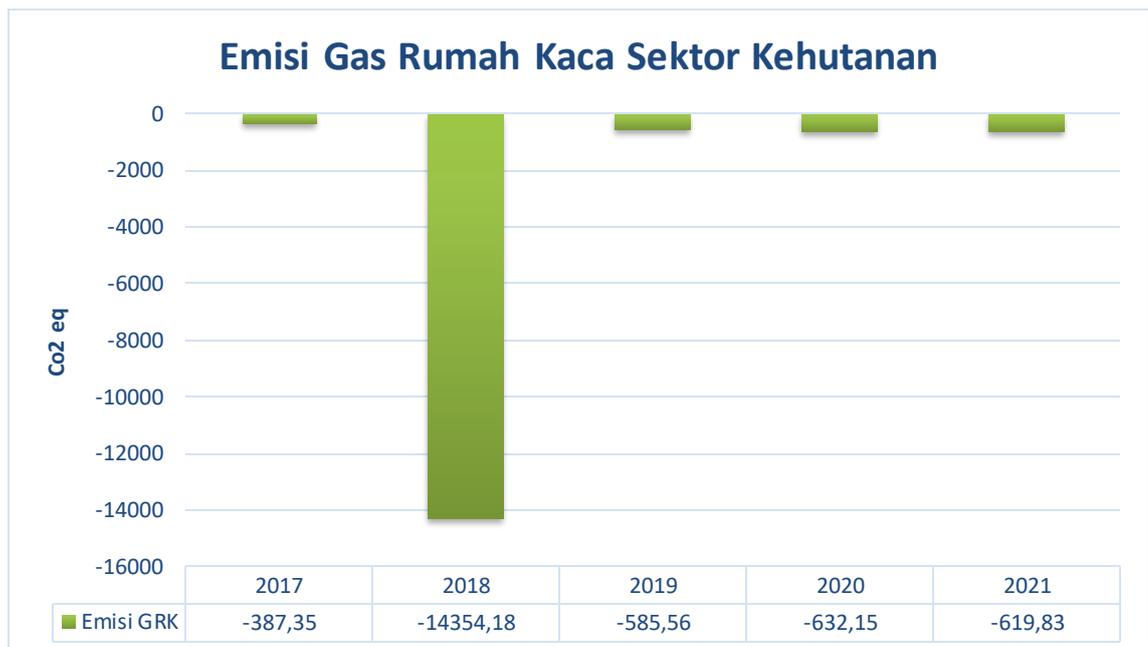
Tabel 16. Jenis Emisi GRK Kategori Sektor Pertanian Tahun 2021

Kategori	CO <sub>2</sub> (Gg)	CH <sub>4</sub> (Gg)	N <sub>2</sub> O (Gg)	CO <sub>2</sub> Eq (Gg)
3A. <i>Livestock</i>				
3A1. <i>Enteric Fermentation</i>		1,51		31,61
3A2. <i>Manure Management</i>				
3A2.a ( <i>CH<sub>4</sub></i> ) <i>From Manure Management</i>		0,17		3,47
3A2.b <i>Direct N<sub>2</sub>O From Manure Management</i>			0,08	25,88
3C. <i>Aggregate Sources and Non-CO<sub>2</sub> Emissions Source on Land</i>				
3C1. <i>Biomass Burning</i>				
3C1.a <i>Biomass Burning Cropland</i>		0,27	0,01	7,77
3C1.b <i>Biomass Burning Grassland</i>		0,00	0,00	0,02
3C2. <i>Liming</i>	0,00			0,00
3C3. <i>Urea Fertilization</i>	14,04			14,04
3C4. <i>Direct N<sub>2</sub>O Emissions from Managed Soils</i>			0,33	102,08
3C5. <i>Indirect N<sub>2</sub>O Emissions from Managed Soils</i>			0,14	42,08
3C6. <i>Indirect N<sub>2</sub>O Emissions from Manure Management</i>			0,04	13,07
3C7. <i>Rice Cultivations</i>		18,24		383,04
3C8. <i>Other</i>				
3D. <i>Other</i>				
<b>TOTAL</b>	<b>14,05</b>	<b>20,18</b>	<b>0,60</b>	<b>623,07</b>

Emisi metana dari lahan tanah ditentukan dari beberapa faktor, yaitu tipe tanah, pengelolaan air irigasi, suhu tanah, varietas tanaman, pemupukan dan musim tanam. (A. Wihardjaka, 2015)

### 3. Sektor Kehutanan

Emisi gas rumah kaca pada sektor kehutanan terdiri dari 3 kategori yaitu Matriks Transisi Perubahan Tutupan Lahan pada Tanah Mineral, Matriks Transisi Perubahan Tutupan Lahan pada Tanah Gambut, dan Data Produksi Kayu. Berdasarkan hasil pengumpulan data, jumlah emisi gas rumah kaca Kabupaten Pemalang pada sektor kehutanan berasal dari kategori matriks transisi perubahan tutupan lahan pada tanah mineral dan data produksi kayu, sehingga hasil perhitungan pada tahun sebelumnya mengalami perubahan dikarenakan data produksi kayu Tahun 2017 s.d. 2021 baru didapatkan pada Tahun 2022. Berikut hasil perhitungan emisi gas rumah kaca sektor kehutanan disajikan dalam Gambar 8.



Gambar 8. Emisi GRK Kabupaten Pemalang Sektor Kehutanan

Berdasarkan Gambar 8. Diketahui bahwa pada tahun 2021, emisi gas rumah kaca sektor kehutanan sebesar -619,83 Gg CO<sub>2</sub> eq. Jika dibandingkan dengan tahun 2020 maka telah terjadi kenaikan emisi gas rumah kaca di sektor kehutanan sebesar 12,32 Gg CO<sub>2</sub> eq. Terjadinya kenaikan emisi gas rumah kaca sektor kehutanan dikarenakan terjadinya perubahan produksi kayu bulat dan kayu bakar seperti pada data Tabel 17.

