

# INVENTARISASI GAS RUMAH KACA (IGRK)



**DINAS LINGKUNGAN HIDUP  
KABUPATEN PEMALANG**

2021



## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke Hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Kabupaten Pemalang dapat terselesaikan dengan baik. Penyusunan laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (IGRK) Kabupaten Pemalang bertujuan untuk mengetahui tingkat dan status emisi yang ada di Kabupaten Pemalang.

Laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca diharapkan dapat memberikan informasi kepada seluruh masyarakat dan dapat memantau tingkat emisi Gas Rumah Kaca (GRK) di Kabupaten Pemalang. Namun, dalam penyusunan laporan ini tentunya tidak lepas dari kekurangan, baik aspek kualitas maupun aspek kuantitas dari materi laporan yang disajikan.

Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Pemalang, 30 Desember 2021

KEPALA DINAS LINGKUNGAN HIDUP  
KABUPATEN PEMALANG



**RAHARJO, S.IP., M.AP.**

Pembina Tk. I

NIP. 19691203 199003 1 006

Paraf Hierarki	Kasi	Kabid	Sekdin
	RAHARJO	A	

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Dasar Hukum .....	3
C. Tujuan .....	3
D. Manfaat .....	3
E. Ruang Lingkup.....	3
F. Ruang Lingkup Wilayah .....	3
G. Kelembagaan Inventarisasi Gas Rumah Kaca .....	4
H. Tahap Pelaksanaan.....	5
<b>BAB II METODOLOGI DAN SUMBER DATA YANG DIGUNAKAN.</b>	<b>6</b>
A. Sumber Data.....	6
1. Sumber Data Sekunder .....	6
B. Metodologi Inventarisasi GRK .....	7
1. Pemilihan Tier (Tingkat Ketelitian).....	8
2. Rumus Perhitungan GRK .....	8
3. Perhitungan Pengadaan dan Penggunaan Energi.....	9
4. Perhitungan Pembakaran Bahan Bakar pada Sumber Stasioner....	10
5. Proses Industri dan Pengadaan Pupuk .....	11

6. Perhitungan Sektor Pertanian, Kehutanan dan Perubahan Lahan..	12
7. Peternakan.....	13
8. Pertanian .....	14
a. Emisi Metan dari Pengelolaan Padi Sawah .....	15
b. Emisi Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ) dari Pengapuran Tanah Pertanian.....	16
c. Emisi Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ) dari Penggunaan Pupuk Urea .	17
d. Emisi Dinitrogen Oksida (N <sub>2</sub> O) dari Pengelolaan Tanah.....	17
e. Emisi Non CO <sub>2</sub> dari Pembakaran Biomassa.....	18
9. Kehutanan.....	19
a. Perhitungan Emisi Kehutanan dan Penggunaan Lahan Lainnya .....	19
10. Perhitungan Sektor Kegiatan Pengelolaan Limbah .....	21
<b>BAB III HASIL PERHITUNGAN EMISI DAN SERAPAN GRK.....</b>	<b>23</b>
A. Tren Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Kabupaten Pematang Jaya.....	23
1. Sektor Energi.....	24
2. Sektor Pertanian .....	29
3. Sektor Kehutanan.....	33
4. Sektor Limbah.....	38
5. Sektor IPPU (Industrial Processes and Production Use) .....	41
<b>BAB IV PENGENDALIAN DAN PENJAMINAN MUTU.....</b>	<b>42</b>
<b>A. Pengendalian Mutu.....</b>	<b>42</b>
<b>B. Penjaminan Mutu .....</b>	<b>43</b>
<b>BAB V RENCANA PERBAIKAN PENYELENGGARAAN IGRK .....</b>	<b>45</b>

<b>BAB VI KESIMPULAN.....</b>	<b>46</b>
6.1 Kesimpulan .....	46

## DAFTAR TABEL

1. Tabel 1. Sumber Data Sektor Energi .....	6
2. Tabel 2. Sumber Data Sektor Pertanian.....	6
3. Tabel 3. Sumber Data Sektor Kehutanan.....	7
4. Tabel 4. Sumber Data Sektor Limbah .....	7
5. Tabel 5. Cakupan Sumber – Sumber Emisi Untuk Ketiga Kategori Sumber Utama Emisi GRK.....	9
6. Tabel 6. Kategori Sumber Emisi GRK dari Proses Industri dan Penggunaan Produk .....	11
7. Tabel 7. Kegiatan Pengelolaan Limbah.....	21
8. Tabel 8. Jenis Emisi GRK Sektor Energi Kabupaten Pematang Tahun 2020 .....	27
9. Tabel 9. Konsumsi Bahan Bakar Kategori Transportasi .....	28
10. Tabel 10. Data Konsumsi Gas LPG.....	28
11. Tabel 11. Emisi GRK Kategori Sektor Pertanian.....	30
12. Tabel 12. Jenis Emisi GRK Kategori Sektor Pertanian 2020.....	32
13. Tabel 13. Pengadaan Pupuk Kabupaten Pematang.....	33
14. Tabel 14. Kelas Tutupan Lahan Tahun 2019 & 2020.....	34
15. Tabel 15. Cadangan Karbon Per Hektar Untuk 23 Tipe Penutupan Lahan Nasional .....	36
16. Tabel 16. Jenis Emisi GRK Sektor Kehutanan.....	37
17. Tabel 17. Jenis Emisi GRK Kategori Limbah .....	40
18. Tabel 18. Pengendalian Mutu .....	42
19. Tabel 19. Penjaminan Mutu.....	43



## DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 1. Diagram Alur Pelaksanaan Penyusunan IGRK .....	5
2. Gambar 2. Emisi GRK Kabupaten Pemalang.....	23
3. Gambar 3. Emisi GRK Kabupaten Pemalang Tahun 2020 Per Subsektor	24
4. Gambar 4. Emisi GRK Kab. Pemalang Sektor Energi .....	25
5. Gambar 5. Emisi GRK Subsektor Energi Tahun 2020.....	26
6. Gambar 6. Jenis Emisi GRK Sektor Energi Per Tahun.....	27
7. Gambar 7. Emisi GRK Kab. Pemalang Sektor Pertanian.....	29
8. Gambar 8. Emisi GRK kategori Sektor Pertanian.....	30
9. Gambar 9. Jenis Emisi GRK Sektor Pertanian Per Tahun.....	31
10. Gambar 10. Emisi GRK Kabupaten Pemalang Sektor Kehutanan.....	34
11. Gambar 11. Jenis Emisi GRK Sektor Kehutanan.....	37
12. Gambar 12. Emisi GRK Kab. Pemalang Sektor Limbah .....	39
13. Gambar 13. Emisi GRK Subsektor Limbah .....	39
14. Gambar 14. Jenis Emisi GRK Sektor Limbah Per Tahun .....	40

# **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. Berdasarkan Kabupaten Pemalang dalam Angka 2021 (BPS, 2021) Kabupaten Pemalang yang letaknya didaerah dataran tinggi mempunyai hari hujan relatif banyak. Hari hujan terbanyak tercatat di Stasiun Pemantau Belik sebanyak 251 hari. Rata-rata jumlah hari hujan terbanyak selama tahun



2020 terjadi di Bulan Desember dengan 23 hari hujan, sedangkan pada Tahun 2019 hari hujan terbanyak tercatat di Stasiun Geofisika Belik sebanyak 178 hari, banyaknya hari hujan tertinggi di Bulan Januari dengan 20 hari Hujan. Bila dibandingkan antara Tahun 2020 dengan Tahun 2019 terdapat kenaikan jumlah curah hujan di Kabupaten Pematang Jaya sebanyak 78 hari dan rata-rata jumlah hari hujan terbanyak mengalami perubahan waktu. Hal tersebut menunjukkan bahwa adanya perubahan iklim akibat aktivitas manusia yang menghasilkan GRK.

Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) 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*).

Indonesia sebagai nonAnnex I yang telah meratifikasi Protokol Kyoto mempunyai kewajiban untuk memberikan laporan nasional mengenai status emisi/serapan di tingkat nasional dan kemajuan pelaksanaan kegiatan yang dilakukan untuk mendukung terwujudnya Konvensi Perubahan Iklim. Dalam Perpres No. 71/2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional, diatur bahwa setiap kementerian 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. Dan 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 71 Tahun 2017 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional.
2. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.73/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2017 tentang Pedoman Penyelenggaraan dan Pelaporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional.

## **C. Tujuan**

1. Menyusun daftar aktivitas yang menyebabkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) di Kabupaten Pemalang.
2. Menghitung jumlah emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang di hasilkan oleh Kabupaten Pemalang Tahun 2016-2020

## **D. Manfaat**

Pelaporan ini dapat memberikan informasi kepada masyarakat dan instansi pemerintah mengenai tingkatan dan status emisi di 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-sub sektor yang banyak dan rinci sehingga untuk menghitung seluruh sektor dan subsektornya dibutuhkan sumberdaya yang intensif padahal tidak semua sektor dan subsektor memberikan kontribusi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) yang signifikan.

