



**DINAS KEHUTANAN DAN
LINGKUNGAN HIDUP
PROVINSI BALI**

LAPORAN TAHUN
2024

**INVENTARISASI
GAS RUMAH KACA
PROVINSI BALI**



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadapan *Ida Sang Hyang Widi Wasa* Tuhan Yang Maha Esa karena telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga Laporan Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Provinsi Bali Tahun 2024 dapat diselesaikan. Pelaksanaan Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Provinsi Bali ini merupakan tindak lanjut dari 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 Nasional dan Peraturan Presiden RI 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.

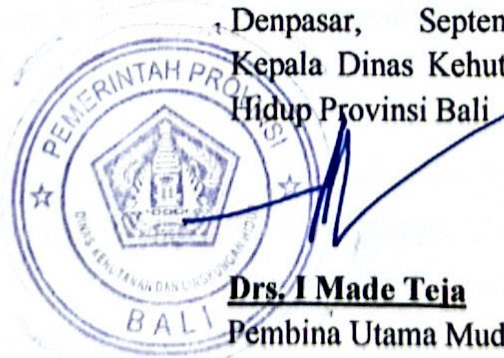
Inventarisasi Emisi GRK adalah kegiatan untuk memperoleh data dan informasi mengenai tingkat, status, dan kecenderungan perubahan emisi GRK secara berkala dari berbagai sumber emisi dan penyerapnya yang dibagi menjadi beberapa sektor yaitu sektor energi, sektor pertanian, sektor kehutanan, dan sektor limbah. Inventarisasi Emisi GRK menggunakan metode dan perhitungan sesuai dengan panduan yang telah ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI yaitu dengan Program Sistem Informasi GRK Nasional yang Sederhana, Mudah, Akurat, Ringkas, dan Terpercaya (SIGN SMART).

Pemerintah Provinsi Bali melalui visi "*Nangun Sat Kerthi Loka Bali*" melalui Pola Pembangunan Berencana Menuju Bali Era Baru telah melakukan upaya-upaya untuk dapat mengurangi emisi GRK di Provinsi Bali. Gubernur Bali telah mengeluarkan kebijakan antara lain: Sistem Pertanian Organik, Rencana Umum Energi Daerah, Pengelolaan Sampah Berbasis Sumber, Energi Bersih, dan Penggunaan Kendaraan Bermotor Listrik.

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada semua pihak atas kontribusi dan kerjasamanya dalam penyediaan data hingga tersusunnya Laporan Inventarisasi Emisi GRK ini. Semoga dokumen ini dapat menjadi rujukan bersama untuk merancang aksi mitigasi dan adaptasi perubahan iklim di Provinsi Bali.

Denpasar, September 2024

Kepala Dinas Kehutanan dan Lingkungan
Hidup Provinsi Bali



Drs. I Made Teja

Pembina Utama Muda

NIP. 19641104 199003 1 012

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
RINGKASAN EKSEKUTIF	vii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Maksud dan Tujuan	I-2
1.3 Pengaturan Kelembagaan Dalam Penyelenggaraan Inventarisasi GRK	I-3
1.4 Persiapan Inventarisasi GRK.....	I-4
BAB II METODOLOGI DAN SUMBER DATA YANG DIGUNAKAN	II-1
2.1 Tahapan Inventarisasi Emisi GRK	II-2
2.1.1 Rapat Koordinasi	II-2
2.1.2 Tahapan Inventarisasi Emisi GRK.....	II-2
2.1.3 Tahapan Inventarisasi Emisi GRK.....	II-2
2.2 Sektor Energi.....	II-4
2.2.1 Sumber Energi	II-4
2.2.2 Metode untuk Estimasi Emisi dari Industri Energi.....	II-5
2.2.3 Metode untuk Estimasi Emisi dari Transportasi	II-5
2.2.4 Metode untuk Estimasi Emisi dari Sektor Lain-lain.....	II-6
2.2.5 Metode untuk Estimasi Emisi Tidak Langsung dari Penggunaan Listrik	II-7
2.3 Sektor Pertanian, Kehutanan dan Penggunaan Lahan (<i>Agriculture, Forestry and Other Land Use</i>).....	II-7
2.3.1 Peternakan.....	II-8
2.3.2 Pertanian	II-10
2.3.3 Kehutanan dan Penggunaan Lahan Lainnya.....	II-12
2.4 Limbah.....	II-15
2.4.1 Sumber Emisi.....	II-15
2.4.2 Metode untuk Estimasi Emisi di TPA	II-15

2.4.3 Metode untuk Estimasi Emisi dari Pengolahan Biologi Limbah Padat.....	II-16
2.4.4 Metode untuk Estimasi Emisi dari Pembakaran Terbuka (<i>Open Burning</i>) Limbah Padat	II-17
2.4.5 Metode untuk Estimasi Emisi dari Pengelolaan Limbah Cair Domestik.....	II-18
2.4.6 Metode untuk Estimasi Emisi dari Pengelolaan Limbah Cair Industri	II-21
BAB III HASIL PERHITUNGAN EMISI DAN SERAPAN GRK.....	III-1
3.1 Tingkat, Status, dan Kecenderungan Emisi dan Serapan GRK.....	III-1
3.2 Sektor Pertanian	III-14
3.3 Sektor Kehutanan dan Penggunaan Lahan Lainnya.....	III-20
3.4 Sektor Limbah	III-26
BAB IV ANALISIS KETIDAKPASTIAN DAN KATEGORI KUNCI.....	IV-1
4.1 Analisis Ketidakpastian.....	IV-1
4.2 Kategori Kunci	IV-3
BAB V PENGENDALIAN DAN PENJAMINAN MUTU	V-1
BAB VI RENCANA PERBAIKAN PENYELENGGARAAN INVENTARISASI	VI-1
6.1 Perbaikan Dokumentasi dan Koordinasi Data Lokal	VI-1
6.2 Perbaikan Metode Pengumpulan Data	VI-2
6.3 Peningkatan Metode Perhitungan dan Analisis Data	VI-3
6.4 Perbaikan Quality Assesment (QA)	VI-4
6.5 Konsistensi dan Kontinuitas	VI-4
6.6 Evaluasi Diri.....	VI-4
BAB VII PENUTUP.....	1
7.1 Kesimpulan.....	VII-1
7.2 Rekomendasi	VII-2
DAFTAR PUSTAKA	VII-6
LAMPIRAN.....	VII-7

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1. Nilai GWP dari GRK	II-3
Tabel 2. 2. Faktor Emisi Default IPCC 2006 untuk Stationary Combustion di Pembangkitan Listrik	II-5
Tabel 2. 3. Faktor Emisi Default IPCC 2006 untuk Mobile Combustion di Transportasi	II-6
Tabel 2. 4. Faktor Emisi Default IPCC 2006 untuk Stationary Combustion di Other Sektor	II-6
Tabel 2. 5. Kategori Sumber Emisi, Serapan dan Jenis Gas dalam Inventarisasi GRK untuk Kehutanan dan Penggunaan Lahan Lainnya.....	II-12
Tabel 2. 6. Pengelolaan dan Pembuangan Limbah Cair dan Potensi Emisi GRK	II-19
Tabel 3. 1. Kontribusi Gas Rumah Kaca dari Berbagai Sektor di Provinsi Bali, 2013-2023.....	III-3
Tabel 3. 2. Kontribusi Emisi GRK Sektor Energi Provinsi Bali, Tahun 2010-2023	III-5
Tabel 3. 3. Jumlah Transportasi di Provinsi Bali Tahun 2018-2023.....	III-10
Tabel 3. 4. Kontribusi Emisi GRK Sektor Pertanian Provinsi Bali, Tahun 2010- 2023	III-15
Tabel 3. 5. Pembagian Kategori Hutan Indonesia ke dalam IPCC 2006	III-20
Tabel 3. 6. Emisi yang dihasilkan Sektor Kehutanan Provinsi Bali.....	23
Tabel 3. 7. Kalkulasi Emisi GRK Sektor Pengelolaan Limbah Tahun 2010-2023	III-27
Tabel 5. 1. Prosedur Pengendalian dan Penjaminan Mutu IGRK Provinsi Bali	V-3

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. 1. Struktur Kelembagaan Tim inventarisasi emisi GRK Provinsi Bali	II-3
Gambar 2. 1. Kategori sumber emisi dari pembakaran bahan bakar.....	II-4
Gambar 2. 2. Skema Aliran Pengolahan dan Pembuangan Limbah Cair.....	II-19
Gambar 3. 1. Grafik kecenderungan Gas Rumah Kaca dari Berbagai Sektor di Provinsi Bali Tahun 2013- 2023 (Sumber: Hasil Analisis SIGN-SMART, 2024).....	III-3
Gambar 3. 2. Emisi Menurut Sektor pada Tahun 2022 dan 2023, Provinsi Bali	III-4
Gambar 3. 3. Kecendrungan Emisi Sektor Energi Provinsi Bali, Tahun 2010-2023 (Sumber: Hasil Analisis SIGN-SMART, 2024).....	III-6
Gambar 3. 4. Kontribusi Emisi GRK Sektor Energi Menurut Sumber Emisi Tahun 2022 dan 2023, Provinsi Bali	III-7
Gambar 3. 5. Jumlah Kendaraan Bermotor Listrik di Provinsi Bali hingga Triwulan IV-2023	III-9
Gambar 3. 6. Grafik Kecendrungan Emisi GRK Sektor Pertanian Provinsi Bali Tahun 2010-2023.....	III-16
Gambar 3. 7. Kontribusi Emisi Sektor Pertanian Menurut Sumber Emisi Provinsi Bali Tahun 2022 dan 2023	III-18
Gambar 3. 8. Proyeksi Kecendrungan Emisi GRK BAU dan Mitigasi Sektor Kehutanan di Provinsi Bali Tahun 2010-2030	III-22
Gambar 3. 9. Grafik Kecendrungan Emisi GRK Sektor Kehutanan Provinsi Bali Tahun 2010-2023.....	III-24
Gambar 3. 10. Perbandingan persentase emisi gas rumah kaca sektor kehutanan.....	III-25
Gambar 3. 11. Grafik Kecendrungan Emisi GRK Sektor Limbah Provinsi Bali Tahun 2010-2023.....	III-28
Gambar 3. 12. Kontribusi Emisi Sektor Limbah Menurut Sumber Emisi Provinsi Bali Tahun 2022-2023	III-30

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN Sektor Energi.....	VII-7
LAMPIRAN Sektor Pertanian dan Kehutanan	VII-11
LAMPIRAN Sektor Limbah	VII-22

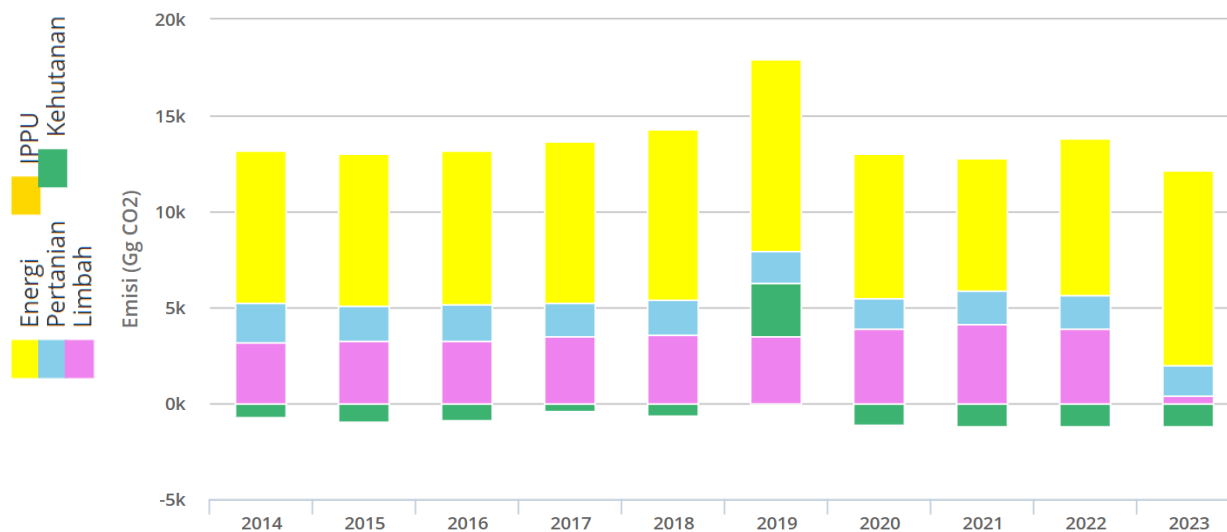
RINGKASAN EKSEKUTIF

Peningkatan penggunaan energi dari bahan bakar fosil untuk berbagai kegiatan manusia terutama untuk kegiatan pembangkit dan transportasi, timbulan limbah padat dan cair, kegiatan pembukaan hutan untuk pembangunan, dan intensifikasi budi daya tanaman serta berbagai proses yang terkait dengan aktivitas peternakan, telah menyebabkan emisi gas rumah kaca (GRK) mengalami peningkatan. Emisi yang dilepaskan sebagian diserap kembali oleh lautan dan daratan, namun demikian kemampuan lautan dan daratan dalam menyerap kembali CO₂ tidak banyak mengalami perubahan. Dengan demikian, terjadinya peningkatan laju emisi menyebabkan konsentrasi CO₂ di atmosfer meningkat. Perubahan iklim global telah mendorong Pemerintah Indonesia berkomitmen untuk berperan aktif dalam upaya mengurangi emisi Gas Rumah Kaca melalui program aksi secara nasional. Inventarisasi GRK yang mencakup status dan kecenderungan GRK di Provinsi Bali akan dipantau secara berkala untuk mengetahui efektivitas upaya mitigasi yang dilakukan.