Tabel 17. Data Produksi Kayu Bulat dan Konsumsi Kayu Bakar

TAHUN	Produksi Kayu Bulat	Konsumsi Kayu Bakar
2021	19.513	84
2020	16.346	233
2019	18.772	271
2018	16.854	266
2017	11.687	118

Sumber : Perum Perhutani KPH Pemalang

Data kelas tutupan lahan Tahun 2021 sama dengan Tahun 2020, dikarenakan belum ada pembaharuan data dari instansi terkait, sehingga jumlah emisi yang dihasilkan dari kategori perubahan tutupan lahan pada tanah mineral tidak berubah. Berikut data kelas tutupan lahan Tahun 2020 dan Tahun 2021 :

Tabel 18. Kelas Tutupan Lahan Tahun 2020 &amp; 2021

Kelas Penutupan Lahan	Tahun	
	2020	2021
Hutan Lahan Kering Primer	7,84	7,84
Hutan Lahan Kering Sekunder	1.838,85	1.838,85
Hutan Mangrove Primer	-	-
Hutan Rawa Primer	-	-
Hutan Tanaman	28.720,09	28.720,09
Semak/ Belukar	820,86	820,86
Perkebunan	817,05	817,05
Pemukiman	12.608,67	12.608,67
Lahan Terbuka	321,52	321,52
Savanna	-	-
Tubuh Air	387,58	387,58
Hutan Mangrove Sekunder	-	-
Hutan Rawa Sekunder	-	-
Belukar Rawa	-	-
Pertanian Lahan Kering	10.570,32	10.570,32

Kelas Penutupan Lahan	Tahun	
	2020	2021
Pertanian Lahan Kering Campuran	13.213,13	13.213,13
Sawah	41.442,09	41.442,09
Tambak	1.991,03	1.991,03
Bandara/ Pelabuhan	-	-
Transmigrasi	-	-
Pertambangan	-	-
Rawa	-	-

*Sumber : Balai Pemantapan Kawasan Hutan Wilayah XI, Yogyakarta*

Kelas tutupan lahan yang mengalami kenaikan luasan antara lain hutan lahan kering sekunder, hutan tanaman, Perkebunan, pemukiman, tubuh air, sawah dan tambak, sedangkan kelas penutupan lahan yang mengalami penurunan luasan antara lain pertanian lahan kering dan pertanian lahan kering campuran. Perubahan luasan tutupan lahan mempengaruhi hasil perhitungan emisi gas rumah kaca sektor kehutanan, terutama pada kandungan karbon masing-masing kelas tutupan lahan. Untuk mengetahui kandungan karbon pada masing-masing kelas tutupan lahan, dapat dilihat pada Tabel 19.

Tabel 19. Cadangan Karbon Per Hektar Untuk 23 Tipe Penutupan Lahan Nasional

No	Kelas Penutupan Lahan	Kode	Kandungan Karbon (C ton/ha)	Sumber Data
1	Hutan Lahan Kering Primer	Hp	132.99	NFI (1996-2013), 2014
2	Hutan Lahan Kering Sekunder	Hs	98.84	NFI (1996-2013), 2014
3	Hutan Mangrove Primer	Hmp	188.3	Litbanghut, 2014
4	Hutan Rawa Primer	Hrp	96.35	NFI (1996-2013), 2014
5	Hutan Tanaman	Ht	98.38	Litbanghut, 2014
6	Semak/Belukar	B	30	Juknis PEP RAD GRK, 2013
7	Perkebunan	Pk	63	Juknis PEP RAD GRK, 2013
8	Pemukiman	Pm	4	Juknis PEP RAD GRK, 2013
9	Lahan Terbuka	T	2.5	Juknis PEP RAD GRK, 2013
10	Savanna	S	4	Juknis PEP RAD GRK, 2013
11	Tubuh Air	A	0	Juknis PEP RAD GRK, 2013
12	Hutan Mangrove Sekunder	Hms	94.07	Litbanghut, 2014
13	Hutan Rawa Sekunder	Hrs	79.67	NFI (1996-2013), 2014
14	Belukar Rawa	Br	30	Juknis PEP RAD GRK, 2013
15	Pertanian Lahan Kering	Pt	10	Juknis PEP RAD GRK, 2013
16	Pertanian Lahan Kering Campur	Pc	30	Juknis PEP RAD GRK, 2013
17	Sawah	Sw	2	Juknis PEP RAD GRK, 2013
18	Tambak	Tm	0	Juknis PEP RAD GRK, 2013
19	Bandara/Pelabuhan	Bdr	0	Juknis PEP RAD GRK, 2013
20	Transmigrasi	Tr	10	Juknis PEP RAD GRK, 2013
21	Pertambangan	Tb	0	Juknis PEP RAD GRK, 2013
22	Rawa	Rw	0	Juknis PEP RAD GRK, 2013

Sumber : Flowchart Penghitungan Cadangan Karbon berdasarkan Fungsi Kawasan Hutan (Toasiani, A., 2015)

Jenis emisi gas rumah kaca pada masing-masing kategori dapat dilihat pada Tabel 20.