## **F. Ruang Lingkup Wilayah**

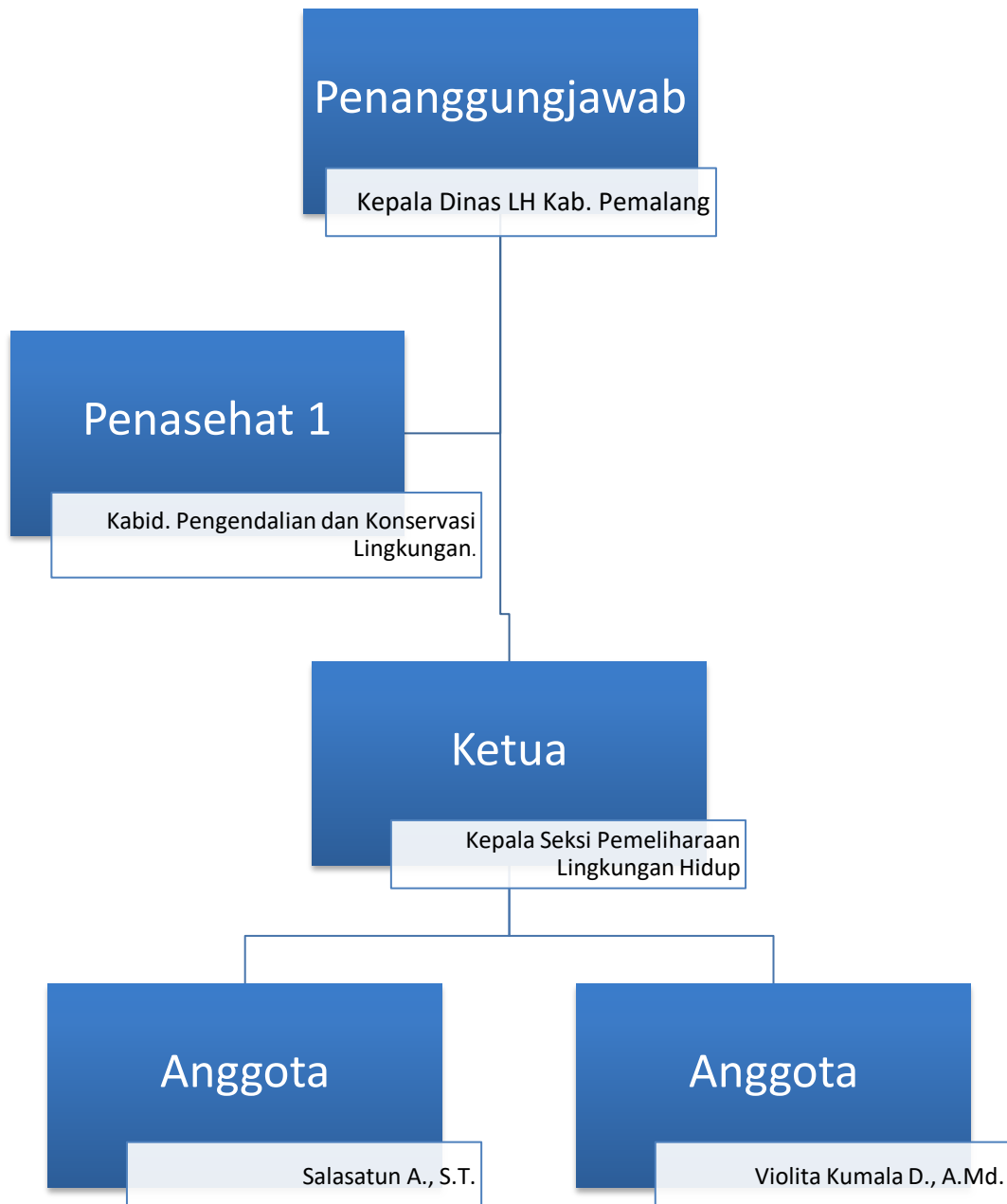
Kabupaten Pemalang merupakan salah satu Kabupaten yang ada di Jawa Tengah. Batas-batas administrasi Kabupaten Pemalang sebagai berikut :

- 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>o</sup> 17' 30" - 109<sup>o</sup> 40' 30" BT dan 8<sup>o</sup> 52' 30" - 7<sup>o</sup> 20' 11" LS.

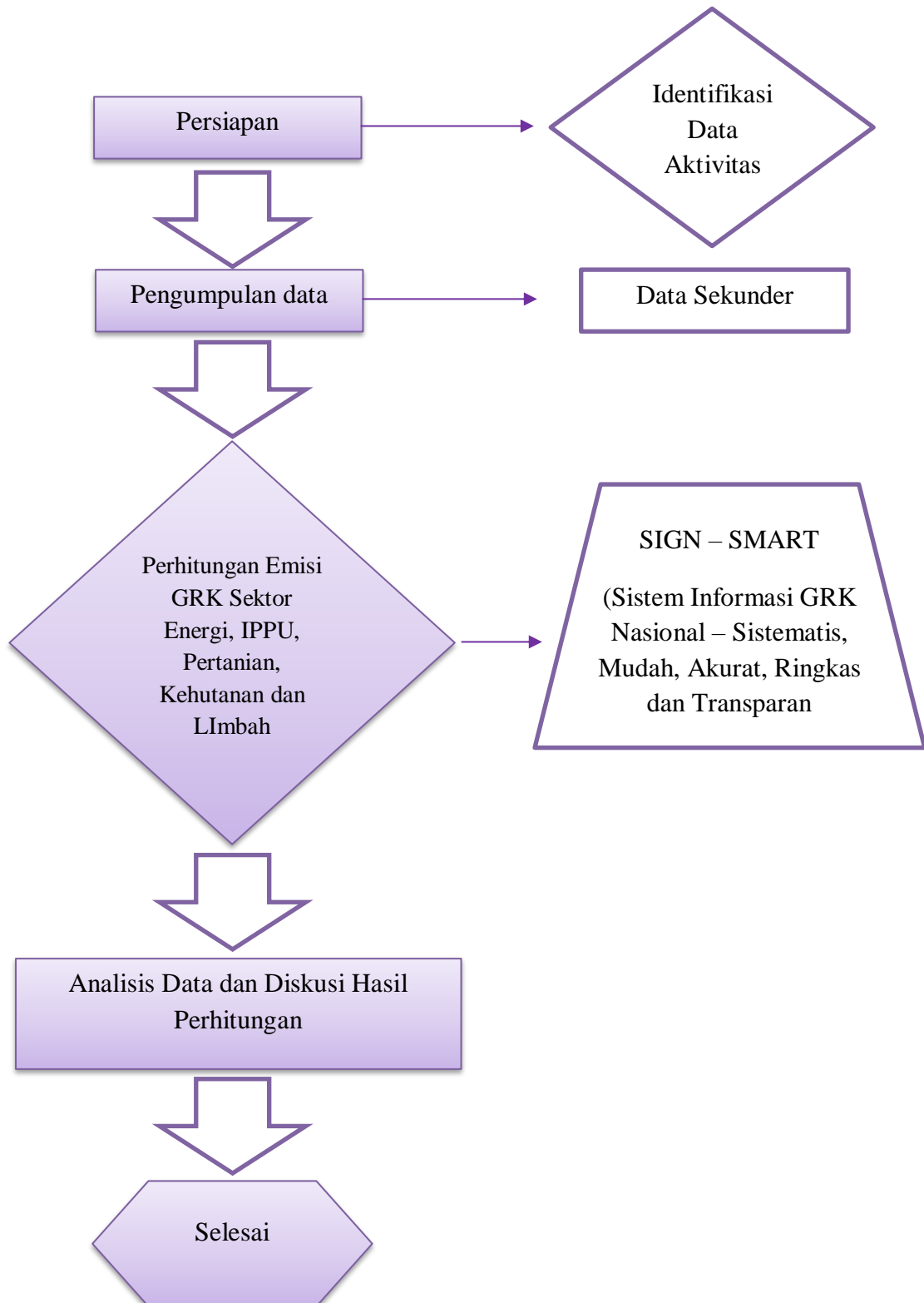
## G. Kelembagaan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK)

### 1. Tim Penyusun Laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (IGRK)





## H. Tahapan Pelaksanaan



Gambar 1. Diagram Alur Pelaksanaan Penyusunan IGRK

## BAB II METODOLOGI DAN 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 GRK (Gas Rumah Kaca) ini data sekunder didapat dari lembaga maupun perusahaan atau pihak-pihak yang berkaitan dengan perhitungan ini.

#### - Emisi GRK Sektor Energi

Tabel 1. 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

#### - Emisi GRK Sektor Pertanian

Tabel 2. Sumber Data Sektor Pertanian

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

- Emisi GRK Sektor Kehutanan

Tabel 3. Sumber Data Sektor Kehutanan

No.	Sumber Emisi	Subsektor (Penanggung Jawab)
1	Matriks Transisi Perubahan Tutupan Lahan pada Tanah Mineral	BPKH Wilayah X Yogyakarta

- Emisi GRK Sektor Limbah

Tabel 4. Sumber Data Sektor Limbah

No.	Sumber Emisi	Subsektor (Penanggung Jawab)
1	Kependudukan	BPS Kab. Pemalang
2	Timbulan Sampah	BPS Kab. Pemalang & Seksi PSLB3 DLH Kab. Pemalang
3	Distribusi Pengelolaan Sampah Domestik	BPS Kab. Pemalang & Seksi PSLB3 DLH Kab. Pemalang
4	Komposisi & Kandungan Bahan Kering Sampah Domestik	BPS Kab. Pemalang & Seksi PSLB3 DLH Kab. Pemalang
5	Tempat Pengelolaan Akhir (TPA)	Seksi PSLB3 DLH Kab. Pemalang
6	Sarana Pembuangan Air Limbah Domestik	Dinas Kesehatan Kab. Pemalang
7	Limbah Industri	Seksi Pengaduan & Penegakan Hukum DLH Kab. Pemalang

## B. Metodologi Inventarisasi GRK

Perhitungan emisi/ serapan GRK 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 GRK Kabupaten Pematang Jaya untuk tahun 2020, pemilihan metode yang digunakan yaitu Tier 1, dikarenakan tidak ada faktor emisi dan pengukuran emisi secara langsung.