Berdasarkan perhitungan emisi GRK (CO₂eq) dengan Platform/Aplikasi SIGNSMART diketahui kontribusi emisi GRK Provinsi Bali Tahun 2023 dari berbagai sektor adalah sebagai berikut.

NO.	SEKTOR	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	ENERGI	7.949,12	7.887,85	8.048,72	8.435,91	8.897,74	10.046,35	7.586,31	6.911,40	8.205,87	10.169,94
2	IPPU	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	PERTANIAN	2.014,28	1.853,36	1.875,07	1.774,34	1.809,78	1.660,74	1.612,13	1.744,20	1.770,33	1.599,99
4	KEHUTANAN	-750,30	-976,72	-905,47	-426,49	-633,63	2.730,94	-1.123,71	-1.156,42	-1.153,96	-1.215,12
5	LIMBAH	3.207,74	3.243,75	3.288,96	3.457,95	3.556,20	3.520,69	3.849,91	4.140,84	3.852,40	378,15
	TOTAL	12.420,83	12.008,24	12.307,28	13.241,70	13.630,08	17.958,72	11.924,64	11.640,02	12.674,64	10.932,96

Emisi Sektor ENERGI, IPPU, PERTANIAN, KEHUTANAN, & LIMBAH



Hasil perhitungan inventarisasi GRK Provinsi Bali berdasarkan kalkulasi dengan aplikasi SIGN-SMART menunjukkan tingkat emisi GRK di tahun 2023 adalah sebesar 10.932,96 Gg CO₂eq, di mana sektor energi berkontribusi terbesar terhadap emisi GRK yaitu sebesar 10.169,94 Gg CO₂eq atau sebesar 93,02 % dari total emisi. Kontribusi terbesar kedua setelah sektor energi adalah sektor pertanian yaitu sebesar 1.599,99 Gg CO₂eq atau 14,63 %, dan kemudian diikuti oleh sektor limbah yang berkontribusi sebesar 378,15 Gg CO₂eq atau 3,46 % dari total emisi. Emisi GRK dari sektor pengelolaan limbah menunjukkan tren atau kecenderungan yang terus meningkat dari tahun 2014 -2017, sedangkan tren dari tahun 2019-2022 relatif dinamis dengan kenaikan tertinggi terdapat pada tahun 2021, saat Pandemi COVID-19. Selanjutnya periode 2021-2023 sektor limbah mengalami tren penurunan yang relatif signifikan. Hal ini karena adanya pengelolaan sampah berbasis sumber, dan dibangunnya tempat pengolahan sampah terpadu (TPST), serta pengelolaan air limbah dengan Sistem Pengelolaan Air Limbah Setempat (SPALD-S).

Berbeda dengan sektor pengelolaan limbah, emisi GRK dari sektor pertanian ada kecenderungan terus mengalami penurunan dari tahun ke tahun dan sempat mengalami peningkatan di tahun 2021-2022. Hal ini kemungkinan disebabkan karena banyaknya masyarakat yang beralih mata pencaharian dari sektor jasa (pariwisata) akibat Pandemi COVID-19. Dalam situasi COVID-19 berbagai kegiatan pariwisata yang menjadi tulang punggung perekonomian Bali nyaris lumpuh dan banyak tenaga kerja di PHK sehingga mereka beralih ke sektor pertanian. Sementara itu peningkatan sektor pertanian pada tahun 2022, disebabkan karena pada tahun tersebut merupakan, masa transisi dari Pandemi COVID-19, sehingga belum banyak masyarakat kembali ke sektor jasa pariwisata. Kemudian untuk sektor kehutanan, pada tahun 2023 mampu menyerap emisi GRK sebesar 1.215,12 Gg CO₂eq (11.11%) dan ada kecenderungan jumlah serapan emisi terus meningkat antara tahun 2020 ke tahun 2023.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia telah memperlihatkan komitmen kuat dalam mengatasi perubahan iklim melalui pernyataan resminya pada Konferensi Para Pihak (COP) ke-21 di Paris, Prancis. Dalam kesempatan tersebut, Indonesia menargetkan penurunan emisi sebesar 29% berdasarkan kapasitas nasional (*business as usual scenario*), dan hingga 41% dengan bantuan internasional (skenario ambisius) pada tahun 2030. Komitmen ini dikenal sebagai *Intended Nationally Determined Contribution* (INDC), yang mencerminkan kesungguhan Indonesia untuk berperan aktif dalam mitigasi perubahan iklim global. Sebagai bentuk peningkatan ambisi tersebut, Indonesia menyampaikan *Enhanced NDC* kepada Sekretariat UNFCCC pada 23 September 2022. Dalam *Enhanced NDC* ini, Indonesia menetapkan target penurunan emisi sebesar 31,89% secara mandiri dan 43,20% dengan dukungan teknis internasional. Langkah ini tidak hanya memperkuat komitmen awal, tetapi juga menjadi bagian dari transisi menuju *Second NDC* yang diharmonisasikan dengan *Long Term Low Carbon and Climate Resilience Strategy* (LTS-LCCR) 2050, bertujuan untuk mencapai *Net Zero Emission* pada tahun 2060 atau lebih cepat.

Enhanced NDC ini sebagian besar didukung oleh peningkatan upaya penurunan emisi GRK di sektor kehutanan dan tata guna lahan, dengan penekanan pada tiga pilar utama menuju *Net Sink* 2030: (1) Pengelolaan Hutan Berkelanjutan (*Sustainable Forest Management*), yang mencakup perlindungan, rehabilitasi, dan pemanfaatan hutan secara lestari; (2) Tata Kelola Lingkungan (*Environmental Governance*), yang berfokus pada penegakan hukum, penguatan regulasi, dan peningkatan kapasitas pemangku kepentingan; serta (3) Tata Kelola Karbon (*Carbon Governance*), yang meliputi perencanaan karbon yang komprehensif, pemantauan, dan pelaporan yang transparan.

Di tingkat regional, Provinsi Bali menjadi contoh implementasi komitmen perubahan iklim yang konsisten dengan visi “*NANGUN SAT KERTHI LOKA BALI: Melalui Pola Pembangunan Semesta Berencana Menuju Bali Era Baru.*” Visi ini

sejalan dengan prinsip-prinsip *Sustainable Development Goals* (SDGs), dimana Provinsi Bali telah menyusun kebijakan dan program lintas sektor yang terintegrasi dalam dokumen Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD). Upaya Bali tidak hanya berfokus pada pengurangan emisi, tetapi juga pada peningkatan ketahanan terhadap dampak perubahan iklim, melalui kaji ulang Inventarisasi Gas Rumah Kaca (IGRK). Proses kaji ulang ini dilakukan dengan meninjau kebijakan penurunan emisi GRK pada lima sektor prioritas: (1) sektor AFOLU (Pertanian, Kehutanan, dan Tata Guna Lahan); (2) sektor energi, mencakup pembangkit listrik dan transportasi; serta (3) sektor pengelolaan limbah, yang melibatkan pengelolaan limbah padat dan cair domestik.

Dalam rangka memastikan efektivitas rencana aksi mitigasi, dokumen IGRK Provinsi Bali juga memuat berbagai kegiatan pendukung untuk memperkuat kerangka kebijakan dan regulasi, meningkatkan kapasitas kelembagaan, serta memfasilitasi penelitian ilmiah yang berbasis bukti dan berkelanjutan. Pendekatan ini mempertimbangkan potensi lokal serta mengintegrasikan aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan untuk memastikan keberlanjutan dan inklusi sosial dalam setiap tahap implementasi. Selain itu, Bali mengembangkan skema pembiayaan berkelanjutan melalui kolaborasi dengan sektor swasta dan mitra internasional, guna memastikan ketersediaan dana untuk pelaksanaan program mitigasi yang efektif.

Dengan demikian, strategi mitigasi emisi GRK di Provinsi Bali tidak hanya berlandaskan pada prioritas daerah, tetapi juga mengadopsi prinsip pembangunan berkelanjutan yang mengedepankan keseimbangan antara pembangunan ekonomi, sosial, dan pelestarian lingkungan. Pendekatan holistik ini menunjukkan dedikasi Provinsi Bali untuk menjadi pionir dalam aksi iklim, memperkuat daya saing dan ketahanan wilayah secara global, serta memastikan kesejahteraan masyarakat yang selaras dengan kelestarian ekosistem.

1.2 Maksud dan Tujuan

Penyusunan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (IGRK) dimaksudkan untuk menyediakan informasi pelaksanaan inventarisasi emisi GRK dari sektor energi, pertanian, kehutanan dan limbah di Provinsi Bali. Penyusunan IGRK

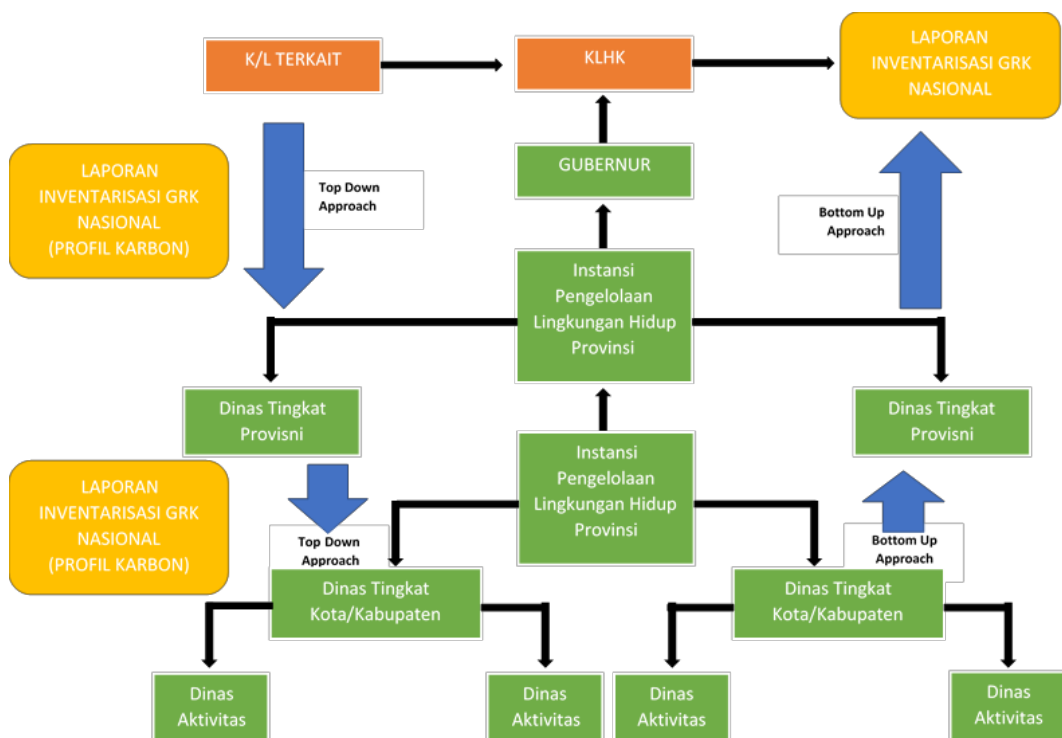
mendesripsikan pengarusutamaan kebijakan dan kegiatan mitigasi perubahan iklim melalui penurunan emisi GRK dan peningkatan kapasitas penyerapan GRK.

Tujuannya adalah untuk :

1. Menyediakan informasi secara berkala mengenai tingkat status dan kecenderungan perubahan emisi dan serapan GRK di tingkat Provinsi Bali
2. Menyediakan informasi pencapaian penurunan emisi GRK dari kegiatan mitigasi perubahan iklim di Provinsi Bali.