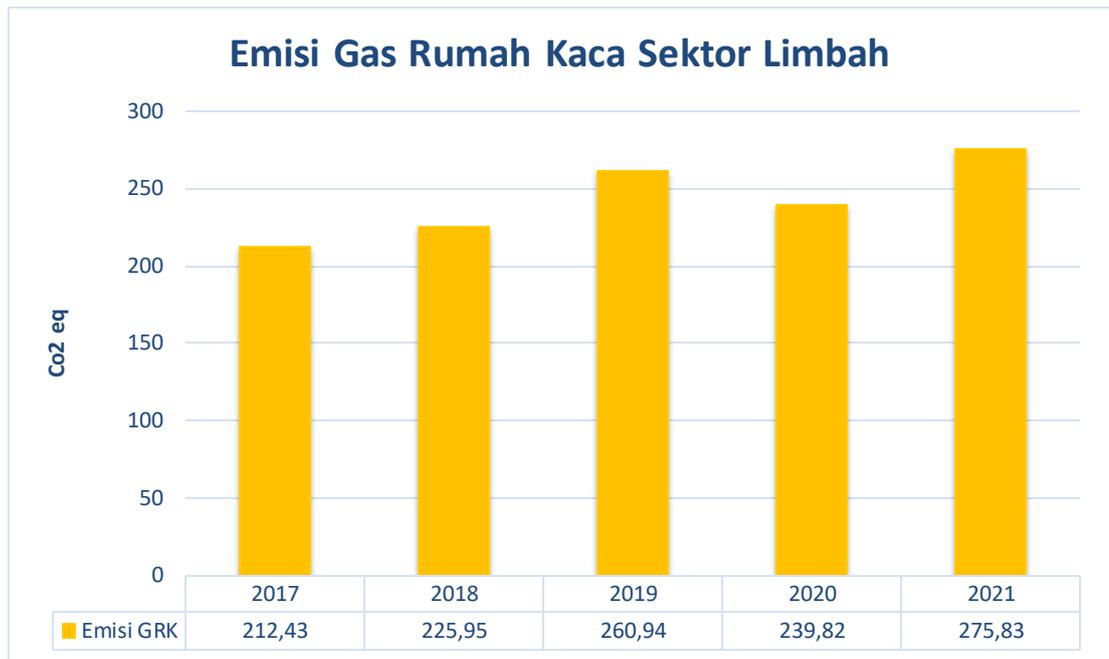
Tabel 20. Jenis Emisi GRK Sektor Kehutanan

Kategori	Jenis Emisi			
	CO2 (Gg)	CH4 (Gg)	N2O (Gg)	CO2 Eq (Gg)
3B. <i>Forest and Other Land Use</i>				
3B1a. <i>Forest Remaining Forest</i>	-583,30			-583,30
3B1b. <i>Non-Forest to Forest</i>	0,00			0,00
3B2a. <i>Cropland Remaining Cropland</i>	-36,53			-36,53
3B2b. <i>Non-Cropland to Cropland</i>	0,00			0,00

Kategori	Jenis Emisi			
	CO2 (Gg)	CH4 (Gg)	N2O (Gg)	CO2 Eq (Gg)
3B3a. <i>Grassland Remaining Grassland</i>	0,00			0,00
3B3b. <i>Non-Grassland to Grassland</i>	0,00			0,00
3B4a. <i>Wetland Remaining Wetland</i>	0,00			0,00
3B4b. <i>Non-Wetland to Wetland</i>	0,00			0,00
3B5a. <i>Settlement Remaining Settlement</i>	0,00			0,00
3B5b. <i>Non-Settlement to Settlement</i>	0,00			0,00
3B6a. <i>Otherland Remaining Otherland</i>	0,00			0,00
3B6b. <i>Non-Otherland to Otherland</i>	0,00			0,00
3C1. <i>Biomass Burning</i>				
3C1a. <i>Biomass Burning in Forest Land</i>		0,00	0,00	0,00
3C1b. <i>Biomass Burning in Crop Land</i>		0,00	0,00	0,00
3C1c. <i>Biomass Burning in Grass Land</i>		0,00	0,00	0,00
Other: <i>Peat Decomposition</i>	0,00			0,00
Other: <i>Peat Fire</i>	0,00			0,00
TOTAL	-619,83	0,00	0,00	-619,83