## 2. Rumus Perhitungan GRK

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

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

Keterangan :

- DA = Data Aktivitas

Data aktivitas adalah data mengenai banyaknya aktivitas umat manusia yang terkait dengan banyaknya emisi GRK. Data yang diperoleh dalam perhitungan emisi GRK 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 (GRK). 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 GRK 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 GRK dari kegiatan energi :

Tabel 5. Cakupan Sumber-Sumber Emisi Untuk Ketiga Kategori Sumber Utama Emisi GRK

Kode	Kategori	Cakupan Kategori
1	Energi	
1A	Kegiatan Pembakaran Bahan Bakar (Fuel Combustion Activities)	Emisi berasal dari pembakaran/oksidasi bahan bakar secara sengaja dalam suatu alat dengan tujuan menyediakan panas atau kerja mekanik kepada suatu proses. Pembakaran bahan bakar terjadi di berbagai sector kegiatan, diantaranya industry, transportasi, komersial, dan rumah tangga.

		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.
IB	Emisi Fugitive (Fugitive Emissions from Fuels)	Emisi GRK yang secara tidak sengaja terlepas pada kegiatan produksi dan penyediaan energi. Emisi fugitive terjadi di kegiatan produksi dan penyaluran migas dan batubara diantaranya di lapangan migas, kilang minyak, tambang batubara, dan lain-lain.  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.
IC	CO <sub>2</sub> Transport & Storage	Emisi GRK 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 GRK yang paling sederhana, yaitu berdasarkan data aktifitas dan faktor emisi. Estimasi emisi GRK 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
$\text{Konsumsi Energi (TJ)} = \text{Konsumsi energi (Sat. Fisik)} \times \text{Nilai Kalor}$ $\left\{ \frac{TJ}{\text{Sat. Fisik}} \right\}$

## 5. Proses Industri dan Pengadaan Pupuk

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

Tabel 6. Kategori Sumber Emisi GRK 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 Non Metalurgical Mg, dan lainnya
2B	Industri Kimia	Produksi Ammonia, Asam Nitrat, Asam Adipat, Caprolactam, Glyoxal & Glyoxylic Acid, Produksi Karbida, Titanium Dioksida, Soda Abu, Petrokimia/arbon Black, Fluorochemical, dan lainnya
2C	Industri Logam	Produksi Besi dan Baja, Ferroalloys, Aluminium, Magnesium, Timbal, Produksi Seng, dan lainnya.
2D	Non-Energy	Penggunaan Pelumas, Lilin Paraffin, Penggunaan

	Produk dari Bahan Bakar dan Penggunaan Solvent	Pelarut, dan Lainnya
2E	Industri Elektronik	Integrated Circuit/Semiconductor, TFT Flat Panel Display, Fotovoltaik, Heat Transfer Fluid, dan lainnya.
2F	Penggunaan Produk sebagai Bahan Peluruhan Lapisan Ozon	Refrigeran dan AC, Foam Blowing Agent, 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 GRK untuk kebutuhan inventarisasi emisi GRK 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 GRK 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 GRK 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 GRK dari sector Pertanian, Kehutanan dan Penggunaan Lahan Lainnya (*Agrivulture, 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 GRK, 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 GRK 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 dalam 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 :

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

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 GRK 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<sub>i,j,k</sub> = lama budidaya padi sawah untuk kondisi I, j, dan k; hari

A<sub>i,j,k</sub> = 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 rejim 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<sub>i</sub> = faktor emisi harian yang terkoreksi untuk luas panen tertentu, kg CH<sub>4</sub> per hari
- EF<sub>c</sub> = faktor emisi baseline untuk padi sawah dengan irigasi terus - menerus dan tanpa pengembalian bahan organik
- SF<sub>w</sub> = Faktor skala yang menjelaskan perbedaan rejim air selama periode budidaya.
- SF<sub>p</sub> = Faktor skala yang menjelaskan perbedaan rejim air sebelum periode budidaya
- SF<sub>o</sub> = Faktor skala yang menjelaskan jenis dan jumlah pengembalian bahan organik yang diterapkan pada periode budidaya padi sawah
- SF<sub>s,r</sub> = 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:

$$CO_2\text{-Emission} = [(MLimestones \times EFLimestones) + (MDolomites \times EFDolomites)]$$

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 ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) 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 ( $\text{CO}_2$ ) dari Penggunaan Pupuk Urea

Penggunaan pupuk urea pada budidaya pertanian menyebabkan lepasnya  $\text{CO}_2$  yang diikat selama proses pembuatan pupuk. Urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) diubah menjadi amonium ( $\text{NH}_4^+$ ), ion hidroksil ( $\text{OH}^-$ ), dan bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) dengan adanya air dan enzim urease. Mirip dengan reaksi tanah pada penambahan kapur, bikarbonat yang terbentuk selanjutnya berkembang menjadi  $\text{CO}_2$  dan air. Kategori sumber ini perlu dimasukkan karena pengambilan (fiksasi)  $\text{CO}_2$  dari atmosfer selama pembuatan urea diperhitungkan dalam sektor industri.

Emisi  $\text{CO}_2$  dari penggunaan pupuk Urea dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{CO}_2\text{-Emission} = (M_{\text{Urea}} \times \text{EF}_{\text{Urea}})$$

Keterangan:

$\text{CO}_2$ -Emission = Emisi C tahunan dari aplikasi Urea, ton  $\text{CO}_2$  per tahun.

$M_{\text{urea}}$  = jumlah pupuk Urea yang diaplikasikan, ton per tahun.

$\text{EF}_{\text{urea}}$  = 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  $N_2O$  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  $NH_3$  dan  $NO_x$  dari tanah yang dikelola dan dari pembakaran bahan bakar fosil serta biomassa, yang kemudian gas-gas ini berserta produknya  $NH_4^+$  dan  $NO_3^-$  diendapkan kembali ke tanah dan air; dan (ii) pencucian dan run off dari N terutama sebagai  $NO_3^-$  dari tanah yang dikelola.

e. Emisi Non  $CO_2$  dari Pembakaran Biomassa

Emisi Non- $CO_2$  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  $CO_2$  dari Pembakaran Biomasa pada Lahan Pertanian

Emisi Non- $CO_2$  dari biomas yang dibakar (terutama  $CH_4$ ,  $CO$ ,  $NO_x$  and  $N_2O$ ) umumnya berkaitan dengan sisa pertanian (jerami padi, tebu, dll) yang dibakar. Emisi  $CO_2$  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  $CO_2$  dari Pembakaran Biomas pada Padang Rumput

Emisi Non- $CO_2$  dari pembakaran biomas 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 biomas 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.

$$\Delta CLU_i = \Delta CAB + \Delta CBB + \Delta CDW + \Delta CLI + \Delta CSO + \Delta CHWP$$

Keterangan:		
$\Delta CLU_i$	=	Perubahan simpanan karbon untuk suatu strata dari kategori penggunaan lahan.
$\Delta CAB$	=	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 rejim 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.

- $\Delta$  CAB = Perubahan simpanan karbon dari biomassa diatas permukaan tanah.  
 $\Delta$  CBB = Perubahan simpanan karbon dari biomassa dibawah permukaan tanah.  
 $\Delta$  CDW = Perubahan sipanan karbon dari kayu mati.  
 $\Delta$  CLI = Perubahan simpanan karbon dari serasah.  
 $\Delta$  C so = Perubahan simpanan karbon dari bahan organic tanah.  
 $\Delta$  CHWP = Perubahan simpanan karbon dari produk kayu yang dipesan.

## 10. Perhitungan Sektor Kegiatan Pengelolaan Limbah

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

Tabel 7. Kegiatan Pengelolaan Limbah

Kategori		Sub Kategori	
4A	Pembuangan Akhir Sampah Padat (Solid Waste Disposal)	4A1	TPA yang dikelola atau sanitary landfill (Managed Waste Disposal Sites)
		4A2	Tempat Pembuangan Sampah Padat yang tidak dikelola atau open dumping (Unmanaged Waste Disposal Sites)
		4A3	Tempat Pembuangan Sampah Padat yang tidak dapat dikategorikan (Uncategorised Waste Disposal Sites)
4B	Pengelolaan Limbah Padat secara Biologi : (Biological Treatment of Solid Wasted)		
4C	Pembakaran Sampah melalui Insinerator dan Pembakaran Sampah secara Terbuka (Incineration and Open Burning of Waste)	4C1	Pembakaran Sampah melalui Insinerator (Waste Incineration)

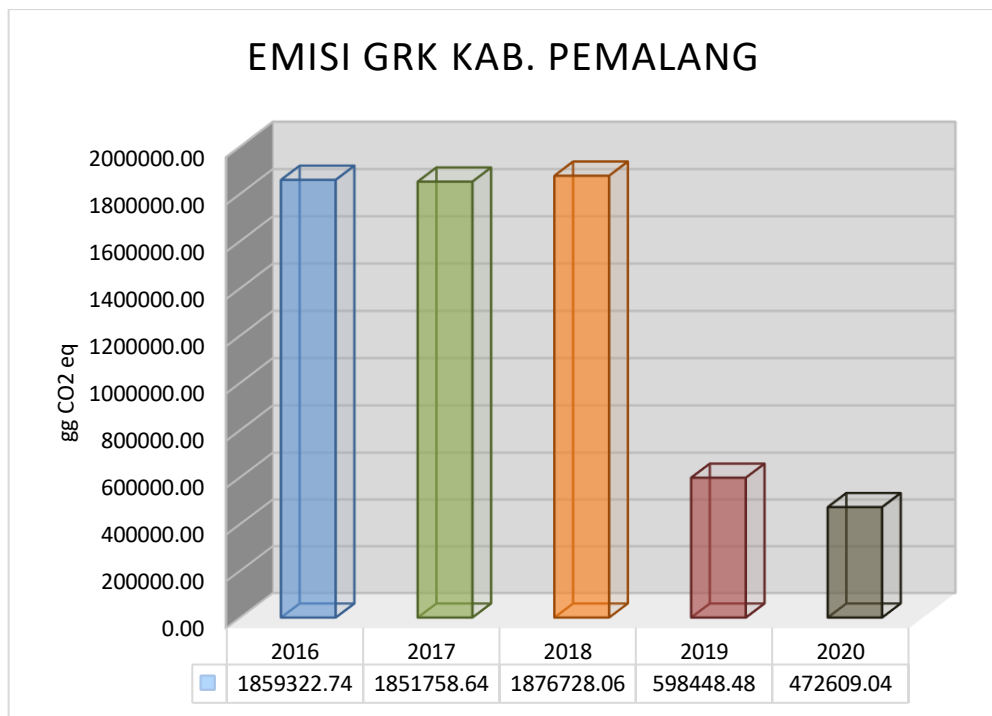
		4C2	Pembakaran Sampah secara Terbuka (Open Burning of Waste)
4D	Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah (Wastewater Treatment and Discharge)	4D1	Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah Rumah Tangga (Domestic Wastewater Treatment and Discharge)
		4D2	Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah Industri (Industrial Wastewater Treatment and Discharge)
4E	Lainnya (Other)		