1.3 Pengaturan Kelembagaan Dalam Penyelenggaraan Inventarisasi GRK

Pengerjaan Inventarisasi Emisi GRK Provinsi Bali melibatkan *shareholders* lingkungan setempat yang mencakup komponen pemerintah lokal (dinas/instansi tingkat provinsi dan kabupaten/kota), badan usaha milik pemerintah (Pertamina), swasta, masyarakat dan akademisi. Pihak konsultan sebagai penyusun laporan bekerjasama dengan *shareholders*, secara khusus untuk memperoleh data-data aktivitas pendukung perhitungan. Penyusunan laporan inventarisasi GRK menjadi kerja kolektif antara *shareholders* lingkungan setempat dan konsultan dengan masing-masing memiliki proporsi dan tugas berbeda dalam kegiatan ini.



Gambar 1. 1. Struktur Kelembagaan Tim inventarisasi emisi GRK Provinsi Bali

Secara umum, terdapat tiga komponen utama dalam kelembagaan dalam inventarisasi gas rumah kaca Provinsi Bali yaitu : penanggung jawab, pelaksana kegiatan dan sumber data. Penanggung jawab kegiatan adalah Dinas Kehutanan dan Lingkungan Hidup (DKLH) Provinsi Bali , selaku pihak yang mengemban tanggung jawab dalam pelaksanaan bidang lingkungan. *Shareholder* lingkungan setempat memiliki posisi vital sebagai penyedia data aktivitas. Data tersebut merupakan dasar dari estimasi emisi pada metode inventarisasi. Oleh sebab itu, keakuratan dan keterbaruan data akan bergantung pada data yang disediakan oleh *shareholders* terdiri dari pemerintah, swasta, masyarakat dan akademisi.

1.4 Persiapan Inventarisasi GRK

GRK atau *Green House Gas* (GHG) adalah gas gas yang berada di lapisan atmosfer dengan kemampuan untuk menyerap dan mengemisikan radiasi pada rentang cahaya inframerah. Proses ini menjadi mekanisme utama penyebab efek rumah kaca. Gas rumah kaca primer di atmosfer bumi antara lain uap air, karbondioksida (CO₂), metan (CH₄), nitrogen oksida (NO_x) dan ozon (O₃). Gas rumah kaca merupakan fenomena wajar bahkan turut membantu pembentukan kehidupan di bumi. Tanpa GRK, suhu bumi kemungkinan hanya akan mencapai -18°C dan adanya GRK menaikkan suhu tersebut (Wikipedia, 2016). Inventarisasi emisi pada dasarnya merupakan kegiatan identifikasi emisi suatu wilayah yang meliputi pada sumber dan asumsi nilainya. Dasar penentuan beban emisi adalah data aktivitas sumber-sumber emisi. Data aktivitas berasal dari pengumpulan secara langsung atau data primer baik berupa wawancara, kuisioner, pengamatan maupun pendataan. Jalur lebih sederhana adalah melalui dokumen data aktivitas yang disediakan pemerintah, swasta maupun akademis (sekunder). Persiapan dalam penyusunan inventarisasi emisi GRK meliputi hal-hal sebagai berikut.

1. Pengumpulan data. Jenis data yang dikumpulkan dalam penyusunan IGRK ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang dikumpulkan secara langsung dari sumber emisi sedangkan data sekunder diperoleh dari laporan atau publikasi yang telah disediakan atau dikumpulkan oleh instansi terkait di masing-masing sektor. Pada

pelaksanaannya, pemilihan metode sangat tergantung pada alokasi waktu dan sumber daya yang tersedia. Metode pengumpulan data primer akan menuntut waktu, tenaga dan biaya lebih besar, sehingga metode pengumpulan data dilakukan dengan lebih mengutamakan penggunaan data sekunder yang dipublish secara resmi ataupun melalui anggota kelompok kerja (Pokja) sebagai *expert judgement* dari masing-masing instansi/sector.

2. Penentuan sumber emisi yang akan diinventarisasi, Sumber emisi dari masing-masing sector ditentukan dan diprioritaskan berdasarkan pertimbangan karakteristik wilayah, ketersediaan data, dan waktu pelaksanaan.
3. Penentuan parameter yang akan diinventarisasi. Keseluruhan gas emisi memiliki kontribusi terhadap terjadinya efek rumah kaca beserta dampaknya terhadap lingkungan. Perbedaan terletak pada sifat dampaknya, ada yang bersifat secara langsung adapun beberapa gas berdampak secara tidak langsung. Parameter utama dalam inventarisasi secara global adalah karbondioksida (CO₂), metana (CH₄) dan nitrogen dioksida (N₂O). Ketiganya merupakan parameter emisi dengan produksi dan resiko besar pada aktivitas antropogenik.
4. Penyusunan daftar kebutuhan data aktivitas yang akan diinventarisasi dari masing masing sumber emisi.
5. Perhitungan besaran emisi. Penentuan tier perhitungan dan faktor emisi dalam menentukan besaran emisi pada masing-masing sector menggunakan platform yang telah ditetapkan dalam SIGNSMART.
6. Perumusan pemaparan hasil emisi, disesuaikan dengan tujuan awal pelaksanaan inventarisasi emisi.

Tahapan persiapan menjadi dasar bagi perencanaan dan persiapan inventarisasi. Pada konteks satuan kerja, tahapan ini menjadi wahana menyatukan konsep dan pembagian tugas setiap personel. Untuk keberhasilan proses, salah satu komponen utama yang harus dimiliki personel adalah tanggung jawab dan komitmen dalam menjalankan fungsi dalam berbagai keterbatasan yang ada.

BAB II

METODOLOGI DAN SUMBER DATA YANG DIGUNAKAN

Penyusunan Inventarisasi GRK harus memenuhi prinsip-prinsip TACCC, yaitu *Transparency, Accuracy, Comparability, Completeness, dan Consistency*. Pengertian dari kelima prinsip tersebut secara ringkas adalah sebagai berikut:

- *Transparency*. Metodologi, sumber data, asumsi dan referensi dalam penyusunan inventarisasi GRK perlu dicatat dan disampaikan secara transparan.
- *Accuracy*. Kuantifikasi GRK telah dilakukan secara sistematis dan sedapat mungkin merefleksikan tingkat emisi/serapan yang benar-benar terjadi dengan level ketidakpastian (perhitungan GRK) rendah. Kuantifikasi harus memiliki tingkat akurasi tinggi agar mempunyai integritas dan pengguna hasil inventarisasi dapat diyakinkan bahwa informasi sesuai dengan yang terjadi secara aktual.
- *Comparability*. Inventarisasi GRK dapat diperbandingkan dengan inventarisasi GRK daerah/negara lain sehingga disusun menggunakan format dan metodologi yang telah disepakati (IPCC Guideline)
- *Completeness*. Inventarisasi GRK mencakup semua sumber emisi dan/atau serapan GRK yang tercakup dalam IPCC Guideline yang relevan dengan situasi pada wilayah inventarisasi GRK
- *Consistency*. Metodologi yang digunakan konsisten sehingga level emisi/serapan dapat dibandingkan setiap tahunnya. Pelaporan dilakukan dengan data time series, dan jika terdapat perubahan data, boundary, metodologi dan faktor-faktor lain yang relevan, maka perlu secara transparan didokumentasikan.

Untuk menjaga agar prinsip-prinsip di atas terpenuhi maka penyusunan inventarisasi GRK dilakukan dengan menerapkan metodologi yang diadopsi dari 2006 IPCC Guideline, dengan unit dan formula sebagaimana dijelaskan dalam panduan tersebut.

2.1 Tahapan Inventarisasi Emisi GRK

Penyusunan inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) Provinsi Bali terdiri dari beberapa tahapan secara berurut, meliputi:

2.1.1 Rapat Koordinasi

Kegiatan ini dilaksanakan sebelum pengumpulan data aktivitas dengan melakukan mobilisasi dan koordinasi antar *shareholder*, yang terdiri dari anggota POKJA IGRK, tenaga ahli dan dengan staf teknis DKLH Provinsi Bali yang mendukung kegiatan inventarisasi GRK. Tahap ini bertujuan untuk melakukan konsolidasi, koordinasi, identifikasi data aktivitas, dan membangun kesepahaman mengenai data aktivitas yang perlu dikumpulkan termasuk sumber data serta proses pendugaan data manakala data aktivitas yang diminta tidak tersedia.

2.1.2 Tahapan Inventarisasi Emisi GRK

Data yang dikumpulkan adalah data aktivitas, yang memberikan informasi tentang pelaksanaan suatu kegiatan manusia yang melepaskan atau menyerap emisi GRK. Data aktivitas diperoleh dari data sekunder yaitu berupa data statistik yang bersumber dari berbagai instansi terkait dengan IGRK yang ada di Provinsi Bali, seperti dari Biro Pusat Statistik (BPS), Dinas Kehutanan dan Lingkungan Hidup (DKLH), Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan, Statistik Energi dari Dinas Sumber Daya Manusia (SDM), Dinas Perhubungan, Dinas Pekerjaan Umum, Dinas Kesehatan, *Indonesia Power*, PT Pertamina dan dari sejumlah referensi lainnya; disamping juga bersumber dari data primer.

2.1.3 Tahapan Inventarisasi Emisi GRK

Secara sederhana, emisi atau Serapan GRK suatu sumber didapat dengan menggunakan rumus dasar sebagai berikut:

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

Persamaan dasar diatas memformulasikan bahwa emisi GRK diperoleh dari perkalian antara data aktivitas dengan faktor emisi. Yang dimaksud dengan data aktivitas disini adalah kegiatan manusia yang berpotensi menghasilkan emisi atau

menyerap GRK, sedangkan faktor emisi menggambarkan banyaknya GRK yang diemisikan atau diserap dari atmosfer oleh suatu unit data aktivitas. Faktor emisi telah tersedia dalam IPCC Guideline serta Panduan Inventarisasi yang diterbitkan oleh KLHK (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan).

Terkait akurasi, berdasarkan IPCC Guideline tahun 2006, terdapat 3 tingkatan metode untuk melakukan estimasi emisi GRK, dimana semakin tinggi Tier yang digunakan maka akan semakin tinggi pula tingkat keakurasian estimasi, yakni:

- Tier 1: Estimasi berdasarkan data aktivitas yang bersumber dari data global dan faktor emisi default yang tersedia dalam IPCC Guideline.
- Tier 2: Estimasi berdasarkan data aktivitas yang lebih akurat dan faktor emisi lokal atau negara.
- Tier 3: Estimasi berdasarkan metode spesifik negara bersangkutan, data aktivitas yang lebih akurat, serta faktor emisi hasil pemodelan spesifik lokasi.

Penyusunan inventarisasi GRK Provinsi Bali untuk periode tahun 2016-2023 menggunakan Tier 1 dimana faktor emisi yang digunakan adalah default dari 2006 IPCC Guideline dan data aktivitas bersumber dari data statistik dari OPD dan BPS.

Emisi GRK yang dihitung terdiri dari 3 gas utama: CO₂, CH₄, dan N₂O, yang mencakup 3 sektor, yakni Sektor Energi; Pertanian; Kehutanan dan Penggunaan Lahan Lainnya (FOLU); dan Limbah. Nilai emisi dari CO₂ dan N₂O dikonversi menjadi satuan CO₂eq dengan menggunakan nilai Potensi Pemanasan Global (*Global Warming Potential*, GWP) mengikuti Laporan Penilaian Kedua IPCC seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 2.1** di bawah ini.

Tabel 2. 1. Nilai GWP dari GRK

No	Gas	GWP (CO ₂ eq)
1	CO ₂	1
2	Metana (CH ₄)	21
3	Dinitrogen oksida (N ₂ O)	310

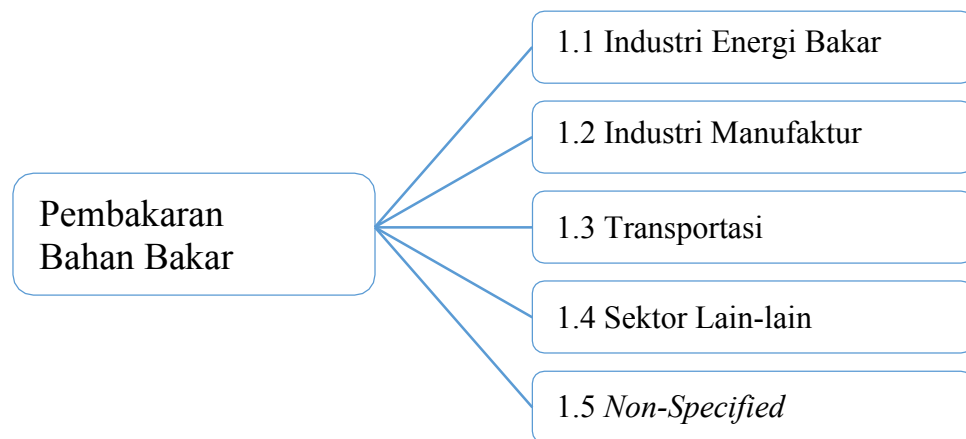
2.2 Sektor Energi

Emisi dari sektor energi akan mencakup gas-gas CO₂, CH₄ dan N₂O yang berasal dari pembakaran bahan bakar dan sisa-sisa (*fugitive*) dari produksi bahan bakar. Hal tersebut dikarenakan kegiatan produksi bahan bakar tidak ada di wilayah Provinsi Bali, maka untuk emisi sektor energi hanya dihitung dari pembakaran bahan bakar.