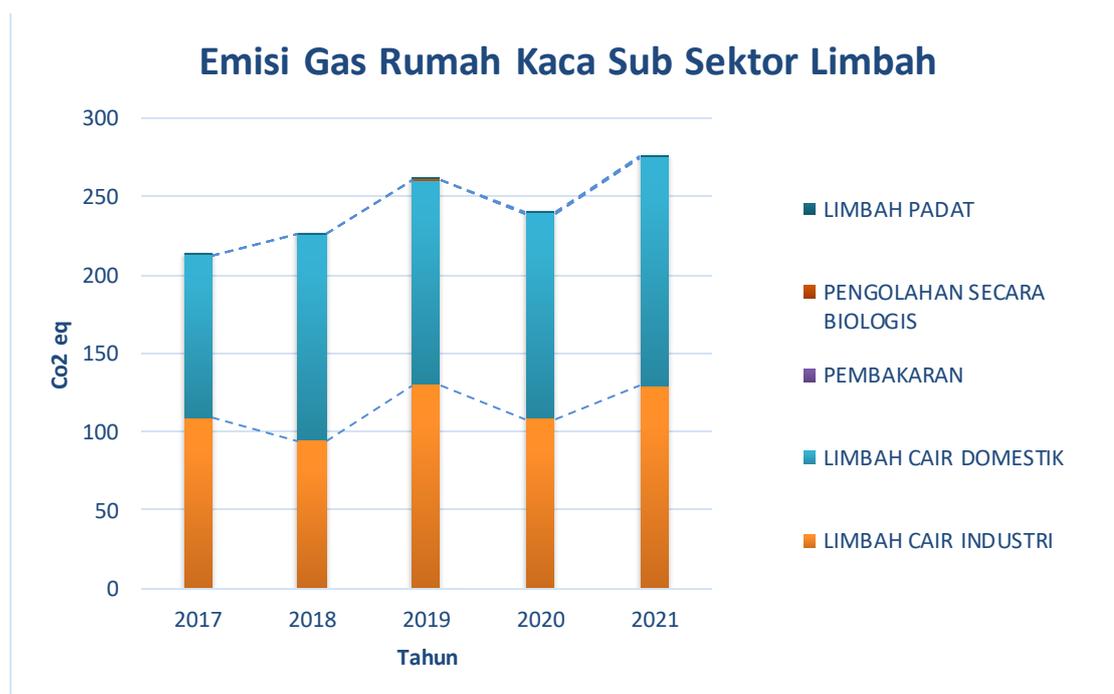
#### 4. Sektor Limbah

Emisi gas rumah kaca pada sektor limbah terdiri dari 5 kategori yaitu Pembuangan Akhir Sampah Padat, Pengolahan Limbah Padat Secara Biologi, Pembakaran Sampah melalui Insenerator dan Pembakaran Sampah secara Terbuka, Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah Rumah Tangga, dan Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah Industri. Berikut hasil perhitungan emisi gas rumah kaca sektor limbah disajikan dalam Gambar 9.



Gambar 9. Emisi GRK Kab. Pemalang Sektor Limbah

Berdasarkan hasil perhitungan emisi gas rumah kaca Kabupaten Pemalang Sektor Limbah yang ditunjukkan pada Gambar 9. diketahui bahwa jumlah emisi gas rumah kaca sektor limbah pada tahun 2021 sebesar 275,83 Gg CO<sub>2</sub>. Jika dibandingkan dengan tahun sebelumnya maka pada tahun 2021 mengalami peningkatan emisi sebesar 36,01 Gg CO<sub>2</sub>. Untuk mengetahui kategori sektor limbah yang berkontribusi terhadap produksi emisi gas rumah kaca dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Emisi Gas Rumah Kaca Subsektor Limbah

Tabel 21. Emisi Gas Rumah Kaca Sub sektor Limbah

NO.	ITEM	Tahun				
		2017	2018	2019	2020	2021
1	LIMBAH CAIR INDUSTRI	108,916	93,875	129,958	107,991	129,278
2	LIMBAH CAIR DOMESTIK	103,306	131,753	130,620	131,225	145,584
3	PEMBAKARAN	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4	PENGOLAHAN SECARA BIOLOGIS	0,016	0,081	0,097	0,307	0,415
5	LIMBAH PADAT	0,194	0,238	0,268	0,294	0,554

Berdasarkan Gambar 10. diketahui bahwa produksi emisi gas rumah kaca sektor limbah Tahun 2021 tertinggi terdapat pada kategori limbah cair domestik, sedangkan emisi gas rumah kaca terendah terdapat pada sub sektor pengolahan secara biologis. Kategori yang tidak diketahui besaran emisi gas rumah kaca terdapat pada kategori pembakaran. Jenis emisi gas rumah kaca Tahun 2021 pada masing-masing kategori ditampilkan pada Tabel 22.

Tabel 22. Jenis Emisi GRK Kategori Limbah

Kategori	CO <sub>2</sub> (Gg)	CH <sub>4</sub> (Gg)	N <sub>2</sub> O (Gg)	CO <sub>2</sub> Eq (Gg)
4A. Pembuangan Akhir Sampah Padat		0,03		0,55
4B. Pengolahan Limbah Padat secara Biologi		0,00	0,00	0,41
4C. Pembakaran Sampah melalui Insinerator dan Pembakaran Sampah secara Terbuka	0,00	0,00	0,00	0,00
4D. Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah				
4D1. Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah Rumah Tangga		5,94	0,07	145,58
4D2. Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah Industri		6,16		129,28
TOTAL	0,00	12,12	0,07	275,83

Metode pengambilan data Tahun 2022 sedikit berbeda dengan Tahun 2021. Tahun 2021, metode pengambilan data hanya melalui permohonan data sekunder kepada OPD/ instansi terkait, sedangkan Tahun 2022 pengambilan data melalui permohonan data

sekunder ke OPD/ instansi terkait dan pengambilan data sekunder secara langsung kepada usaha/ kegiatan yang diduga menghasilkan gas rumah kaca.

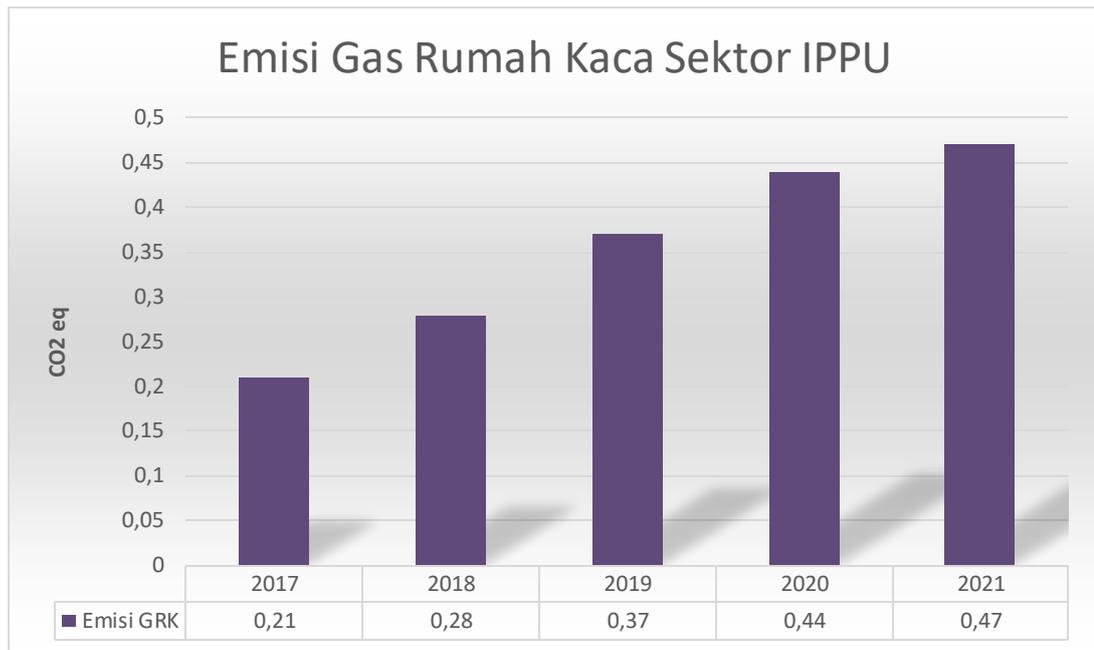
Terjadi perubahan data pada tahun sebelumnya dikarenakan tahun ini dilakukan pemutihan data dimana data yang diambil merupakan data langsung lapangan. Alasan dilakukannya pemutihan data karena data yang digunakan pada tahun sebelumnya tidak memenuhi salah satu kriteria inventarisasi gas rumah kaca yaitu konsistensi sumber data.