### BAB III

#### HASIL PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

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

Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) 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 (GRK) di Kabupaten Pemalang. Perhitungan ini dimaksudkan untuk mengetahui emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Kabupaten Pemalang Tahun 2020. Berikut tren emisi Gas Rumah Kaca (GRK) berdasarkan perhitungan di SIGN-SMART :

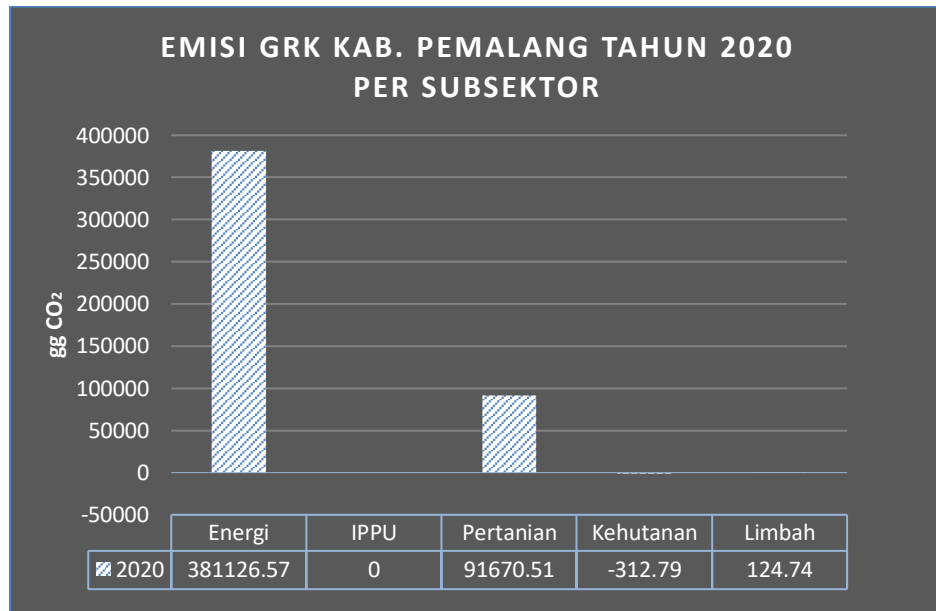


Gambar 2. Emisi GRK Kabupaten Pemalang

Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Kabupaten Pemalang pada tahun 2020 mengalami penurunan dibandingkan tahun 2019. Pada Tahun 2019, emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Kab. Pemalang sebesar 598.448,48 Gg CO<sub>2</sub> dan pada tahun 2020 sebesar 472.609,04 Gg CO<sub>2</sub>. Apabila di bandingkan dari tahun 2016 s/d 2020, emisi Gas Rumah Kaca (GRK) tertinggi pada tahun 2018 yaitu sebesar 1.876.728,06 Gg CO<sub>2</sub>, sedangkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) terendah pada tahun 2020.



Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) 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 (GRK) Kabupaten Pemalang Tahun 2020 pada masing-masing sektor, dapat dilihat pada Gambar 3.

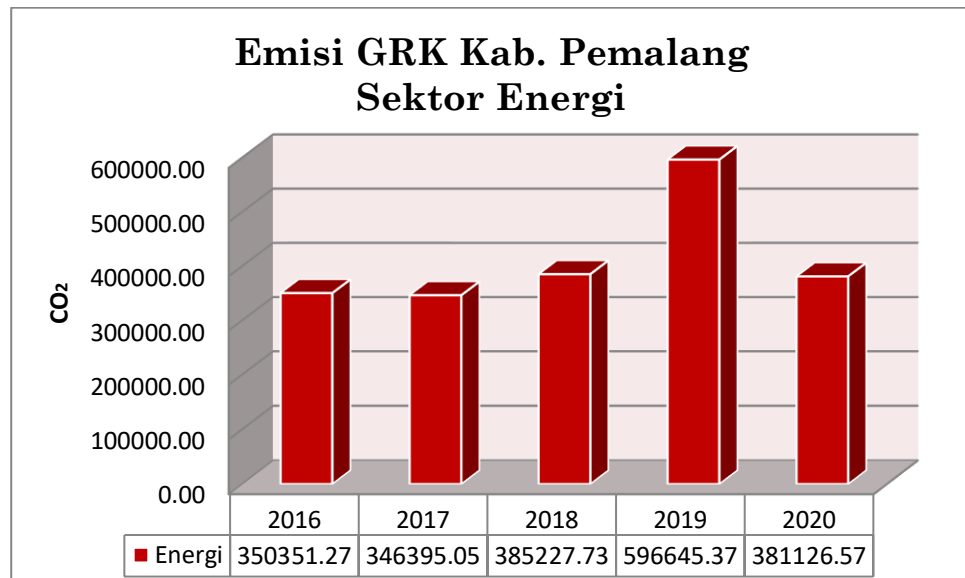


Gambar 3. Emisi GRK Kabupaten Pemalang Tahun 2020 Per Subsektor

Berdasarkan Gambar 3. dapat diketahui kontribusi emisi Gas Rumah Kaca di Kabupaten Pemalang Tahun 2020. Produksi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) tertinggi pada sektor energi sebesar 381.126,57 Gg CO<sub>2</sub>, sedangkan pada sektor kehutanan memiliki simpanan karbon sebesar -312,79 Gg CO<sub>2</sub>. Informasi terkait emisi Gas Rumah Kaca (GRK) pada masing-masing sektor memberikan gambaran bahwa konsumsi energi dalam aktivitas pembangunan di lapangan memberikan peluang produksi emisi sektor energi, sehingga data tersebut dapat menjadi tolak ukur dalam pembangunan yang mempertimbangkan aspek lingkungan.

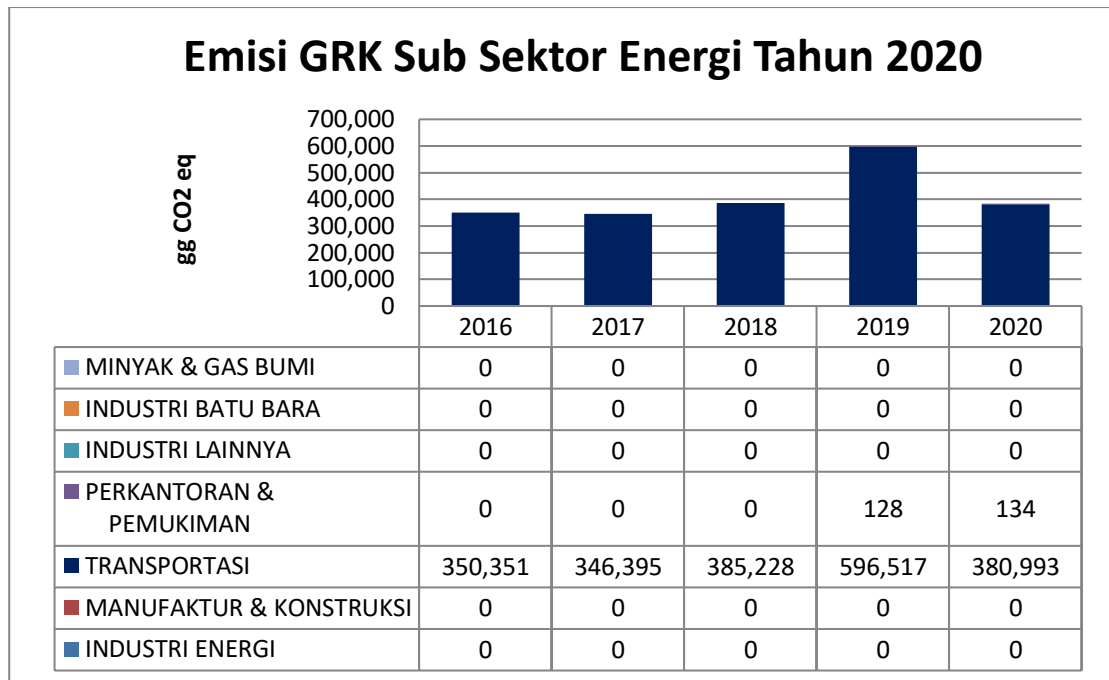
### 1. Sektor Energi

Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) 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.



Gambar 4. Emisi GRK Kab. Pemalang Sektor Energi

Gambar 4. menunjukkan hasil perhitungan emisi Kabupaten Pemalang Sektor Energi Tahun 2020 sebesar 381.126,57 Gg CO<sub>2</sub>eq. Angka tersebut mengalami penurunan dibandingkan dengan tahun 2019 sebesar 596.645,37 Gg CO<sub>2</sub> eq. Jumlah Emisi GRK Sektor Energi Kabupaten Pemalang setiap tahunnya mengalami perubahan. Perubahan tersebut dapat diketahui pada data produksi emisi GRK Sektor Energi tertinggi tahun 2019 yaitu sebesar 596.645,37 Gg CO<sub>2</sub> eq, sedangkan produksi Emisi GRK 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. Untuk mengetahui kategori sub sektor yang berkontribusi dalam produksi emisi GRK Sektor Energi Kabupaten Pemalang, dapat dilihat pada Gambar 5.