2.2.1 Sumber Energi

Menurut IPCC Guideline 2006, sumber-sumber emisi GRK sektor energi dihasilkan dua sumber utama, yaitu (a) emisi dari pembakaran bahan bakar dan (b) emisi *fugitive* dari produksi bahan bakar. Kegiatan produksi bahan bakar tidak terjadi di Provinsi Bali, sehingga inventarisasi emisi GRK sektor energi ini hanya mencakup kegiatan pembakaran bahan bakar.

Inventarisasi emisi GRK yang berasal dari kegiatan pembakaran bahan bakar untuk Provinsi Bali mencakup emisi-emisi yang dihasilkan dari industri energi (produsen energi), transportasi, dan sumber lainnya yakni residensial/rumah tangga (**Gambar 4-1**).



Gambar 2. 1. Kategori sumber emisi dari pembakaran bahan bakar

Adapun pada sub kategori industri energi, selain *direct emissions* dari pembangkitan listrik di PLTD Air Raja dan PLTD Sukaberenang, Tanjungpinang juga menggunakan listrik jaringan dari Batam yang berarti terdapat *indirect emissions* dari penggunaan listrik.

2.2.2 Metode untuk Estimasi Emisi dari Industri Energi

Emisi pada pembangkitan listrik termasuk dalam golongan emisi dari pembakaran pada mesin tidak bergerak (*stationary combustion*), dan dihitung menggunakan formula berikut:

$$\text{Emisi GRK} = \text{Data Aktivitas (AD)} \times \text{Jumlah Bahan Bakar} \times \text{Faktor Emisi (EF)}$$

IPCC Guideline 2006 telah menyediakan nilai EF serta nilai kalori beberapa jenis bahan bakar termasuk yang digunakan juga di Indonesia, diantaranya:

Tabel 2. 2. Faktor Emisi Default IPCC 2006 untuk Stationary Combustion di Pembangkitan Listrik

1A1 Energy Industries						
Jenis bahan bakar		Net Calorific Value		Emission Factor (kg gas/TJ)		
Indonesia	2006 IPCC Guidelines	Unit	TJ/unit	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
MFO	Gas/Diesel Oil	Kilo Liter	0.03838	74.100	1	0,6
HSD	Gas/Diesel Oil	Kilo Liter	0.03741	74.100	1	0,6
IDO	Gas/Diesel Oil	Kilo Liter	0.03741	74.100	1	0,6
Natural Gas	Natural Gas	MMBTU	0.00105	56.100	0,3	0,1
Natural Gas (MMSCF)	Natural Gas	MMSCF	1.055	56.100	0,3	0,1

2.2.3 Metode untuk Estimasi Emisi dari Transportasi

Emisi dari transportasi termasuk dalam golongan emisi dari pembakaran pada mesin bergerak (*mobile combustion*). Formula dasar yang digunakan untuk menghitung emisi dari golongan ini sama dengan formula untuk menghitung emisi dari sumber tidak bergerak, dengan faktor emisi yang sedikit berbeda pada beberapa jenis bahan bakar (**Tabel 2.3**).

Tabel 2. 3. Faktor Emisi Default IPCC 2006 untuk Mobile Combustion di Transportasi

1A3 Transport						
Jenis bahan bakar		Net Calorific Value		Emission Factor (kg gas/TJ)		
Indonesia	2006 IPCC Guidelines	Unit	TJ/unit	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Minyak Diesel	Gas/Diesel Oil	Kilo Liter	0.03741	74.100	1	N2O
Premium	Motor Gasoline	Kilo Liter	0.032782	69.300	1	0,6
Pertamax	Motor Gasoline	Kilo Liter	0.032782	69.300	1	0,6
Pertamax Plus	Motor Gasoline	Kilo Liter	0.032782	69.300	1	0,6
Biodiesel	Biodiesels	Kilo Liter	0.0333	70.800	1	0,6
Bioetanol	Biogasoline	Kilo Liter	0.0333	70.800	1	0,6
Avgas	Aviator Gasoline	Kilo Liter	0.0330404	70.000	1	0,6
Avtur	Jet Gasoline	Kilo Liter	0.035	70.000	1	0,6
LPG	Liquefied Petroleum Gasses	Ton	0.0473	63.100	0,3	0,1
Vigas	Liquefied Petroleum Gasses	Ton	0.0473	63.100	0,3	0,1
BBG/CNG	Natural Gas	Mcal	0.0041868	56.100	0,3	0,1

2.2.4 Metode untuk Estimasi Emisi dari Sektor Lain-lain

Sub-kategori sektor lain-lain yang ada di Tanjungpinang adalah penggunaan energi di fasilitas komersial dan residensial. Apabila data yang ada tidak memungkinkan untuk memisahkan antara konsumsi bahan bakar di kedua tipe fasilitas tersebut, maka kategori fasilitas yang digunakan adalah kategori fasilitas dimana penggunaan bahan bakar tersebut dominan.

Emisi dari sub-kategori ini juga termasuk dalam golongan emisi dari pembakaran pada mesin tidak bergerak, dan formula untuk mengestimasi emisinya sama dengan yang digunakan pada sub-kategori industri energi namun dengan nilai default yang mungkin sedikit berbeda di beberapa jenis bahan bakar (**Tabel 2.4**).

Tabel 2. 4. Faktor Emisi Default IPCC 2006 untuk Stationary Combustion di Other Sektor

1A4 Other Sektor						
Jenis bahan bakar (kg gas/TJ)		Net Calorific Value		Emission Factor		
Indonesia	2006 IPCC Guidelines	Unit	TJ/unit	CO ₂	CH ₄	N ₂ O

1A4 Other Sektor						
Jenis bahan bakar (kg gas/TJ)			Net Calorific Value		Emission Factor	
Minyak Diesel	Gas/Diesel Oil	Kilo Liter	0.03741	74.100	1	0,6
Natural Gas	Natural Gas	MMBT U	0.00105	56.100	0,3	0,1
Natural Gas (MMSCF)	Natural Gas	MMSC F	1.055	56.100	0,3	0,1
Minyak Tanah	Other Kerosene	Kilo Liter	0.0355	71.900	1	0,6
LPG	Liquefied Petroleum Gasses	Ton	0.0473	63.100	0,3	0,1

2.2.5 Metode untuk Estimasi Emisi Tidak Langsung dari Penggunaan Listrik

Greenhouse Gas Protocol mengklasifikasikan emisi GRK yang dihasilkan secara tidak langsung (*indirect*) oleh aktivitas penggunaan energi pada kegiatan yang berada pada lokasi yang merupakan cakupan inventarisasi (*boundary*). Sebagai contoh, konsumsi listrik di rumah tangga pelanggan PLN di Tanjungpinang tidak menghasilkan emisi langsung di rumah tangga tersebut, namun konsumsi tersebut turut mengakibatkan emisi GRK di pembangkit PLN di Batam. Emisi dari penggunaan listrik ini dihitung dengan formula berikut:

$$\text{Emisi GRK} = \text{Konsumsi Listrik pengguna} \times \text{Faktor Emisi (EF) Jaringan Listrik}$$

Adapun faktor emisi jaringan interkoneksi Pulau Bali akan menggunakan faktor emisi yang telah ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Kelistrikan ESDM dan diinformasikan kepada Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan melalui surat No. 157/29/DJL.4/2016 tanggal 18 Januari 2016 mengenai Penyampaian Perhitungan Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan.

2.3 Sektor Pertanian, Kehutanan dan Penggunaan Lahan (*Agriculture, Forestry and Other Land Use*)

Sektor ini juga dikenal sebagai sektor berbasis lahan, karena emisi atau serapan GRK dari sektor ini dihasilkan dari kegiatan di sektor Pertanian, Kehutanan dan Penggunaan Lahan Lainnya pada suatu ekosistem lahan. Khusus untuk

emisi/serapan GRK dari kehutanan dan penggunaan lahan lainnya, dihitung dari perubahan simpanan karbon untuk setiap tampungan karbon. Oleh karena itu, emisi dari sektor lahan dapat dibedakan kedalam 3 sub-sektor, yaitu peternakan, pertanian, dan kehutanan serta penggunaan lahan lain.

2.3.1 Peternakan

2.3.1.1 Sumber Emisi

Sumber emisi GRK dari sektor peternakan dihitung dari emisi metan CH₄ yang berasal dari fermentasi enterik ternak dan kotoran ternak; dan emisi dinitro oksida N₂O yang dihasilkan dari pengelolaan kotoran ternak. Pendugaan emisi dari kedua sub-kategori dilakukan berdasarkan metode Tier 1 menggunakan data aktivitas populasi ternak.

2.3.1.2 Metode untuk Estimasi Emisi Fermentasi Enterik

Metan dihasilkan oleh hewan memamah biak (herbivora) sebagai hasil samping dari fermentasi enterik, suatu proses dimana karbohidrat dipecah menjadi molekul sederhana oleh mikroorganisme untuk diserap ke dalam aliran darah. Ternak ruminansia (misalnya; sapi, domba, dan lain-lain) menghasilkan metan lebih tinggi daripada ternak non ruminansia (misalnya; babi, kuda).

Jenis ternak yang menghasilkan gas metan adalah sapi pedaging, sapi perah, kerbau, domba, kambing, babi, ayam negeri (ras) dan kampung (buras), ayam petelur dan bebek. Emisi metan dari fermentasi enterik dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$CH_4^{enterik} = EF_{(T)} \times N_{(T)} \times 10^6$$

dimana:

- $CH_4^{enterik}$ = Emisi metan dari fermentasi enterik, Gg CH₄ yr⁻¹
- $EF_{(T)}$ = Faktor emisi untuk populasi jenis ternak tertentu, kg CH₄ head⁻¹ yr⁻¹
- $N_{(T)}$ = Jumlah populasi jenis/kategori ternak tertentu, Animal Unit
- T = Jenis/kategori ternak

2.3.1.3 Metode untuk Estimasi Emisi Metan dari Kotoran Ternak

Estimasi emisi metan dari kotoran ternak dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$CH_4^{manur} = \sum_T \frac{(EF_{(T)} \times N_{(T)})}{10^6}$$

dimana:

- CH_4^{manur} = Emisi metan dari pengelolaan limbah ternak, Gg $CH_4 yr^{-1}$
 $EF_{(T)}$ = Faktor emisi untuk populasi jenis ternak tertentu, kg $CH_4 head^{-1} yr^{-1}$
 $N_{(T)}$ = Jumlah populasi jenis/kategori ternak tertentu, Animal Unit
 T = Jenis/kategori ternak

2.3.1.4 Metode untuk Estimasi Emisi N_2O dari Pengelolaan Limbah Ternak

Kotoran ternak terdiri dari limbah padat (tinja) dan urin ternak. Emisi gas N_2O dari limbah ternak dapat terbentuk secara langsung (*direct*) dan tidak langsung (*indirect*) pada saat penyimpanan dan pengolahan limbah sebelum diaplikasikan ke lahan. Emisi langsung N_2O terjadi melalui proses nitrifikasi dan denitrifikasi nitrogen yang terkandung di dalam limbah ternak, sedangkan emisi tidak langsung N_2O dihasilkan dari penguapan nitrogen yang umum terjadi dalam bentuk amonia dan NO_x . Jumlah emisi N_2O ditentukan oleh jumlah kandungan nitrogen dan karbon pada limbah.