## 5. IPPU (*Industrial Process and Product Uses*)

Emisi gas rumah kaca dari kegiatan IPPU mencakup (i) emisi gas rumah kaca yang terjadi selama proses/reaksi kimia di industri, (ii) penggunaan gas-gas kategori gas rumah kaca di dalam produk, dan (iii) penggunaan karbon bahan bakar fosil untuk kegiatan (non-energi), yaitu bukan untuk penyediaan energi namun untuk kegiatan produksi. Kategori sumber emisi gas rumah kaca dari Proses Industri dan Penggunaan Produk (IPPU).

Proses Industri dan Penggunaan Produk tersebut dapat menghasilkan berbagai gas rumah kaca diantaranya karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), metana ( $\text{CH}_4$ ), nitrous oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ), hidrofluorokarbon (HFC) dan perfluorokarbon (PFC). Selain itu, gas rumah kaca juga digunakan sebagai bahan baku di dalam produk-produk seperti pada refrigerator, busa atau kaleng aerosol. Sebagai contoh, HFC yang digunakan sebagai alternatif bahan pengganti bahan perusak ozon (BPO) dalam berbagai jenis aplikasi produk. Demikian pula, *sulfur heksafluorida* ( $\text{SF}_6$ ) dan  $\text{N}_2\text{O}$  yang digunakan dalam sejumlah produk yang digunakan dalam industri.

Berdasarkan hasil pengambilan data lapangan, penghasil emisi gas rumah kaca sektor IPPU Kabupaten Pematang Jaya hanya dari sub sektor data konsumsi pelumas dan paraffin. Untuk sub sektor lainnya tidak tersedia data karena tidak adanya usaha atau kegiatan tersebut di Kabupaten Pematang Jaya. Berikut data perhitungan emisi gas rumah kaca sektor IPPU :



Gambar 11. Emisi GRK Sektor IPPU



Gambar 12. Emisi GRK Sub Sektor IPPU

Tabel 23. Emisi GRK Sub Sektor IPPU

Kategori	CO2 (Gg)	CH4 (Gg)	N2O (Gg)	CO2 Eq (Gg)
<i>2A. Mineral Industry</i>				
<i>2A1. Cement Production</i>	0,00			0,00
<i>2A2. Lime Production</i>	0,00			0,00

Kategori	CO2 (Gg)	CH4 (Gg)	N2O (Gg)	CO2 Eq (Gg)
2A3. Glass Production	0,00			0,00
2A4a. Ceramics	0,00			0,00
2A4b. Other Uses of Soda Ash	0,00			0,00
2A4c. Non-Metallurgical Magnesia Production				
2A4d. Other	0,00			0,00
2A5. Other				
2B. Chemical Industry				
2B1. Ammonia Production	0,00			0,00
2B2. Nitric Acid Production			0,00	0,00
2B3. Adipic Acid Production				
2B4. Caprolactam, Glyoxal, and Glyoxylic Acid Production				
2B5. Carbide Production	0,00			0,00
2B6. Titanium Dioxide Production				
2B7. Soda Ash Production				
2B8a. Methanol	0,00	0,00		0,00
2B8b. Ethylene	0,00	0,00		0,00
2B8c. Ethylene Dichloride and Vinyl Chloride Monomer	0,00	0,00		0,00
2B8d. Ethylene Oxide				
2B8e. Acrylonitrile				
2B8f. Carbon Black	0,00	0,00		0,00
2C. Metal Industry				
2C1. Iron and Steel Production	0,00	0,00		0,00
2C2. Ferroalloys Production				
2C3. Aluminium Production	0,00			0,00
2C4. Magnesium Production				
2C5. Lead Production	0,00			0,00
2C6. Zinc Production	0,00			0,00
2D. Non-Energy Products from Fuels and Solvent Use				
2D1. Lubricant Use	0,47			0,47
2D2. Paraffin Wax Use	0,00			0,00

Kategori	CO2 (Gg)	CH4 (Gg)	N2O (Gg)	CO2 Eq (Gg)
2D3. <i>Solvent Use</i>				
2H. <i>Other</i>				
2H1. <i>Pulp &amp; Paper Industry</i>	0,00			0,00
2H2. <i>Food and Beverages Industry</i>	0,00			0,00
<b>TOTAL</b>	<b>0,47</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,47</b>

Berdasarkan hasil perhitungan data diketahui bahwa emisi gas rumah kaca sektor IPPU mengalami kenaikan selama 5 tahun terakhir. Hal tersebut karena konsumsi pelumas semakin tinggi. Tahun 2022 jumlah usaha/ kegiatan yang telah diinventarisir sebanyak 9 usaha/ kegiatan. Berikut data konsumsi pelumas :