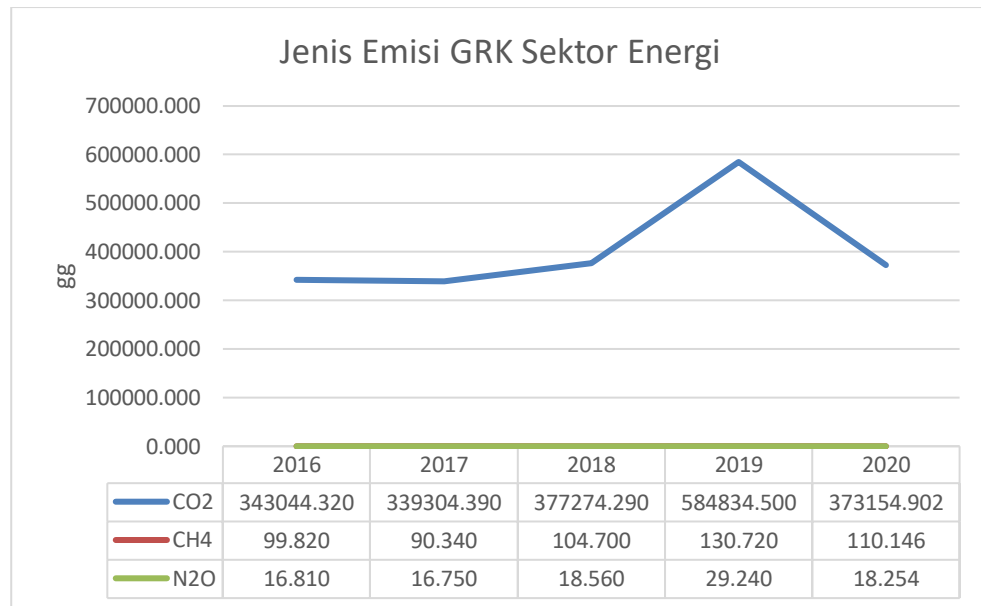


Gambar 5. Emisi GRK Subsektor Energi Tahun 2020

Berdasarkan Gambar 5. diketahui bahwa kontribusi terbesar emisi GRK Sektor Energi Kabupaten Pemalang Tahun 2020 terdapat pada kategori transportasi sebesar 380.993 Gg CO<sub>2</sub> eq. Nilai emisi GRK kategori transportasi mengalami perubahan setiap tahunnya di Kabupaten Pemalang sesuai dengan data konsumsi bahan bakar untuk transportasi yang dapat dilihat pada Lampiran 1.

Kategori Perkantoran & Pemukiman memberikan kontribusi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Sektor Energi sebesar 134 Gg CO<sub>2</sub> eq. Hasil tersebut didapat dari data konsumsi Gas LPG kawasan perkantoran & pemukiman yang dapat dilihat pada Lampiran 2.

Jenis emisi Gas Rumah Kaca (GRK) terdiri dari CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan N<sub>2</sub>O. Data jenis emisi GRK Sektor Energi Kabupaten Pemalang Tahun 2016 – 2020 dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Jenis Emisi GRK Sektor Energi Per Tahun

Tabel 8. Jenis Emisi GRK Sektor Energi Kabupaten Pemalang Tahun 2020

Kategori	Jenis Emisi GRK			
	CO <sub>2</sub> (Gg)	CH <sub>4</sub> (Gg)	N <sub>2</sub> O (Gg)	CO <sub>2</sub> 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
1A2. Manufacturing Industries and Construction	0,00	0,00	0,00	0,00
1A3. Transport	373.021,61	110,14	18,25	380.992,99
1A4a. Commercial / Institutional	0,00	0,00	0,00	0,00
1A4b. Residential	133,29	0,01	0,00	133,58
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>373.154,90</b>	<b>110,15</b>	<b>18,25</b>	<b>381.126,57</b>

Berdasarkan grafik diketahui bahwa penyumbang emisi GRK sektor energi didominasi oleh jenis emisi CO<sub>2</sub> yang terjadi pada tahun 2019. Namun, pada tahun 2020 emisi CO<sub>2</sub> mengalami penurunan. Hal ini menandakan adanya penurunan konsumsi bahan bakar yang digunakan oleh masyarakat. Data konsumsi bahan bakar kategori transportasi dan data konsumsi gas LPG dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 9. Konsumsi Bahan Bakar Kategori Transportasi

Jenis	Tahun				
	2016	2017	2018	2019	2020
Ron 88 (Kiloliter)	56.247.754	14.243.152	4.139.090	7.040.022	4.976.221
Ron 90	10.201.078	45.949.520	62.340.668	75.966.086	65.815.430
Ron 92	14.531.066	22.717.061	20.082.616	17.846.909	20.465.798
Ron 95	-	131.468	173.529	220.538	-
Solar	53.527.752	53.770.769	59.831.141	63.326.054	56.442.886
Bio Solar					

Sumber : Dinas Koperasi, UMKM, Perindustrian dan Perdagangan Kab. Pemalang

Tabel 10. Data Konsumsi Gas LPG

No.	Tahun	JENIS							
		Kerosene (kiloliter)	Diesel Oil (Kiloliter)	LPG (Tabung 3 kg)	LPG (kg)	LPG (Ton)	Gas Alam (MM SCF)	Biomassa (Ton)	Diesel Oil - IDO (Kiloliter)
1	2016			<b>12.063.120</b>	<b>36.189.360</b>	<b>36.189</b>			
2	2017			<b>12.323.480</b>	<b>36.970.440</b>	<b>36.970</b>			
3	2018			<b>12.870.960</b>	<b>38.612.880</b>	<b>38.613</b>			
4	2019			<b>13.513.200</b>	<b>40.539.600</b>	<b>40.540</b>			
5	2020			<b>14.054.280</b>	<b>42.162.840</b>	<b>42.163</b>			

Sumber : Dinas Koperasi, UMKM, Perindustrian dan Perdagangan Kab. Pemalang

## 2. Sektor Pertanian

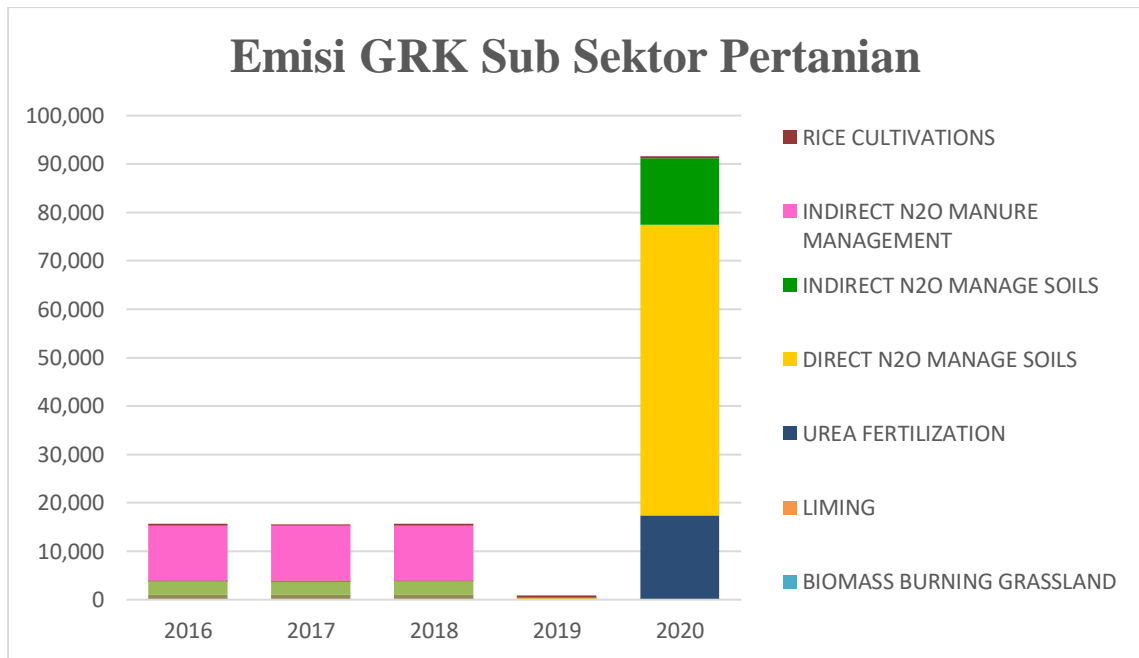
Emisi GRK Sektor Pertanian terdiri dari 11 Kategori yaitu fermentasi enterik (*fermentation enteric*), CH<sub>4</sub> dari proses Pengelolaan Kotoran Ternak (*CH<sub>4</sub> from Manure Management*), N<sub>2</sub>O langsung dari Pengelolaan Kotoran Ternak (*Direct N<sub>2</sub>O From Manure Management*), 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 Sumber 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 (GRK) Sektor Pertanian disajikan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Emisi GRK Kab. Pematang Sektor Pertanian

Gambar 7. menunjukkan hasil perhitungan emisi Kabupaten Pematang Sektor Pertanian Tahun 2020 sebesar 91.670,51 Gg CO<sub>2</sub> eq sedangkan pada tahun 2019 sebesar 844,65 Gg CO<sub>2</sub> eq. Data pada tahun 2020 mengalami kenaikan dibandingkan dengan tahun 2019 sebesar 90.825,86 Gg CO<sub>2</sub> eq. Produksi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Sektor Pertanian dari tahun 2016 – 2020 tertinggi pada tahun 2020. Untuk mengetahui kategori emisi GRK Sektor Pertanian yang berkontribusi dalam produksi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dapat dilihat pada Gambar 8. dan Tabel 11.