2.3.1.5 Emisi N_2O Langsung

Perhitungan emisi langsung N_2O dari pengelolaan limbah ternak dilakukan dengan persamaan berikut:

$$N_2O_{D(mm)} = \left[\sum_S \left[\sum_T N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{T,S} \right] \times EF_{3(S)} \right] \times \frac{44}{28}$$

dimana:

- $N_2O_{D(mm)}$ = Emisi langsung N_2O dari pengelolaan limbah ternak, kg $N_2O yr^{-1}$
 $N_{(T)}$ = Jumlah populasi jenis/kategori ternak tertentu, jumlah ternak
 $Nex_{(T)}$ = Rata-rata tahunan ekskresi N per ekor jenis/kategori ternak, kg N ternak $^{-1} yr^{-1}$
 $MS_{(T,S)}$ = Fraksi dari total ekskresi nitrogen tahunan dari jenis ternak tertentu yang dikelola pada sistem pengelolaan limbah ternak
 $EF_{3(T)}$ = Faktor emisi langsung N_2O dari sistem pengelolaan limbah tertentu S, kg $N_2O-N/kg N$
 $S_{3(T)}$ = Sistem pengelolaan limbah
 T = Jenis/kategori ternak
 $44/28$ = Konversi emisi (N_2O)-N(mm) ke dalam bentuk $N_2O(mm)$

$$Nex_{(T)} = Nex_{(T)} \times \frac{TAM}{1000} \times 365$$

dimana:

- CH_4_{manur} = Eksresi N tahunan untuk jenis ternak T, kg N/ekor/tahun
- $N_{rate(T)}$ = nilai default laju eksresi N, kg N/1000 kg berat ternak/hari TAM
- $hari TAM$ = berat ternak untuk jenis ternak T, kg/ekor

2.3.1.6 Emisi N₂O Tidak Langsung

Emisi tidak langsung N₂O dari penguapan N dalam bentuk amonia (NH₃) dan NO_x dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$N_2O_{D(mm)} = (N_{volatisation-MMS} \times EF_4) \times \frac{44}{28}$$

dimana:

- $N_2O_{G(mm)}$ = Emisi tidak langsung N₂O akibat dari penguapan N dari pengelolaan limbah ternak, kg N₂O yr⁻¹
- $N_{volatisation-MMS}$ = jumlah limbah ternak yang hilang akibat volatilisasi NH₃ dan NO_x, kg N per tahun.
- $hari TAM$ = Faktor emisi N₂O dari deposisi atmosferic nitrogen di tanah dan permukaan air; kg N₂O-N (kg NH₃-N + NO_x-N tervolatiasi)-1; default value IPCC adalah 0.01 kg N₂O-N (kg NH₃-N + NO_x-N tervolatiasi)-1

$$N_{volatisation-MMS} = \sum_S \left[\sum_T \left[(N_T \times Nex_{(T)} \times MS_{T,S}) \times \left(\frac{Frac_{GasMS}}{100} \right)_{T,S} \right] \right]$$

$$N_{volatisation-MMS} = \sum_S \left(NE_{mms} \times \left(\frac{Frac_{GasMS}}{100} \right) \right)$$

dimana:

- $N_{(T)}$ = populasi jenis/kategori ternak tertentu, ekor
- $Nex_{(T)}$ = rata-rata tahunan N yang dieksresikan per jenis/kategori ternak tertentu, Kg N/ternak/tahun
- $MS_{T,S}$ = Fraksi N yang dieksresikan untuk setiap jenis.kategori ternak berdasarkan jenis pengelolaan limbah ternak,
- $Frac_{GasMS}$ = persen limbah N yang tervolatiasi untuk jenis ternak tertentu yang tervolatiasi menjadi NH₃ dan NO_x pada system pengelolaan limbah ternak S, kg N₂O-N/kg N pada sistim pengelolaan limbah ternak S

2.3.2 Pertanian

2.3.2.1 Sumber Emisi

Berdasarkan 2006 IPCC *Guideline* emisi dari sektor ini mencakup (a) emisi non-CO₂ dari pembakaran biomassa, (b) emisi CO₂ dari penggunaan kapur pertanian, (c) emisi CO₂ dari aplikasi pupuk urea, (d) emisi N₂O dari penggunaan pupuk N pada tanah dikelola baik langsung maupun tidak langsung, dan (e) emisi

CH₄ dari budidaya padi sawah. Dibawah ini disajikan metode perhitungan emisi dari sub-kategori sektor pertanian yang kegiatannya ada, yaitu emisi CO₂ dari penggunaan pupuk urea; emisi N₂O langsung dari tanah dikelola; dan emisi N₂O tidak langsung dari tanah dikelola, sedangkan emisi sektor pertanian lainnya tidak dapat diduga karena Provinsi Bali tidak punya lahan sawah, oleh karena itu emisi metan dari sawah dan emisi non-CO₂ dari pembakaran sisa pertanian budidaya padi sawah tidak diduga. Hal yang sama untuk emisi CO₂ dari penggunaan kapur pertanian juga tidak dapat diduga karena data penggunaan kapur belum tersedia.

2.3.2.2 Metode untuk Estimasi Emisi CO₂ dari Penggunaan Pupuk Urea

Emisi CO₂ dari penggunaan pupuk Urea dihitung dengan persamaan berikut.

$$CO_2 - Emisi = (M_{Urea} - EF_{Urea})$$

dimana:

- $CO_2 - Emission$ = Emisi C tahunan dari aplikasi Urea, ton CO₂ per tahun
- M_{Urea} = jumlah pupuk Urea yang diaplikasikan, ton per tahun
- EF_{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 CO(NH₂)₂).

2.3.2.3 Metode untuk Estimasi Emisi N₂O 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 (N₂O). 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.

Emisi dari N₂O 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 NH₃ dan NO_x dari tanah yang dikelola dan dari pembakaran bahan bakar fosil serta biomassa, yang kemudian gas-gas ini berserta produknya NH₄⁺ dan NO₃⁻ diendapkan

kembali ke tanah dan air; dan (ii) pencucian dan *run-off* dari N terutama sebagai NO₃- dari tanah yang dikelola.

2.3.3 Kehutanan dan Penggunaan Lahan Lainnya

2.3.3.1 Sumber Emisi dan Serapan

Kehutanan dan Penggunaan Lahan Lainnya, merupakan salah satu sektor penting yang perlu dipertimbangkan dalam penyusunan Inventarisasi GRK. Sektor ini memainkan peran penting dalam siklus karbon, karena sebagian besar dari pertukaran karbon antara atmosfer dan biosfer darat terjadi di hutan. Status dan pengelolaan hutan akan menentukan apakah biosfer darat merupakan rosot atau sumber dari karbon.

Tabel 2. 5. Kategori Sumber Emisi, Serapan dan Jenis Gas dalam Inventarisasi GRK untuk Kehutanan dan Penggunaan Lahan Lainnya

Kategori Sumber dan Rosot GRK	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO
A. Lahan Hutan (FL)					
A.1. FL tetap FL	√	NO	NO	NO	NO
A.2. Lahan dikonversi ke FL	√	NO	NO	NO	NO
B. Lahan Pertanian (CL)					
B.1. CL tetap CL	√	NO	NO	NO	NO
A.2. Lahan dikonversi ke CL	√	NO	NO	NO	NO
C. Padang Rumput (GL)					
C.1. GL tetap GL	NO	NO	NO	NO	NO
A.2. Lahan dikonversi ke GL	√	NO	NO	NO	NO
D. Lahan Basah (WL)					
D.1. WL tetap WL	√	NO	NO	NO	NO
D.2. Lahan dikonversi ke WL	√	NE	NO	NO	NO
E. Pemukiman (ST)					
E.1. ST tetap ST	√	NO	NO	NO	NO
E.2. Lahan dikonversi ke ST	√	NO	NO	NO	NO
F. Lahan Lainnya (OL)					
F.1. OL tetap OL	√	NO	NO	NO	NO
F.2. Lahan dikonversi ke OL	√	NO	NO	NO	NO
G. Lainnya					
Produk Kayu Panen	NE	NO	NO	NO	NO
Pembakaran Biomassa	√	√	√	NO	NO
Pengapuran	NE	NO	NE	NO	NO

NO (not occurring), NE (not estimated), IE (including elsewhere)

Metodologi yang digunakan untuk menghitung emisi GRK dari sektor kehutanan dan penggunaan lahan lain diuraikan pada sub-bab di bawah ini.

Emisi/serapan GRK dari sektor ini untuk suatu kurun waktu tertentu diduga dari perubahan biomassa yang terjadi pada 6 kategori penggunaan lahan, yaitu lahan hutan, lahan pertanian, rumput/*savanna*, lahan basah, pemukiman, dan penggunaan lahan lainnya dengan mempertimbangkan semua tampungan karbon. Oleh karena itu, perhitungan emisi/serapan memerlukan data aktivitas dan faktor emisi untuk kategori-kategori penggunaan lahan, dan tampungan karbon. Untuk penyusunan inventarisasi GRK ini, faktor emisi dan serapan dikumpulkan dari berbagai penelitian yang dilakukan di Indonesia, sedangkan data aktivitas luas perubahan penggunaan lahan dapat menggunakan data statistik kehutanan atau peta tutupan penggunaan lahan minimal 2 periode tahun.

2.3.3.2 Metode untuk Estimasi Emisi CO₂ pada Kategori Lahan Hutan

Lahan Hutan Tetap Lahan Hutan pada IPCC 2006 sumber dan serapan pada kategori ini berasal dari 3 perubahan simpanan karbon, yaitu:

- Serapan karbon yang terjadi di Lahan Hutan sebagai akibat dari pertumbuhan biomassa (3B1aBiomass1)
- Kehilangan karbon akibat pemanenan kayu (3B1aBiomass2), pengambilan kayu bakar (3B1aBiomass3), dan gangguan lainnya (3B1aBiomass4)
- Kehilangan karbon dari tanah organik yang didrainase (3B1aSoil1).

Lahan Dikonversi ke Lahan Hutan. IPCC 2006 memformulasi perubahan simpanan karbon pada sub-kategori ke dalam peningkatan simpanan karbon tahunan dalam biomassa (termasuk pertumbuhan biomassa di atas dan di bawah tanah (3B1bBiomass), hilangnya karbon dari pemanenan kayu (3B1bBiomass), kehilangan karbon akibat pengambilan kayu bakar (3B1bBiomass), hilangnya karbon dari gangguan lain (3B1bBiomass), perubahan simpanan karbon dalam bahan organik mati (kayu mati dan serasah) akibat konversi lahan (3B1DOM1), kehilangan karbon dari tanah mineral (3B1bSOM1) dan kehilangan karbon tanah organik yang di-drain (3B1bSOM2).

2.3.3.3 Metode untuk Estimasi Emisi CO₂ pada Kategori Lahan Pertanian

Emisi dan Serapan pada sub-kategori Lahan Pertanian tetap Lahan Pertanian pada IPCC 2006 terdiri dari pertumbuhan biomassa (3B2aBiomaaa1), perubahan karbon tahunan di tanah mineral (3B2aSOM1) dan tanah organik dikeringkan (3B2aSOM2). Sub kategori untuk lahan pertanian adalah tanaman perkebunan yaitu kelapa sawit/karet, sedangkan sawah dan lahan pertanian lainnya dikelompokkan sebagai tanaman tidak berkayu, sehingga emisinya tidak diperkirakan. Khusus untuk sawah, emisi metana diperkirakan di Sektor Pertanian.

2.3.3.4 Metode untuk Estimasi Emisi CO₂ pada Kategori Rumput/Savana

Rumput/*Savana* Tetap Rumput/*Savana*, IPCC 2006 menghitung emisi kategori ini dari perubahan tahunan simpanan karbon di tanah mineral (3B3aSOM1) dan tanah organik yang dikeringkan (3B3aSOM2). Emisi kategori ini tidak dihitung pada Tier 1. Sementara, untuk emisi yang terjadi pada Lahan Dikonversi ke Rumput/*Savana* IPCC 2006 diduga dari perubahan tahunan simpanan karbon dalam biomassa (3B3bBiomass1), perubahan tahunan simpanan karbon dalam bahan organik mati akibat konversi lahan (3B3bDOM1), perubahan tahunan simpanan karbon di tanah mineral (3B3bSOM1) dan tanah organik dikeringkan (3B3bSOM2). Data aktivitas dari luas Lahan dikonversi ke Rumput/*Savana* didasarkan pada Peta Tutupan lahan.

2.3.3.5 Metode untuk Estimasi Emisi CO₂ pada Kategori Lahan Basah

Emisi dari Lahan Basah tetap Lahan Basah terdiri dari emisi CO₂-C dari lahan gambut yang dikelola (3B4aiPeatland1-3), dan emisi N₂O dari lahan gambut selama ekstraksi gambut (3B4aiPeatland1), sedangkan emisi dari Lahan dikonversi ke Lahan Basah berasal dari emisi N₂O dari konversi lahan untuk ekstraksi gambut (3B4biPeatland1) dan emisi CO₂-C dari lahan yang dikonversi ke lahan basah (3B4biFlooded1).

2.3.3.6 Metode untuk Estimasi Emisi CO₂ pada Kategori Pemukiman

Pemukiman Tetap Pemukiman. IPCC 2006 memperkirakan emisi dari Pemukiman Tetap dari perubahan tahunan simpanan karbon dari tanah organik (3B5aSOM1). Untuk memperkirakan kehilangan karbon dari tanah organik yang dibudidayakan memerlukan luas tanah organik yang dibudidayakan dan faktor emisi menurut tipe iklim.