Tabel 24. Data Konsumsi Pelumas

No.	Item	Tahun				
		2017	2018	2019	2020	2021
1	Pelumas (Ton)	14	19	25	30	32

Sumber : Dinas Lingkungan Hidup Kab. Pematang

Berikut hasil perhitungan berdasarkan jenis emisi pada sektor IPPU :

Tabel 25. Jenis Emisi Sektor IPPU

Kategori	CO2 (Gg)	CH4 (Gg)	N2O (Gg)	CO2 Eq (Gg)
2A. <i>Mineral Industry</i>				
2A1. <i>Cement Production</i>	0,00			0,00
2A2. <i>Lime Production</i>	0,00			0,00
2A3. <i>Glass Production</i>	0,00			0,00
2A4a. <i>Ceramics</i>	0,00			0,00
Ash 2A4b. <i>Other Uses of Soda</i>	0,00			0,00
2A4c. <i>Non-Metallurgical Magnesia Production</i>				
2A4d. <i>Other</i>	0,00			0,00
2A5. <i>Other</i>				
2B. <i>Chemical Industry</i>				

Kategori	CO2 (Gg)	CH4 (Gg)	N2O (Gg)	CO2 Eq (Gg)
2B1. <i>Ammonia Production</i>	0,00			0,00
2B2. <i>Nitric Acid Production</i>			0,00	0,00
2B3. <i>Adipic Acid Production</i>				
2B4. <i>Caprolactam, Glyoxal, and Glyoxylic Acid Production</i>				
2B5. <i>Carbide Production</i>	0,00			0,00
2B6. <i>Titanium Dioxide Production</i>				
2B7. <i>Soda Ash Production</i>				
2B8a. <i>Methanol</i>	0,00	0,00		0,00
2B8b. <i>Ethylene</i>	0,00	0,00		0,00
2B8c. <i>Ethylene Dichloride and Vinyl Chloride Monomer</i>	0,00	0,00		0,00
2B8d. <i>Ethylene Oxide</i>				
2B8e. <i>Acrylonitrile</i>				
2B8f. <i>Carbon Black</i>	0,00	0,00		0,00
2C. <i>Metal Industry</i>				
2C1. <i>Iron and Steel Production</i>	0,00	0,00		0,00
2C2. <i>Ferroalloys Production</i>				
2C3. <i>Aluminium Production</i>	0,00			0,00
2C4. <i>Magnesium Production</i>				
2C5. <i>Lead Production</i>	0,00			0,00
2C6. <i>Zinc Production</i>	0,00			0,00
2D. <i>Non-Energy Products from Fuels and Solvent Use</i>				
2D1. <i>Lubricant Use</i>	0,47			0,47
2D2. <i>Paraffin Wax Use</i>	0,00			0,00
2D3. <i>Solvent Use</i>				
2H. <i>Other</i>				
2H1. <i>Pulp &amp; Paper Industry</i>	0,00			0,00
2H2. <i>Food and Beverages Industry</i>	0,00			0,00
TOTAL	0,47	0,00	0,00	0,47

**BAB. IV**  
**KATEGORI KUNCI**

Tabel 26. Kategori Kunci

No.	Kode	Sektor	Source Category	Emisi Non-LULUCF	Emisi LULUCF	Total Absolute	Assessment exclude LULUCF (%)	Cumulative exclude LULUCF (%)	Assessment include LULUCF (%)	Cumulative include LULUCF (%)
1	1A3	ENERGY	Transport	401.967,39		401.967,39	89,43	0,00	89,31	0,00
2	1A4b	ENERGY	Residential	46.611,70		46.611,70	10,37	89,43	10,36	89,31
3	3B1a	FORESTRY	FL Remaining FL Mineral - Biomass 1		-583,30	583,30		99,80	0,13	99,66
4	3C7	AGRICULTURE	Rice Cultivation: Annual CH <sub>4</sub> Emission from Rice	383,04		383,04	0,09	99,80	0,09	99,79
5	4D1	WASTE	CH <sub>4</sub> Domestic Waste Water	145,58		145,58	0,03	99,89	0,03	99,88
6	4D2	WASTE	CH <sub>4</sub> Industrial Wastewater	124,65		124,65	0,03	99,92	0,03	99,91
7	3C4	AGRICULTURE	Direct N <sub>2</sub> O Emissions from Managed Soils	102,08		102,08	0,02	99,95	0,02	99,94
8	3C5	AGRICULTURE	Indirect N <sub>2</sub> O Emissions from Managed Soils: N <sub>2</sub> O from Atmospheric Deposition of N Volatilised from Managed Soils	42,08		42,08	0,01	99,97	0,01	99,96
9	3B2a	FORESTRY	CL Remaining CL Mineral - Biomass 1		-36,53	36,53		99,98	0,01	99,97
10	3A1	AGRICULTURE	Methane Emissions from Enteric Fermentation and Manure Management	35,08		35,08	0,01	99,98	0,01	99,98
11	3A2b	AGRICULTURE	Manure Management: Direct N <sub>2</sub> O Emissions from Manure Management Systems	25,88		25,88	0,01	99,99	0,01	99,99
12	3C3	AGRICULTURE	Urea Fertilization: Annual CO <sub>2</sub> Emissions from Urea Fertilization	14,04		14,04	0,00	99,99	0,00	99,99
13	3C6	AGRICULTURE	Indirect N <sub>2</sub> O Emissions from Manure Management	13,07		13,07	0,00	100,00	0,00	100,00
14	3C1a	AGRICULTURE	Emissions from Biomass Burning in Cropland	7,79		7,79	0,00	100,00	0,00	100,00