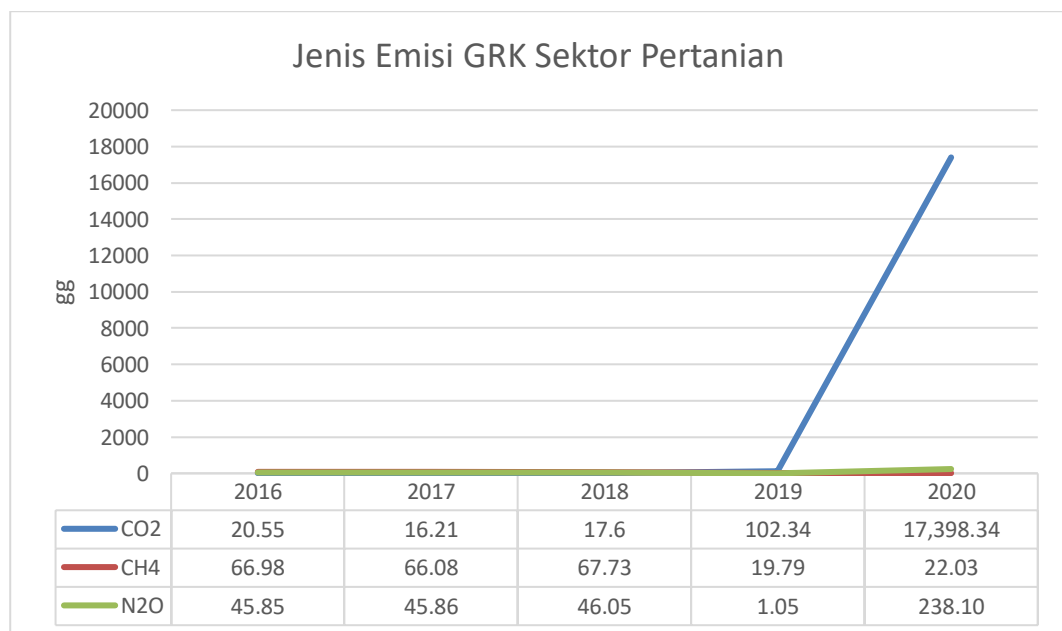
Gambar 8. Emisi GRK Sub Sektor Pertanian

Tabel 11. Emisi GRK Kategori Sektor Pertanian

NO.	ITEM	Tahun				
		2016	2017	2018	2019	2020
1	ENTERIC FERMENTATION	31	31	31	32	32
2	CH4 FROM MANURE MANAGEMENT	988	989	993	3	4
3	DIRECT N2O FROM MANURE MANAGEMENT	2.696	2.698	2.706	26	27
4	BIOMASS BURNING CROPLAND	8	7	8	8	9
5	BIOMASS BURNING GRASSLAND	0	0	0	0	0
6	LIMING	0	0	0	0	0
7	UREA FERTILIZATION	21	16	18	102	17.398
8	DIRECT N2O MANAGE SOILS	116	110	114	216	59.932
9	INDIRECT N2O	44	42	45	70	13.833

	MANAGE SOILS					
10	INDIRECT N <sub>2</sub> O MANURE MANAGEMENT	11.354	11.365	11.409	13	15
11	RICE CULTIVATIONS	381	362	393	375	420

Berdasarkan Gambar 8. dan Tabel 11. diketahui bahwa kategori Emisi N<sub>2</sub>O langsung dari pengelolaan tanah (*Direct N<sub>2</sub>O manage Soil*) berkontribusi paling besar pada kenaikan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Sektor Pertanian pada Tahun 2020 yaitu sebesar 59.932 Gg CO<sub>2</sub>. Besarnya nilai emisi Gas Rumah Kaca (GRK) kategori N<sub>2</sub>O langsung dari pengelolaan tanah (*Direct N<sub>2</sub>O manage Soil*) dipengaruhi oleh konsumsi pupuk Kabupaten Pematang Jaya. Untuk ketersediaan data konsumsi pupuk disajikan pada Lampiran. Kontribusi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Sektor Pertanian paling rendah terdapat pada kategori CH<sub>4</sub> dari proses Pengelolaan Kotoran Ternak (*CH<sub>4</sub> From Manure Management*) yaitu sebesar 4 Gg CO<sub>2</sub>, untuk mengetahui jenis emisi masing-masing kategori Sektor Pertanian yang berkontribusi dalam emisi GRK disajikan dalam Gambar 9 dan Tabel 12.



Gambar 9. Jenis Emisi GRK Sektor Pertanian Per Tahun

Tabel 12. Jenis Emisi GRK Kategori Sektor Pertanian Tahun 2020

Kategori	Jenis Emisi GRK (Gg CO <sub>2</sub> )			
	CO <sub>2</sub> (Gg)	CH <sub>4</sub> (Gg)	N <sub>2</sub> O (Gg)	CO <sub>2</sub> Eq (Gg)
3A. Livestock				
3A1. Enteric Fermentation		1,54		32,36
3A2. Manure Management				
3A2.a (CH <sub>4</sub> ) From Manure Management		0,17		3,57
3A2.b Direct N <sub>2</sub> O From Manure Management			0,09	26,97
3C. Aggregate Sources and Non-CO <sub>2</sub> Emissions Source on Land				
3C1. Biomass Burning				
3C1.a Biomass Burning Cropland		0,30	0,01	8,85
3C1.b Biomass Burning Grassland		0,00	0,00	0,11
3C2. Liming	0,00			0,00
3C3. Urea Fertilization	17.398,33			17.398,33
3C4. Direct N <sub>2</sub> O Emissions from Managed Soils			193,33	59.932,43
3C5. Indirect N <sub>2</sub> O Emissions from Managed Soils			44,62	13.832,65
3C6. Indirect N <sub>2</sub> O Emissions from Manure Management			0,05	15,02
3C7. Rice Cultivations		20,01		420,22
3C8. Other				
3D. Other				
TOTAL	17.398,34	22,03	238,10	91.670,51

Berdasarkan Gambar 9 dan Tabel 12 dapat diketahui bahwa jenis emisi GRK yang mengalami perubahan sangat signifikan yaitu CO<sub>2</sub> pada tahun 2020. Kenaikan tersebut terjadi pada kategori pupuk urea. Berdasarkan data pengadaan pupuk urea oleh Badan Pusat Statistik Kabupaten Pemalang diketahui bahwa terjadi kenaikan pengadaan pupuk

urea dari tahun 2019 ke tahun 2020 yang sangat signifikan sehingga produksi emisi GRK semakin besar. Data konsumsi pupuk Tahun 2019 dan Tahun 2020 tersaji dalam Tabel 13.

Tabel 13. Pengadaan Pupuk Kabupaten Pemalang

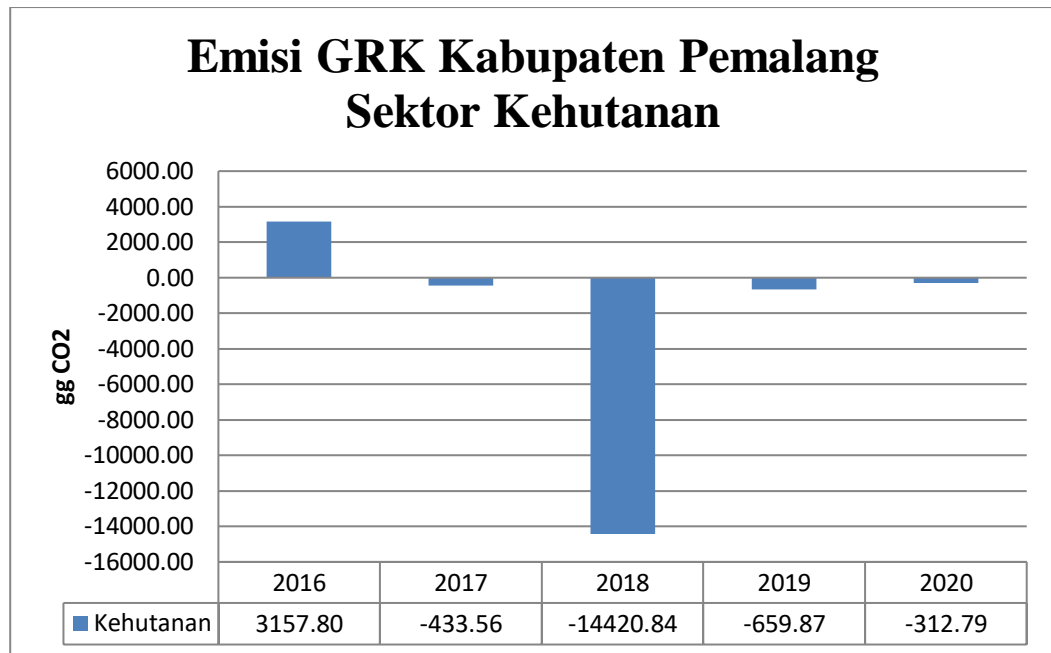
Jenis Pupuk	Tahun				
	2016	2017	2018	2019	2020
Urea	28.014,50	22.229,50	24.774.50	139.553	23.724.950
NPK	9.670,50	9.950	9.329,85	22.683	10.889.350
ZA	6.258,50	5.184	6.031.00	21.607	5.069.250

Sumber : BPS Kabupaten Pemalang

Bahan baku dalam membuat pupuk Urea adalah amonia ( $\text{NH}_3$ ) dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), sedangkan bahan penolongnya adalah anti *caking* dan pewarna (Nafkiyah, 2017). Dari pernyataan tersebut dapat diketahui bahwa pupuk urea mengandung  $\text{CO}_2$  tinggi sehingga tidak mengherankan apabila tingginya produksi pupuk urea mempengaruhi produksi emisi GRK khususnya jenis emisi  $\text{CO}_2$ .