Emisi dari Lahan dikonversi ke Pemukiman berasal dari perubahan tahunan simpanan karbon dalam biomassa (3B5bBiomass), perubahan tahunan simpanan karbon dalam bahan organik mati akibat konversi lahan (3B5bDOM1), perubahan tahunan simpanan karbon di tanah mineral (3B5bSOM1) dan tanah organik yang dikeringkan (3B5bSOM2).

2.3.3.7 Metode untuk Estimasi Emisi CO₂ pada Kategori Pemukiman

Menurut IPCC 2006 emisi dari Penggunaan Lain hanya diperkirakan dari Lahan dikonversi ke Penggunaan Lain, yaitu dari perubahan tahunan simpanan karbon dalam biomassa dan perubahan tahunan simpanan karbon di tanah mineral dan gambut.

2.4 Limbah

2.4.1 Sumber Emisi

Sumber emisi GRK dari sektor limbah adalah emisi limbah padat di TPA, pembakaran terbuka limbah padat, pengomposan, pembakaran sampah pengolahan air limbah domestik, dan pengolahan air limbah industri. Meskipun, ada juga beberapa kegiatan, seperti insinerasi limbah klinis, diidentifikasi sebagai sumber emisi tetapi sumber-sumber tersebut tidak dimasukkan dalam Inventarisasi Emisi GRK ini karena jumlah kecil atau data belum tersedia.

Penghitungan emisi GRK sektor limbah dilakukan menggunakan *spreadsheet*, khusus untuk estimasi emisi penimbunan limbah padat di TPA, menggunakan IPCC *waste model software* dari IPCC 2006.

2.4.2 Metode untuk Estimasi Emisi di TPA

Pembuangan dan penimbunan limbah padat di landfill merupakan salah satu sumber utama emisi GRK sektor limbah. Tempat pembuangan akhir (TPA) limbah padat, yang dalam IPCC 2006 *Guideline* disebut sebagai *solid waste disposal site* (SWDS), mencakup TPA (*landfill*) untuk limbah padat domestik (sampah), limbah padat industri, limbah *sludge*/lumpur industri, dan lain-lain.

Tipe TPA dibedakan menjadi:

- *Managed SWDS*, yaitu TPA yang dikelola/controlled landfill/sanitary landfill;

- *Un-managed SWDS*, yaitu TPA yang tidak dikelola atau open dumping;
- *Un-categorized SWDS*, yaitu TPA yang tidak dapat dikategorikan sebagai *managed* maupun *un-managed SWDS* karena termasuk pada kualifikasi di antara keduanya.

Limbah padat yang umumnya dibuang di TPA antara lain:

- Limbah padat domestik (sampah) atau *municipal solid waste (MSW)*
- Limbah padat industri (bahan berbahaya dan beracun/B3 maupun non-B3), yang umumnya dibuang pada *controlled landfill (managed SWDS)* yang tersendiri/terpisah dengan *landfill* sampah kota.
- Limbah padat lainnya (*other waste*), yaitu *clinical waste* (limbah padat rumah sakit, laboratorium uji kesehatan), limbah konstruksi dan bongkaran bangunan, dan lain- lain.
- *Agricultural waste* (tidak dikelompokkan dalam sektor limbah namun dibahas di sektor lahan/AFOLU).

Dalam IPCC 2006 *Guidelines* sampah padat yang ditimbun di TPA dikelompokkan menjadi beberapa tipe atau jenis, yaitu: sampah sisa makanan, kebun/taman/ pekarangan, kertas/karton, kayu/jerami, tekstil, *nappies*, *sewage sludge* dan limbah padat industri

Metoda *First Order Decay* (FOD) adalah metoda yang digunakan di IPCC 2006 untuk memperkirakan pembentukan CH₄ di TPA. Metoda ini menggunakan asumsi bahwa pembentukan CH₄ mengikuti reaksi orde satu. Potensi pembentukan gas metana pada akhir tahun dapat dihitung dengan memperhitungkan tidak hanya sampah yang ditimbun pada tahun berjalan tetapi juga akumulasi sampah dari tahun-tahun sebelumnya. Kalkulasi emisi CH₄ ini dihitung dengan menggunakan IPCC *waste model*.

2.4.3 Metode untuk Estimasi Emisi dari Pengolahan Biologi Limbah Padat

Sumber emisi GRK dari pengolahan limbah padat secara biologi mencakup mencakup pengomposan dan *anaerobic digester*. Limbah padat yang dapat diolah secara biologi adalah limbah organik seperti limbah makanan, kebun/taman, *sludge*/lumpur. Pengolahan biologi limbah padat mempunyai beberapa keuntungan, antara lain: mengurangi volume material limbah, menghasilkan produk pupuk,

menghancurkan bakteri patogen dalam material limbah, dan memproduksi biogas untuk penggunaan energi. Penghitungan emisi CH₄ dan N₂O dari sistem pengolahan secara biologi sampah padat menggunakan persamaan berikut:

$$CO_2Emissions = \sum_i (M_i \times EF_i) \times 10^{-3} - R$$

dimana:

- CH_{4i} = tipe pengolahan biologi (pengomposan atau digester anaerobik)
- M_i = massa limbah organik yang diolah dengan pengolah biologi tipe i , Ggram
- EF_i = faktor emisi untuk pengolahan tipe i , g CH₄ atau N₂O/kg limbah yang
- R = jumlah CH₄ yang dapat direcovery dalam tahun inventori, Ggram

2.4.4 Metode untuk Estimasi Emisi dari Pembakaran Terbuka (*Open Burning*) Limbah Padat

Pengolahan limbah padat secara termal dapat dilakukan melalui proses insinerasi dan *open burning* (pembakaran terbuka). Proses insinerasi adalah pembakaran limbah dalam sebuah insinerator yang terkendali dalam hal temperatur, proses pembakaran maupun emisi. Berbeda halnya dengan *open burning* yang dilakukan secara terbuka yang menghasilkan emisi relatif tinggi dibandingkan insinerasi. Pada kedua proses ini umumnya limbah padat terproses dengan sisa sedikit residu.

Metode yang digunakan dalam penghitungan emisi CO₂ dari pengelolaan limbah dengan proses insinerasi dan *open burning* adalah berdasarkan pada perkiraan kandungan karbon fosil dalam limbah yang dibakar, dikalikan dengan faktor oksidasi, dan mengkonversi produk (jumlah karbon fosil yang dioksidasi) ke CO₂.

$$CO_2Emissions = \sum_i (SW_i \times dm_i \times CF_i \times FCF_i \times OF_i) \times \frac{44}{12}$$

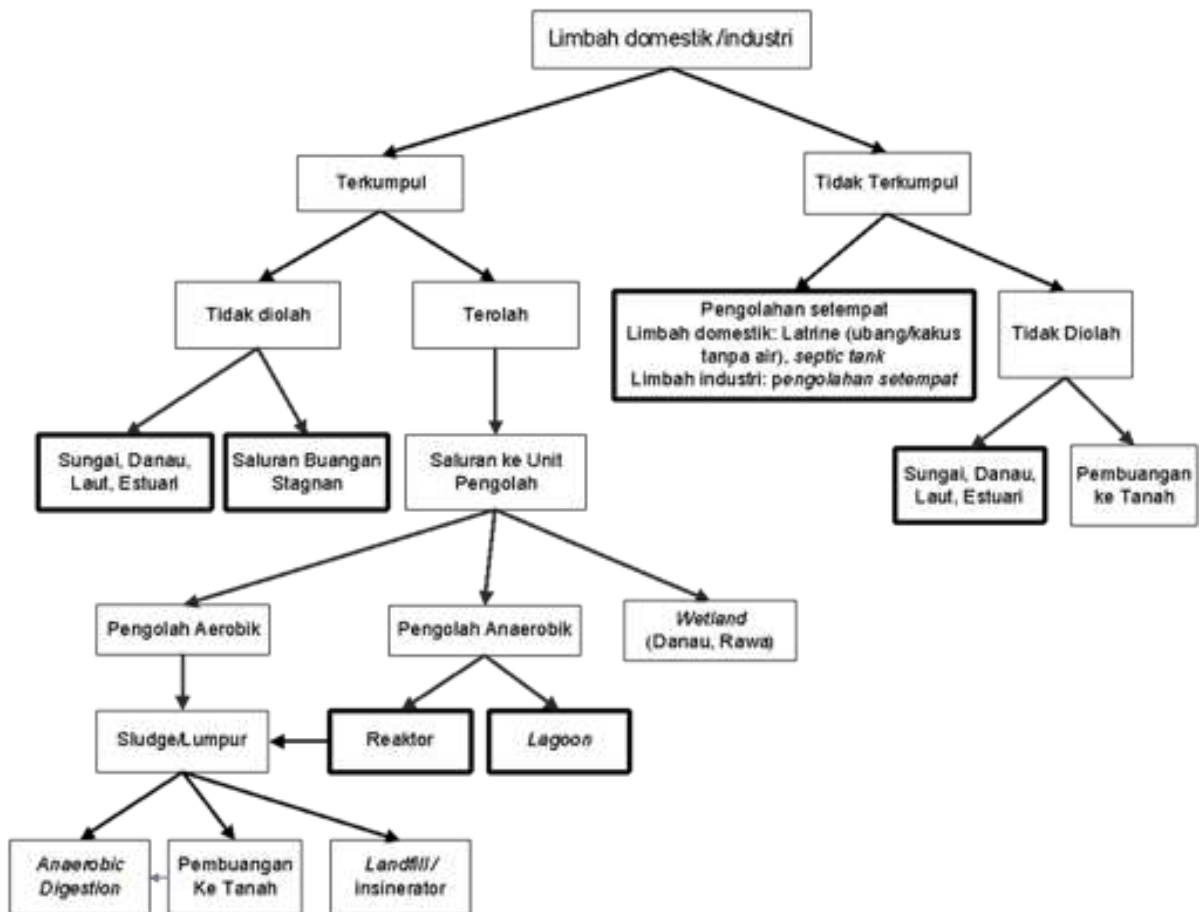
dimana:

- $Emisi\ CO_2$ = tingkat emisi CO₂, Ggram

SW_i	=	masa (basah) limbah padat yang dibakar, Ggram
dm_i	=	fraksi dry matter di dalam limbah (basis berat basah)
CF_i	=	fraksi karbon di dalam dry matter (kandungan karbon total)
FCF_i	=	fraksi karbon fosil di dalam karbon total
OF_i	=	faktor oksidasi
44/12	=	faktor konversi masa dari C menjadi CO_2

2.4.5 Metode untuk Estimasi Emisi dari Pengelolaan Limbah Cair Domestik

Limbah cair yang dimaksud pada IPCC 2006 *Guidelines* ini mencakup limbah domestik dan limbah industri yang diolah setempat (*uncollected*) atau dialirkan menuju pusat pengolahan limbah cair (*collected*) atau dibuang tanpa pengolahan melalui saluran pembuangan dan menuju ke sungai sebagaimana disampaikan secara skematik pada Gambar 3.2. Nampak bahwa *collected untreated waste water* juga merupakan sumber emisi GRK, yaitu sungai, danau, dan laut. Bagian pada *collected treated waste water*, sumber emisi GRK berasal dari reaktor dan laguna anaerobik. Secara rinci bentuk pengelolaan dan pembuangan limbah cair dan potensi emisi GRK dapat dilihat pada **Tabel 2.6**.



Gambar 2. 2. Skema Aliran Pengolahan dan Pembuangan Limbah Cair

Pada pengolahan aerobik tidak dihasilkan emisi GRK namun dihasilkan lumpur/sludge yang perlu diolah melalui *anaerobic digestion*, *land disposal* maupun insinerasi. Limbah cair yang tidak dikumpulkan namun diolah setempat, seperti *laterin* dan *septic tank* untuk limbah cair domestik dan IPAL limbah cair industri, juga merupakan sumber emisi GRK yang tercakup dalam inventarisasi.