No.	Kode	Sektor	Source Category	Emisi Non-LULUCF	Emisi LULUCF	Total Absolute	Assessment exclude LULUCF (%)	Cumulative exclude LULUCF (%)	Assessment include LULUCF (%)	Cumulative include LULUCF (%)
15	4A	WASTE	CH4 Solid Waste Disposal Site	0,55		0,55	0,00	100,00	0,00	100,00
16	2D1	IPPU	Non-Energy Products from Fuels and Solvent Use - Lubricant Use	0,47		0,47	0,00	100,00	0,00	100,00
17	4B2	WASTE	N2O Composting	0,40		0,40	0,00	100,00	0,00	100,00
18	4B1	WASTE	CH4 Composting	0,01		0,01	0,00	100,00	0,00	100,00
19	3C2	AGRICULTURE	Liming: Annual CO2-C Emissions from Liming	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
20	2A4d	IPPU	Mineral Industry - Other Process Uses of Carbonates 4	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
21	2B1	IPPU	Chemical Industry - Ammonia Production	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
22	2B2	IPPU	Chemical Industry - Nitric Acid Production	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
23	2B5	IPPU	Chemical Industry - Carbide Production	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
24	2B8a	IPPU	Chemical Industry - Petrochemical and Carbon Black Production	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
25	2B8b	IPPU	Chemical Industry - Petrochemical and Carbon Black Production	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
26	2B8c	IPPU	Chemical Industry - Petrochemical and Carbon Black Production	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
27	2B8f	IPPU	Chemical Industry - Petrochemical and Carbon Black Production	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
28	2C1	IPPU	Metal Industry - Iron and Steel Production	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
29	2C3	IPPU	Metal Industry - Aluminium Production	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
30	2C5	IPPU	Metal Industry - Lead Production	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
31	2C6	IPPU	Metal Industry - Zinc Production	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
32	2A4a	IPPU	Mineral Industry - Other Process Uses of Carbonates 1	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
33	2D2	IPPU	Non-Energy Products from Fuels and Solvent Use - Paraffin Wax Use	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00

No.	Kode	Sektor	Source Category	Emisi Non-LULUCF	Emisi LULUCF	Total Absolute	Assessment exclude LULUCF (%)	Cumulative exclude LULUCF (%)	Assessment include LULUCF (%)	Cumulative include LULUCF (%)
34	2H1	IPPU	Others - Pulp and Paper	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
35	4C2	WASTE	CO2 Open Burning	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
36	2H2	IPPU	Others - Food and Beverages	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
37	3B5b	FORESTRY	Land Converted to SL Mineral - Biomass 1		0,00	0,00		100,00	0,00	100,00
38	1A2	ENERGY	Manufacturing Industry and Construction	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
39	1A1b	ENERGY	Oil and Gas Industries (Upstream and Petroleum & Gas Refinery)	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
40	1A4a	ENERGY	Commercial / Institutional	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
41	1A1a	ENERGY	Main activity electricity and heat production	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
42	1A5	ENERGY	Non-specified	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
43	1B1	ENERGY	Underground and surface coal mining and handling	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
44	1B2	ENERGY	Fugitive emissions: oil	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
45	3B1b	FORESTRY	Land Converted to FL Mineral - Biomass 1		0,00	0,00		100,00	0,00	100,00
46	3B2b	FORESTRY	Land Converted to CL Island - Biomass 1		0,00	0,00		100,00	0,00	100,00
47	3B3a	FORESTRY	GL Remaining GL Mineral - Soils 1		0,00	0,00		100,00	0,00	100,00
48	3B3b	FORESTRY	Land Converted to GL Mineral - Biomass 1		0,00	0,00		100,00	0,00	100,00
49	2A4b	IPPU	Mineral Industry - Other Process Uses of Carbonates 2	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
50	3B6b	FORESTRY	Land Converted to OL Mineral - Biomass 1		0,00	0,00		100,00	0,00	100,00
51	3C1c	FORESTRY	Biomass Burning in Forest Land		0,00	0,00		100,00	0,00	100,00
52	3C1d	FORESTRY	Biomass Burning in Crop Land		0,00	0,00		100,00	0,00	100,00
53	3C1e	FORESTRY	Biomass Burning in Grass Land		0,00	0,00		100,00	0,00	100,00

No.	Kode	Sektor	Source Category	Emisi Non-LULUCF	Emisi LULUCF	Total Absolute	Assessment exclude LULUCF (%)	Cumulative exclude LULUCF (%)	Assessment include LULUCF (%)	Cumulative include LULUCF (%)
54	3Z1	FORESTRY	Dekomposisi Gambut		0,00	0,00		100,00	0,00	100,00
55	3Z2	FORESTRY	Peat Fire		0,00	0,00		100,00	0,00	100,00
56	2A1	IPPU	Mineral Industry - Cement Production	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
57	2A2	IPPU	Mineral Industry - Lime Production	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
58	2A3	IPPU	Mineral Industry - Glass Production	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00
59	1A1c	ENERGY	Coal Processing	0,00		0,00	0,00	100,00	0,00	100,00

Berdasarkan analisis kategori kunci dapat diketahui kontribusi terbesar penghasil gas rumah kaca Kabupaten Pemalang Tahun 2022 adalah sektor energi sub sektor bahan bakar transportasi sebesar 89,43% dari seluruh emisi gas rumah kaca yang dihasilkan.

## BAB V

### PENGENDALIAN DAN PENJAMINAN MUTU

Pengendalian mutu adalah suatu sistem pelaksanaan kegiatan rutin yang ditujukan untuk menilai dan memelihara kualitas dari data dan informasi yang dikumpulkan dalam penyelenggaraan inventarisasi gas rumah kaca. Sedangkan penjaminan mutu dilakukan melalui proses *review* setelah inventarisasi gas rumah kaca selesai dilaksanakan dan sudah melewati proses pengendalian mutu.