### 3. Sektor Kehutanan

Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) 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 GRK Kabupaten Pemalang pada sektor kehutanan berasal dari kategori matriks transisi perubahan tutupan lahan pada tanah mineral. Berikut hasil perhitungan emisi GRK Sektor Kehutanan disajikan dalam Gambar 10.



Gambar 10. Emisi GRK Kabupaten Pemalang Sektor Kehutanan

Berdasarkan Gambar 10. Diketahui bahwa pada tahun 2020, emisi Gas Rumah Kaca GRK sektor kehutanan sebesar -312,79 Gg CO<sub>2</sub> eq. Jika dibandingkan dengan tahun 2019 maka telah terjadi kenaikan emisi GRK di sektor kehutanan sebesar 347,08 Gg CO<sub>2</sub> eq. Terjadinya kenaikan emisi GRK Sektor Kehutanan dikarenakan terjadinya perubahan penggunaan kelas tutupan lahan seperti pada data Tabel 14.

Tabel 14. Kelas Tutupan Lahan Tahun 2019 & 2020

Kelas Penutupan Lahan	Tahun	
	2019	2020
Hutan Lahan Kering Primer	7,84	7,84
Hutan Lahan Kering Sekunder	1.729,43	1.838,85
Hutan Mangrove Primer	-	-
Hutan Rawa Primer	-	-
Hutan Tanaman	28.027,66	28.720,09
Semak/ Belukar	857,26	820,86
Perkebunan	764,99	817,05
Pemukiman	12.556,88	12.608,67
Lahan Terbuka	321,52	321,52
Savanna	-	-
Tubuh Air	386,11	387,58

Hutan Mangrove Sekunder	-	-
Hutan Rawa Sekunder	-	-
Belukar Rawa	-	-
Pertanian Lahan Kering	10.581,55	10.570,32
Pertanian Lahan Kering Campuran	14.880,05	13.213,13
Sawah	40.606,40	41.442,09
Tambak	1.981,93	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 GRK 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 15.

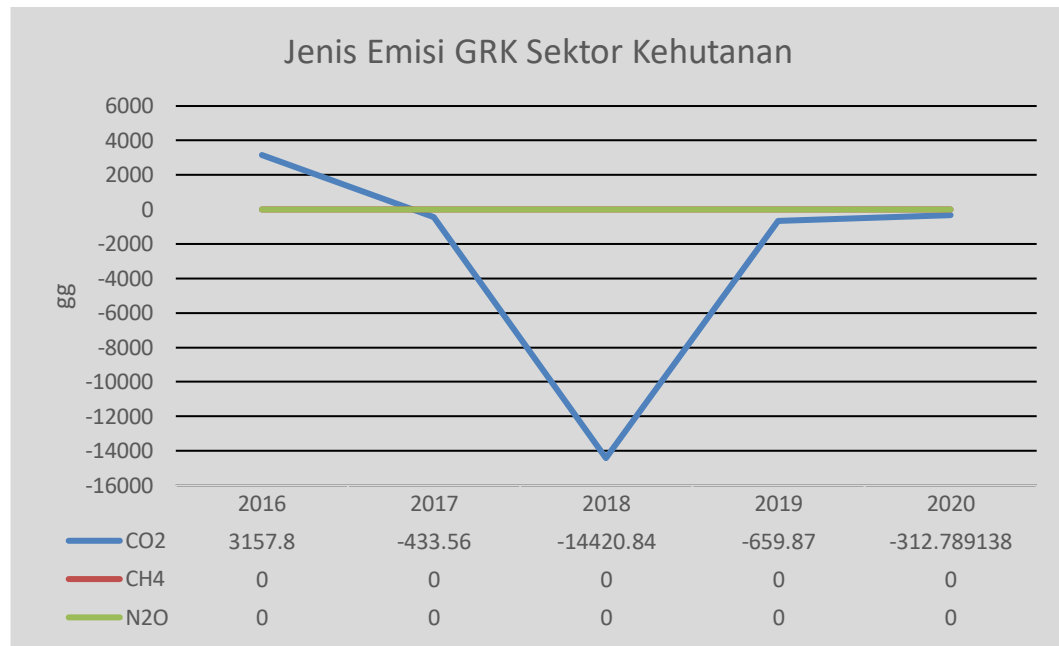


Tabel 15. Cadangan Karbon Per Hektar Untuk 23 Tipe Penutupan Lahan Nasional

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 (GRK) pada masing-masing kategori dapat dilihat pada Gambar 11 dan Tabel 16.



Gambar 11. Jenis Emisi GRK Sektor Kehutanan Per Tahun

Tabel 16. Jenis Emisi GRK Sektor Kehutanan

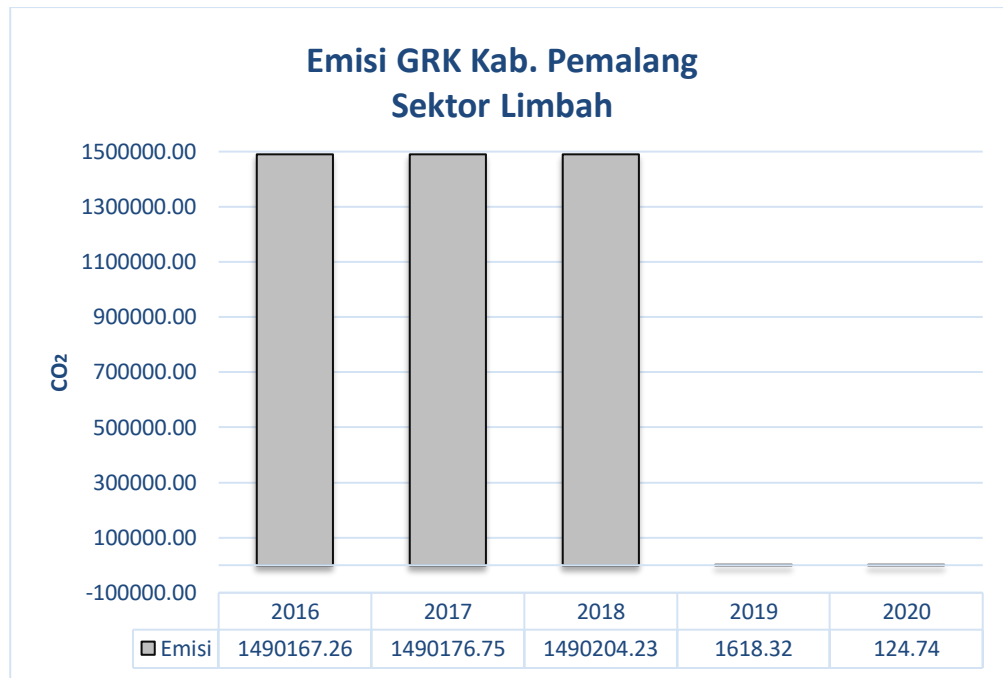
Kategori	Jenis Emisi GRK			
	CO <sub>2</sub> (Gg)	CH <sub>4</sub> (Gg)	N <sub>2</sub> O (Gg)	CO <sub>2</sub> Eq (Gg)
<b>3B. Forest and Other Land Use</b>				
3B1a. Forest Remaining Forest	-41,72			-41,72
3B1b. Non-Forest to Forest	-662,01			-662,01
3B2a. Cropland Remaining Cropland	0,00			0,00
3B2b. Non-Cropland to Cropland	271,41			271,41
3B3a. Grassland Remaining Grassland	0,00			0,00
3B3b. Non-Grassland to Grassland	-76,36			-76,36
3B4a. Wetland Remaining Wetland	0,00			0,00
3B4b. Non-Wetland to Wetland	0,00			0,00
3B5a. Settlement Remaining Settlement	0,00			0,00
3B5b. Non-Settlement to Settlement	195,88			195,88
3B6a. Otherland Remaining Otherland	0,00			0,00
3B6b. Non-Otherland to Otherland	0,00			0,00
Other: Peat Decomposition	0,00			0,00
Other: Peat Fire	0,00			0,00
Wetland - Rewetting CO <sub>2</sub>	0,00			0,00
Wetland - Woody Perennial Biomass	0,00			0,00
Wetland - Wood Removals	0,00			0,00
Wetland - Fuelwood Removals	0,00			0,00
Wetland - Disturbance	0,00			0,00
Wetland - AGB, Extraction Activities	0,00			0,00
Wetland - DOM, Extraction Activities	0,00			0,00
Wetland - SOC, Extraction Activities	0,00			0,00

Wetland - Rewetting, Revegetation, and Creation	0,00			0,00
Wetland - Drainage from Coastal Wetlands	0,00			0,00
3C1. Biomass Burning				
3C1a. Biomass Burning in Forest Land		0,00	0,00	0,00
3C1b. Biomass Burning in Crop Land		0,00	0,00	0,00
3C1c. Biomass Burning in Grass Land		0,00	0,00	0,00
Other: Peat Decomposition	0,00			0,00
Other: Peat Fire	0,00			0,00
TOTAL	-312,79	0,00	0,00	-312,79

Kategori alih fungsi lahan non pertanian menjadi pertanian dan kawasan bukan hunian menjadi kawasan hunian berperan dalam kontribusi emisi GRK khususnya jenis emisi CO<sub>2</sub>.