Tabel 2. 6. Pengelolaan dan Pembuangan Limbah Cair dan Potensi Emisi GRK

Tipe Pengolahan dan Pembuangan		Potensi Emisi GRK (CH ₄ dan H ₂ O)
Tanpa Perlakuan	Aliran sungai	Kekurangan oksigen pada sungai/danau menyebabkan dekomposisi secara anaerobik yang menghasilkan CH ₄
	Saluran tertutup bawah	Tidak menghasilkan CH ₄ dan H ₂ O

Tipe Pengolahan dan Pembuangan		Potensi Emisi GRK (CH ₄ dan H ₂ O)		
Dikumpulkan	Perlakuan Aerobik	Saluran pembuangan (terbuka)	Kelebihan limbah pada saluran terbuka merupakan sumber CH ₄	
		Fasilitas pengolahan limbah cair terpusat secara aerobik	CH ₄ dalam jumlah tertentu dari lapisan anaerobik Sistem aerobik yang buruk dapat menghasilkan CH ₄ Pabrik dengan pemisahan nutrisi (nitrifikasi dan denitrifikasi) menghasilkan N ₂ O dalam jumlah sedikit	
		Pengelolaan lumpur anaerobik pada pengelolaan limbah cair terpusat secara aerobik	Kemungkinan lumpur merupakan sumber CH ₄ dan jika CH ₄ yang dihasilkan tidak dikumpulkan dan dibakar (<i>flared</i>)	
		Kolam dangkal Secara Aerobik	Tidak menghasilkan CH ₄ dan N ₂ O Sistem aerobik yang buruk dapat menghasilkan CH ₄	
	Tidak dikumpulkan	Anaerobik	Reaktor (digestor) anaerobik	Kemungkinan lumpur merupakan sumber CH ₄ dan jika CH ₄ yang dihasilkan tidak dikumpulkan dan dibakar (<i>flared</i>)
			Septic tanks	Sering kali pemisahan padatan mengurangi produksi CH ₄
			Laterine/Lubang Kakus Kering	Produksi CH ₄ (temperatur & waktu penyimpanan tertentu)
			Aliran sungai	Kekurangan oksigen pada sungai menyebabkan dekomposisi secara anaerobik yang menghasilkan CH ₄

Limbah cair domestik merupakan salah satu sumber emisi CH₄ jika dalam pengelolaan atau pembuangannya mengalami proses anaerobik dan juga merupakan sumber emisi N₂O. Limbah cair yang dimaksud mencakup limbah yang berasal dari kegiatan domestik (MCK) di rumah tangga, komersial dan industri yang cara pengelolaannya bisa di tempat sumbernya (*on-site*), disalurkan ke sentral pengelolaan limbah, atau dibuang ke selokan, sungai dan lain- lainnya. Tingkat emisi CH₄ dari limbah cair domestik dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$CO_2 \text{ Emissions} = \left[\sum_{9,j} (U_i \times T_{i,j} \times EF_j) \right] (TOW - S) - R$$

dimana:

- $Emisi CH_4$ = tingkat emisi CH_4 , Kg CH_4
- TOW = masa organik dalam limbah cair, Kg BOD
- S = masa komponen organik diambil sebagai lumpur, Kg BOD
- R = masa CH_4 yang dimanfaatkan atau di-flare, Kg CH_4
- U_i = fraksi karbon fosil di dalam karbon total
- $T_{i,j}$ = faktor oksidasi
- EF_j = faktor konversi masa dari C menjadi CO_2
- i = grup pendapatan: pedesaan, pendapatan tinggi perkotaan dan pendapatan rendah perkotaan
- j = tipe pengelolaan limbah cair

$$N_2O \text{ Emissions} = N_{EFFLUENT} \times EF_{EFFLUENT} \times \frac{44}{28}$$

$$EF_{EFFLUENT} = (P \times Protein \times F_{NPR} \times F_{NON-CON} \times F_{IND-COM}) - N_{SLUDGE}$$

dimana:

- $Emisi N_2O$ = tingkat emisi N_2O , Kg N_2O /tahun
- $N_{effluent}$ = masa N dalam limbah cair, Kg N/tahun
- $EF_{effluent}$ = faktor emisi N_2
- $44/28$ = faktor konversi masa dari N menjadi N_2O
- U_i = Jumlah penduduk (orang)
- $Protein$ = konsumsi protein per kapita per tahun, (kg/orang/tahun)
- F_{NPR} = fraksi N dalam protein
- $F_{NON-CON}$ = faktor koreksi terhadap protein selain protein yang dikonsumsi di dalam limbah cair
- $F_{IND-COM}$ = faktor protein dari industri dan komersial yang dibuang ke saluran limbah cair
- N_{SLUDGE} = masa N yang terambil bersama removed sludge, Kg N/tahun

2.4.6 Metode untuk Estimasi Emisi dari Pengelolaan Limbah Cair Industri

Estimasi emisi CH_4 dari limbah cair industri menerapkan pendekatan yang sama dengan yang diterapkan pada estimasi emisi CH_4 dari limbah cair domestik, dimana emisi akan diperhitungkan dalam inventarisasi apabila perlakuan atas limbah cair mengalami proses anaerobik seperti pada IPAL dan *septic tank*. Dalam perhitungan emisis GRK Provinsi Bali, estimasi emisi dari limbah cair industri tidak dilakukan karena diasumsikan tidak ada kegiatan dari sektor IPPU.

BAB III

HASIL PERHITUNGAN EMISI DAN SERAPAN GRK

3.1 Tingkat, Status, dan Kecenderungan Emisi dan Serapan GRK

Emisi GRK di Provinsi Bali dipengaruhi secara langsung oleh besaran konsumsi energi, perubahan pemanfaatan lahan (pertanian dan hutan), dan sistem pengolahan limbah (padat dan cair). Perubahan faktor-faktor tersebut dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi, perubahan fungsi lahan dari hutan menjadi fungsi lain dan faktor-faktor lainnya. Emisi GRK di sektor energi yang meliputi pengadaan energi (pembangkit), dan penggunaan energi akan terus mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan industri pariwisata sebagai *backbone* perekonomian Bali, dan peningkatan permintaan energi untuk berbagai peruntukan. Emisi dari sektor peternakan, pertanian dan penggunaan lahan lainnya ada kecenderungan mengalami penurunan akibat dari menurunnya area pertanian dan aktivitas peternakan di Provinsi Bali. Pada sektor pengolahan limbah, khususnya sampah sekalipun volume timbunan sampah secara proporsional mengalami peningkatan sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk, namun karena adanya program pengolahan sampah berbasis sumber, seperti Tempat Pengelolaan Sampah melalui kegiatan *Reduce, Reuse, Recycle* (TPS3R) –maka emisi yang dihasilkan cenderung mengalami penurunan. Hal sebaliknya terjadi pada limbah cair ada kecenderungan terus mengalami peningkatan, akibat volume limbah cair domestik yang dihasilkan dari berbagai kegiatan terus meningkat tanpa diimbangi oleh upaya pengelolaan yang memadai.

Dalam upaya menurunkan emisi yang dihasilkan dari berbagai aktivitas atau sektor, Pemerintah Provinsi Bali telah mengeluarkan sejumlah peraturan terkait dalam bentuk peraturan daerah (Perda), peraturan gubernur (Pergub), keputusan dan surat edaran (SE) sebagai upaya menuju Pembangunan Rendah Karbon (PRK) atau pembangunan rendah emisi. Sejumlah peraturan yang telah diterbitkan adalah:

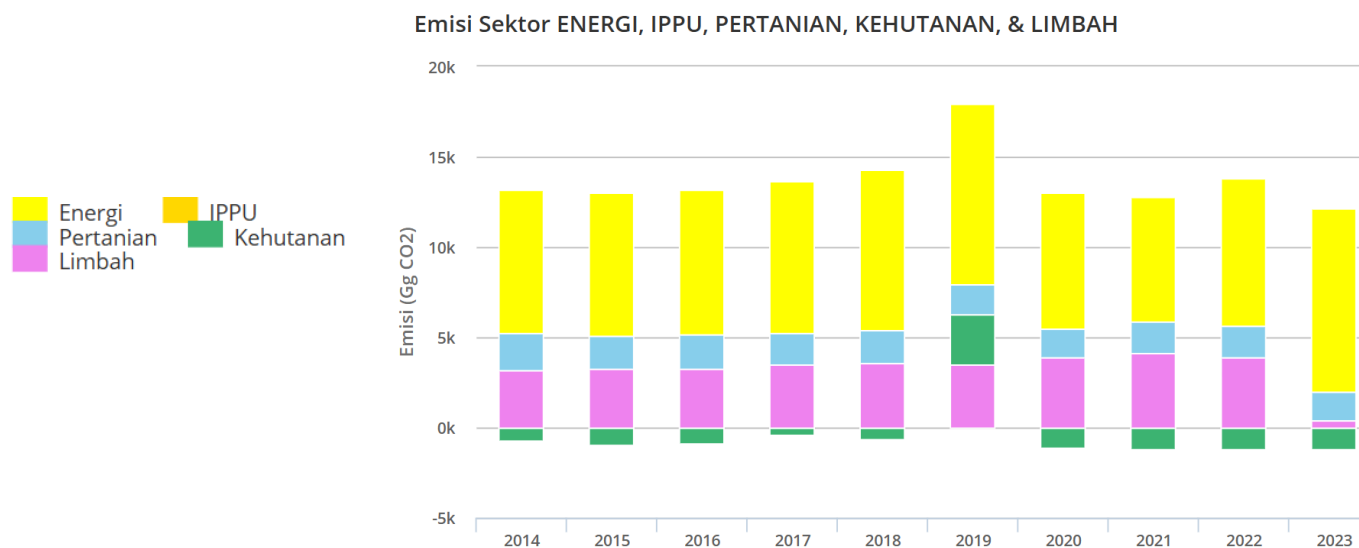
1. Peraturan Daerah Provinsi Bali Nomor 8 Tahun 2019 tentang Sistem Pertanian Organik;
2. Peraturan Daerah Provinsi Bali Nomor 9 Tahun 2020 Tentang Rencana Umum Energi Daerah;

3. Peraturan Gubernur Bali Nomor 97 Tahun 2018, tentang Pembatasan Timbulan Sampah Plastik Sekali Pakai;
4. Peraturan Gubernur No.15 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan Perda No. 8 Tahun 2019;
5. Peraturan Gubernur Bali Nomor 47 Tahun 2019, tentang Pengelolaan Sampah Berbasis Sumber;
6. Peraturan Gubernur Bali Nomor 45 Tahun 2019 Tentang Energi Bersih;
7. Peraturan Gubernur Bali Nomor 48 Tahun 2019 Tentang Penggunaan Kendaraan Bermotor Listrik;
8. Peraturan Gubernur Bali Nomor 24 Tahun 2020 Tentang Perlindungan Danau, Mata Air, Sungai dan Laut.
9. Keputusan Gubernur Bali Nomor 381/03-P/HK/2021 Tahun 2021 tentang Pedoman Pengelolaan Sampah Berbasis Sumber Di Desa/kelurahan Dan Desa Adat.
10. Surat Edaran (SE) Gubernur Bali No. 5 tahun 2022 tentang Pemanfaatan Pembangkit Tenaga Listrik Surya (PLTS) Atap.

Inventarisasi gas rumah kaca (IGRK) merupakan kegiatan untuk memperoleh data dan informasi mengenai tingkat, status, dan kecenderungan perubahan emisi GRK secara berkala dari berbagai sumber emisi dan penyerapannya. Data dan informasi yang didapatkan tersebut selanjutnya di-input untuk kemudian dilakukan perhitungan dengan rumus yang telah ditentukan dalam aplikasi SIGNSMART, sehingga dari perhitungan tersebut didapatkan jumlah emisi yang dihasilkan oleh berbagai sektor di Provinsi Bali. Perhitungan emisi dimulai dari tahun 2010-2023. **Tabel 3.1** berikut memberikan informasi kontribusi emisi/gas rumah kaca masing-masing sektor dan gambaran kecenderungan emisi gas rumah kaca (GRK) di Provinsi Bali yang ditunjukkan pada **Gambar 3.1**.