#### A. Pengendalian Mutu

Tabel 27. Pengendalian Mutu

No	Kegiatan	Prosedur
1	Mengecek apakah parameter dan satuan yang digunakan dicatat dengan baik dan faktor konversi satuan digunakan dengan benar	Cek apakah satuan yang digunakan sudah dimasukkan dengan baik dalam lembar kerja perhitungan Cek bahwa satuan yang benar digunakan mulai dari awal sampai akhir perhitungan Cek bahwa faktor konversi sudah benar
2	Mengecek apakah file basis data tertata dengan baik	Cek sistem dokumentasi yang ada untuk : - Mengkonfirmasi bahwa tahapan dalam pengolahan data sudah terdokumentasi dengan benar dalam sistem berbasis data - Mengkonfirmasi bahwa semua data sudah tersimpan dengan baik di dalam sistem basis data
3	Penggunaan asumsi untuk pendugaan	Jika terdapat data yang tidak wajar atau data tidak tersedia, buat pendugaan Pendugaan dibuat dengan asumsi-asumsi Cek apakah asumsi dibuat logis dan menggunakan analogi/predictor yang tepat Cek apakah asumsi-asumsi yang dibuat konsisten sepanjang data berseri atau antardaerah Jika menggunakan data predictor, cek apakah data predictor tersebut relevan dan wajar

No	Kegiatan	Prosedur
		<p>Cek apakah data predictor berasal dari sumber yang jelas</p> <p>Cek apakah data predictor menggunakan satuan yang sesuai</p> <p>Jika semua sudah dilakukan, masukkan data pendugaan ke dalam Format Pelaporan Umum</p>
4	Pengecekan Kepakaran	<p>Cek bahwa kualifikasi pakar yang memberikan penilaian memenuhi kriteria kepakaran</p> <p>Cek bahwa kualifikasi, asumsi dan penilaian pakar sudah dicatat</p> <p>Cek apakah satuannya sudah tepat</p>
5	Mengecek Kelengkapan	<p>Konfirmasi bahwa dugaan emisi dan serapan gas rumah kaca sudah dilaporkan untuk semua kategori untuk semua tahun mulai tahun dasar sampai tahun inventarisasi terakhir</p> <p>Menkonfirmasi bahwa semua kategori tercakup.</p> <p>Memberikan definisi yang jelas untuk kategori sumber/rosot gas rumah kaca lain apabila ada. Cek bahwa gap data yang menghasilkan estimasi yang tidak lengkap didokumentasikan termasuk evaluasi quaitatif tentang pentingnya sumbangan emisi dari kategori tersebut terhadap total emisi.</p>

## B. Penjaminan Mutu

Tabel 28. Penjaminan Mutu

No	Kegiatan	Prosedur
1	Pengecekan Kepakaran Verifikator/Evaluator	<p>Cek apakah pakar sesuai dengan kriteria kepakaran</p> <p>Cek apakah evaluator bertindak sesuai dengan prosedur</p>
2	Dokumentasi Hasil Evaluasi	<p>Cek apakah hasil evaluasi dicatat</p> <p>Cek apakah catatan evaluasi memberikan rujukan yang tepat</p>

No	Kegiatan	Prosedur
		Cek apakah tim penyusun memahami rekomendasi evaluator/auditor Cek apakah dokumentasi hasil evaluasi didokumentasikan pada forat yang sesuai

## **BAB VI**

### **RENCANA PERBAIKAN PENYELENGGARAAN IGRK**

Hasil penyelenggaraan penyusunan dokumen inventarisasi gas rumah kaca Tahun 2022 terdapat beberapa hal yang perlu diperbaiki dalam pelaksanaannya, diantaranya :

1. Perbaiki dalam perencanaan kegiatan penyusunan dokumen inventarisasi gas rumah kaca.
2. Penguatan kelembagaan dalam penyusunan dokumen inventarisasi gas rumah kaca.
3. Peningkatan kegiatan pengumpulan data, antara lain:
  - Mengkoordinasikan kerja tim
  - Pengambilan data lapangan dioptimalkan
  - Memperbanyak referensi sumber data
  - Meningkatkan pengendalian mutu data
4. Evaluasi dan monitoring dalam penyusunan dokumen
5. Peningkatan kapasitas sumber daya manusia melalui pelatihan penyusunan inventarisasi gas rumah kaca.

## **BAB VII**

### **KESIMPULAN**

#### **A. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa, dapat disimpulkan bahwa :

1. Emisi gas rumah kaca Kabupaten Pemalang Tahun 2021 sebesar 448.858,63 Gg CO<sub>2</sub> eq.
2. Tren emisi gas rumah kaca Kabupaten Pemalang pada tahun 2021 mengalami penurunan dibandingkan tahun 2020. Pada Tahun 2020, emisi gas rumah kaca Kabupaten Pemalang sebesar 519.821,53 Gg CO<sub>2</sub> dan pada tahun 2021 sebesar 448.858,63 Gg CO<sub>2</sub>. Apabila di bandingkan dari tahun 2017 s/d 2021, emisi gas rumah kaca tertinggi pada tahun 2019 yaitu sebesar 639.848,83 Gg CO<sub>2</sub>, sedangkan emisi gas rumah kaca terendah pada tahun 2017 sebesar 361.840,74 Gg CO<sub>2</sub>.

## **PENUTUP**

Demikian laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (IGRK) Tahun 2022 yang dapat kami sampaikan. Apabila terdapat data yang kurang/tidak sesuai maka kami mengharapkan saran-saran sebagai perbaikan.