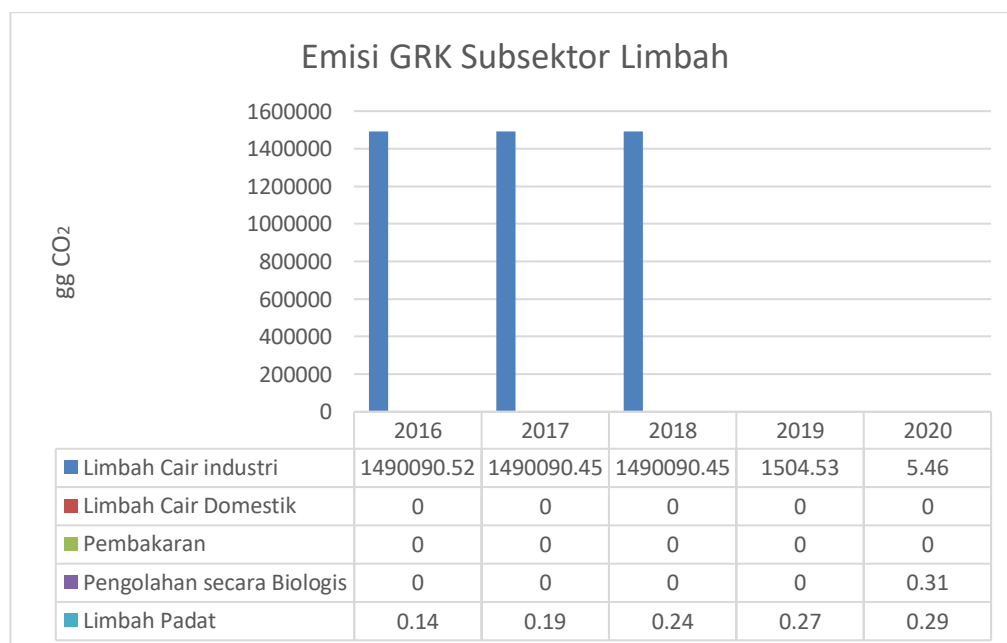
#### 4. Sektor Limbah

Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) 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. Berdasarkan hasil pengumpulan data, jumlah emisi GRK Kabupaten Pematang Jaya pada sektor limbah sebagian besar berasal dari kategori Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah Industri. Berikut hasil perhitungan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Sektor Limbah disajikan dalam Gambar 12.



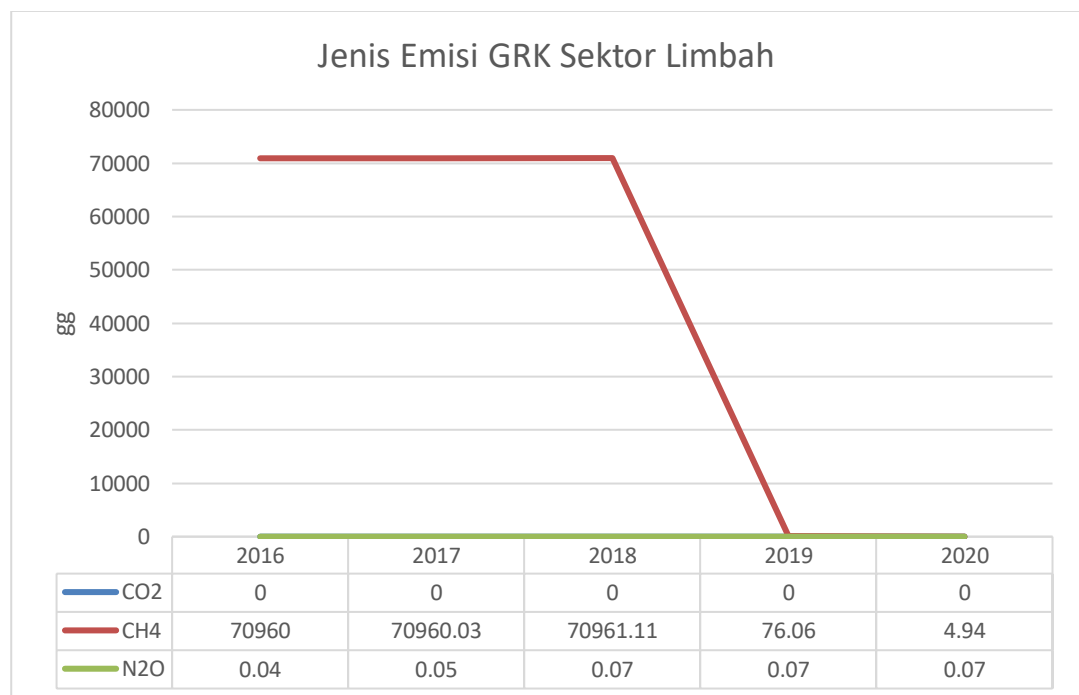
Gambar 12. Emisi GRK Kab. Pemalang Sektor Limbah

Berdasarkan hasil perhitungan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Kab. Pemalang Sektor Limbah yang ditunjukkan pada Gambar 9. diketahui bahwa jumlah emisi Gas Rumah Kaca (GRK) sektor limbah pada tahun 2020 sebesar 124,74 Gg CO<sub>2</sub>. Jika dibandingkan dengan tahun sebelumnya maka pada tahun 2020 mengalami penurunan emisi sebesar 1.493,58 Gg CO<sub>2</sub>. Untuk mengetahui kategori sektor limbah yang berkontribusi terhadap produksi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Emisi GRK Subsektor Limbah

Berdasarkan Gambar 10. diketahui bahwa produksi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) tertinggi sektor Limbah terdapat pada kategori limbah cair industri, sedangkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) terendah terdapat pada sektor limbah padat. Kategori yang tidak diketahui besaran emisi Gas Rumah Kaca (GRK) terdapat pada kategori limbah cair domestik dan pembakaran. Jenis emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Tahun 2020 pada masing-masing kategori ditampilkan pada Gambar 14 dan Tabel 17.



Gambar 14. Jenis Emisi GRK Sektor Limbah Per Tahun

Tabel 17. Jenis Emisi GRK Kategori Limbah

Kategori	Jenis Emisi GRK			
	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	0,00	0,01	0,00	0,29
4B. Pengolahan Limbah Padat secara Biologi	0,00	0,00	0,00	0,01
4C. Pembakaran Sampah melalui Insinerator dan Pembakaran Sampah secara Terbuka	0,00	0,00	0,00	0,00
4D. Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah	0,00	0,00	0,00	0,00

4D1. Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah Rumah Tangga	0,00	0,00	0,00	0,00
4D2. Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah Industri	0,00	0,26	0,00	5,46
TOTAL	0,00	0,27	0,00	6,06

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

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

Proses Industri dan Penggunaan Produk tersebut dapat menghasilkan berbagai gas rumah kaca diantaranya karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), nitrous oksida (N<sub>2</sub>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* (SF<sub>6</sub>) dan N<sub>2</sub>O yang digunakan dalam sejumlah produk yang digunakan dalam industri.

Berdasarkan hasil pengumpulan data pendukung dalam rangka perhitungan emisi GRK dihasilkan bahwa pada Sektor IPPU tidak ada data yang mendukung dalam proses perhitungan, sehingga dalam SIGN-SMART menunjukkan bahwa Sektor IPPU memiliki Emisi GRK sebesar 0 (nol).

## BAB IV 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 (IGRK). Sedangkan penjaminan mutu dilakukan melalui proses review setelah Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) selesai dilaksanakan dan sudah melewati proses pengendalian mutu.

### A. Pengendalian Mutu

Tabel 18. Pengendalian Mutu

No	Kegiatan	Prosedur
1	Mencek 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	Mencek 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 Cek apakah data predictor berasal dari sumber yang



		<p>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 GRK 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 GRK 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 19. 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> <p>Cek apakah tim penyusun memahami rekomendasi evaluator/auditor</p>

		Cek apakah dokumentasi hasil evaluasi didokumentasikan pada forat yang sesuai
--	--	-------------------------------------------------------------------------------

## **BAB V. RENCANA PERBAIKAN PENYELENGGARAAN IGRK**

Hasil penyelenggaraan penyusunan dokumen Inventarisasi Gas Rumah Kaca (IGRK) tahun 2021 terdapat beberapa hal yang perlu diperbaiki dalam pelaksanaannya, diantaranya :

1. Perbaiki dalam perencanaan kegiatan penyusunan dokumen Inventarisasi Gas Rumah Kaca (IGRK)
2. Penguatan kelembagaan dalam penyusunan dokumen Inventarisasi Gas Rumah Kaca (IGRK)
3. Peningkatan kegiatan pengumpulan data
  - Mengkoordinasikan kerja tim
  - Pengambilan data lapangan dioptimalkan
4. Evaluasi dan monitoring dalam penyusunan dokumen
5. Peningkatan kapasitas sumber daya manusia melalui pelatihan penyusunan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (IGRK).

## **BAB VI KESIMPULAN**

### **A. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa, dapat disimpulkan bahwa :

1. Daftar aktivitas yang menyebabkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) di Kabupaten Pemalang antara lain :
  - a. Sektor energi,
  - b. sektor IPPU,
  - c. Sektor Pertanian,
  - d. Sektor Kehutanan dan
  - e. Sektor Limbah.
2. Jumlah emisi Gas Rumah Kaca (GRK) pada Tahun 2016 – 2020 yaitu :
  - a. 2016 = 1.859.322,74 gg CO<sub>2</sub>
  - b. 2017 = 1.851.758,64 gg CO<sub>2</sub>
  - c. 2018 = 1.876.728,06 gg CO<sub>2</sub>
  - d. 2019 = 598.448,48 gg CO<sub>2</sub>
  - e. 2020 = 472.609,04 gg CO<sub>2</sub>
3. Terdapat 1 sektor emisi GRK yang tidak menunjukkan hasil perhitungan yaitu sektor IPPU, hal tersebut dikarenakan belum adanya data pendukung atau informasi terkait data tersebut.