Tabel 3. 1. Kontribusi Gas Rumah Kaca dari Berbagai Sektor di Provinsi Bali, 2013-2023

NO.	SEKTOR	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	ENERGI	7.949,12	7.887,85	8.048,72	8.435,91	8.897,74	10.046,35	7.586,31	6.911,40	8.205,87	10.169,94
2	IPPU	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	PERTANIAN	2.014,28	1.853,36	1.875,07	1.774,34	1.809,78	1.660,74	1.612,13	1.744,20	1.770,33	1.599,99
4	KEHUTANAN	-750,30	-976,72	-905,47	-426,49	-633,63	2.730,94	-1.123,71	-1.156,42	-1.153,96	-1.215,12
5	LIMBAH	3.207,74	3.243,75	3.288,96	3.457,95	3.556,20	3.520,69	3.849,91	4.140,84	3.852,40	378,15
	TOTAL	12.420,83	12.008,24	12.307,28	13.241,70	13.630,08	17.958,72	11.924,64	11.640,02	12.674,64	10.932,96

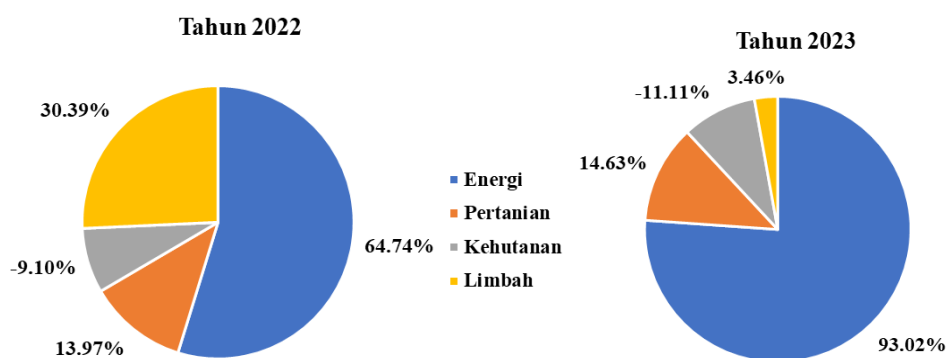


Gambar 3. 1. Grafik kecenderungan Gas Rumah Kaca dari Berbagai Sektor di Provinsi Bali Tahun 2013- 2023 (Sumber: Hasil Analisis SIGN-SMART, 2024)

Berdasarkan **Tabel 3.1** dan **Gambar 3.1** menunjukkan bahwa besaran emisi GRK Provinsi Bali tahun 2013-2023 cenderung berfluktuasi dari tahun ke tahun. Kontribusi emisi tertinggi dihasilkan pada tahun 2019 dengan besaran emisi 17.958,72 Gg CO₂eq dan terendah pada tahun 2023 10.932,96 Gg CO₂eq. Produksi emisi tersebut terdiri dari empat sektor yaitu, sektor energi (pengadaan dan penggunaan energi), sektor pertanian (padi, hortikultura, perkebunan, peternakan), sektor kehutanan dan sektor limbah (padat dan cair). Dari tabel yang sama juga menunjukkan bahwa sektor energi selalu memberikan kontribusi tertinggi dibandingkan sektor-sektor lainnya dari tahun ke tahun.

Apabila dibandingkan kontribusi emisi total antara tahun 2023 dengan tahun 2022, menunjukkan bahwa kontribusi emisi total pada tahun 2023 adalah sebesar 10.932,96 Gg CO₂eq lebih rendah dibandingkan dengan tahun 2022 yang besarnya 12.674,64 Gg CO₂eq, atau mengalami penurunan 13.74 %. Penurunan emisi ini disebabkan oleh penurunan emisi yang dihasilkan sektor pertanian, dan limbah sedangkan sektor energi emisinya mengalami peningkatan.

Terjadinya penurunan emisi total di tahun 2020-2021, khususnya di sektor energi adalah akibat dampak dari COVID-19 yang menyebabkan sektor pariwisata Bali “tiarap” dan setelah tahun tersebut yakni pasca COVID-19 tahun 2022-2023, sektor pariwisata Bali kembali menggeliat. Menggeliatnya kembali sektor pariwisata menyebabkan kebutuhan akan energi untuk berbagai kebutuhan fasilitas pariwisata seperti hotel, villa, tempat hiburan, restaurant, transportasi dan lain-lain terus meningkat. **Gambar 3.2.** menunjukkan perbandingan total emisi Provinsi Bali pada tahun 2023 dan 2022.



Gambar 3. 2. Emisi Menurut Sektor pada Tahun 2022 dan 2023, Provinsi Bali

Upaya untuk mengendalikan laju pertumbuhan emisi yang semakin meningkat di sektor energi berbagai langkah mitigasi telah dilakukan oleh Pemerintah Provinsi Bali. Kolaborasi pemerintah dan *shareholder* meningkatkan jumlah angkutan umum (*public transport*) dan menggunakan energi baru dan terbarukan (EBT) merupakan penerapan Peraturan Gubernur Bali Nomor 45 Tahun 2019 tentang Bali Energi Bersih. Kegiatan meningkatkan jumlah kendaraan listrik (*electrical vehicle*) merupakan pengejawantahan Peraturan Gubernur Bali Nomor 24 Tahun 2020 tentang Pelindungan Danau, Mata Air, Sungai, dan Laut. Peraturan Gubernur Bali Nomor 47 Tahun 2019 tentang Pengelolaan Sampah Berbasis Sumber diwujudkan melalui meningkatkan pengelolaan limbah padat (sampah) berbasis sumber melalui TPS3R dan TPST.

Sektor Energi

Salah satu sektor penting dalam inventarisasi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) dan menjadi cakupan dalam inventarisasi sektor energi adalah pengadaan/penyediaan dan penggunaan energi. Pengadaan energi meliputi kegiatan-kegiatan seperti berikut, yaitu :

- a. Eksplorasi dan eksploitasi sumber-sumber energi primer (misalnya minyak mentah, batubara);
- b. Konversi energi primer menjadi energi sekunder yaitu energi yang siap pakai (konversi minyak mentah menjadi BBM di kilang minyak, konversi batubara yang menjadi tenaga listrik di pembangkit tenaga listrik); dan kegiatan penyaluran dan distribusi energi.

Untuk emisi GRK dari sektor energi, kegiatan eksplorasi dan eksploitasi sumber-sumber energi primer tidak dilakukan karena Provinsi Bali tidak memiliki sumber-sumber energi primer, seperti minyak mentah dan batubara. Emisi GRK dari kegiatan penyediaan energi yang dihitung pada dokumen ini adalah kegiatan industri seperti penyediaan listrik oleh Indonesia Power dan pembangkit swasta oleh Bali Energy Limited (BEL) dengan penggunaan bahan bakar pembangkit berupa HSD, MFO, gas bumi, dan batubara. Penyediaan energi listrik di Provinsi Bali didominasi oleh pembangkit yang berbahan bakar fosil seperti HSD/solar, gas alam dan batubara.

Jumlah penduduk Provinsi Bali pada tahun 2023 adalah sebesar 4,34 juta jiwa ditambah lagi dengan kunjungan-wisatawan domestik maupun mancanegara mengakibatkan konsumsi energi di Pulau Bali cukup tinggi. Menurut laporan data dari ESDM, saat ini Bali memiliki kapasitas pembangkit listrik sebesar 1200 MW. Pembangkit listrik di Bali hanya mampu berkontribusi sebesar 980 MW dan sisanya sebesar 350 MW bersumber dari pembangkit listrik Paiton di Jawa Timur yang masih menggunakan Batubara. Untuk mencukupi daya tersebut anak usaha PLN yang bergerak di bidang pembangkit listrik, yaitu PT Indonesia Power melalui Bali Power Generation Unit (PGU) mengoperasikan beberapa unit pembangkit listrik dengan menggunakan gas alam dan diesel (PLTGU). Selain itu terdapat juga pembangkit listrik swasta yang beroperasi di Bali yakni PLTU Celukan Bawang dengan bahan bakar batubara, serta beberapa pembangkit listrik bertenaga surya (PLTS) yang dioperasikan oleh Perusda. Beberapa pembangkit sebagai penyedia energi listrik di Pulau Bali adalah :

1. PLT Indonesia Power (Pesanggaran) yang berada di Kota Denpasar, terdiri atas (a) bertenaga gas alam serta memiliki daya 200,3 WM dan (b) bertenaga diesel serta memiliki daya 299 WM.
2. PLTGU Pamaron bertenaga Gas dengan daya 97.6 WM.
3. PLTG Gilimanuk yang berada di ujung barat Pulau Bali, bertenaga gas dengan daya 130 WM.
4. PLTU Celukan bawang yang berlokasi Kabupaten Buleleng memiliki daya sebesar 380 WM yang mendatangkan bahan baku batubara dari Pulau Kalimantan.
5. PLTS PLTS 1MWp | PD. Bhukti Mukti Bhakti Bangli (Kayubihi), merupakan PLTS pertama yang dimiliki oleh Bali dan terbesar memiliki daya sebesar 1 MW.
6. PLTD Kutampi merupakan pembangkit yang bertenaga diesel. Berlokasi di Pulau Nusa Penida dan menjadi satu-satunya pembangkit komersial yang beroperasi di kepulauan tersebut.

Untuk penggunaan energi meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut:

- a. Penggunaan bahan bakar untuk peralatan tidak bergerak atau stasioner (di industri, komersial dan rumah tangga), dan peralatan yang bergerak (transportasi).
- b. Kategori emisi fugitif yang bersumber dari penambangan bahan bakar padat, minyak dan gas bumi. Namun kegiatan ini tidak terdapat di Provinsi Bali sehingga tidak dilakukan perhitungan (*Not Applicable*).

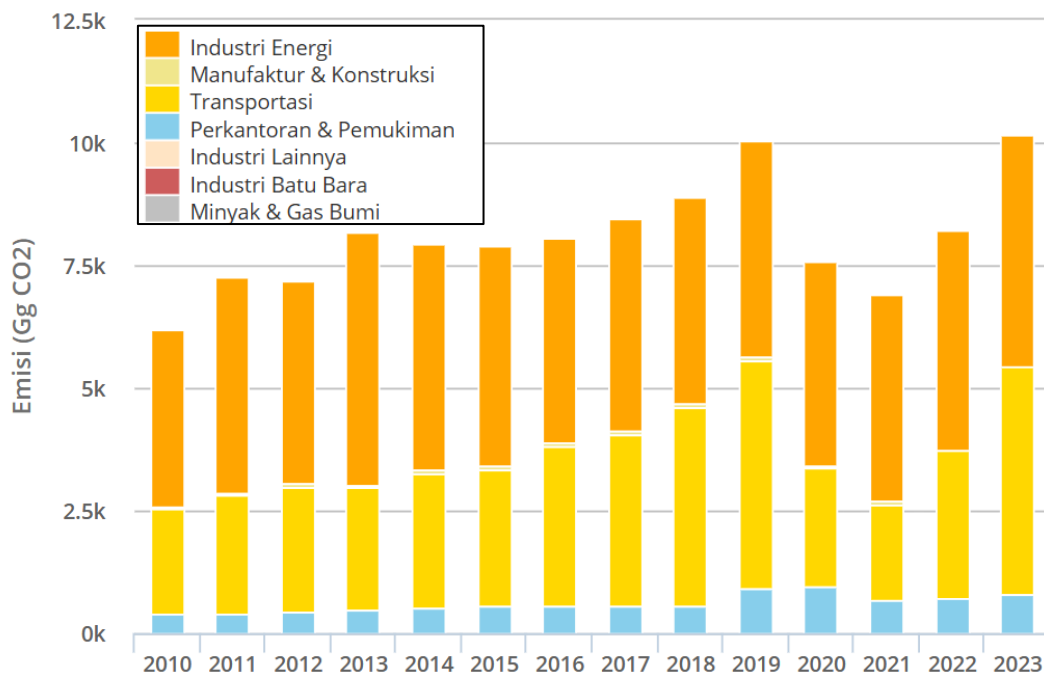
Kegiatan transportasi merupakan salah satu pengguna bahan bakar yang cukup tinggi sehingga menghasilkan emisi GRK yang juga relatif tinggi. Menurut perhitungan *baseline* emisi GRK dari kegiatan transportasi diperhitungkan penggunaan bahan bakar baik dari angkutan darat, laut maupun udara. Kategori transportasi menjadi penyumbang emisi terbesar kedua di Provinsi Bali setelah pembangkit dan termasuk kategori kunci yang utama. Dalam pedoman inventarisasi disebutkan bahwa yang termasuk dalam kategori transportasi adalah penerbangan sipil, transportasi jalan, kereta api, angkutan air, dan transportasi lainnya.

Kecenderungan emisi dari rumah tangga, pemukiman dan perkantoran dihasilkan dari berbagai kegiatan seperti memasak, energi listrik untuk penerangan, pendingin ruangan, hiburan dan peralatan rumah tangga lainnya. Pemenuhan kebutuhan energi untuk kegiatan dipenuhi dengan penggunaan bahan bakar LPG, minyak tanah, arang dan listrik. Penggunaan bahan bakar inilah yang menjadi sumber emisi GRK. Hasil perhitungan emisi dari sektor pengadaan/penyediaan dan penggunaan energi adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 2. Kontribusi Emisi GRK Sektor Energi Provinsi Bali, Tahun 2010-2023

NO.	Sumber Emisi	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Industri Energi	3.631,66	4.398,39	4.142,19	5.163,05	4.631,70	4.493,89	4.162,35	4.326,32	4.197,33	4.427,47	4.181,46	4.228,43	4.492,55	4.717,51
2	Manufaktur & Konstruksi	47,48	55,20	45,13	41,76	44,36	56,41	72,38	67,70	77,96	66,88	47,68	74,59	0,00	0,00
3	Transportasi	2.112,67	2.413,74	2.553,79	2.499,06	2.746,65	2.784,19	3.257,43	3.479,07	4.051,16	4.626,86	2.392,50	1.945,81	2.986,99	4.664,86
4	Perkantoran & Pemukiman	413,62	393,07	439,56	488,27	526,41	553,35	556,55	562,82	571,29	925,13	964,68	662,56	726,32	787,57
5	Industri Lainnya	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	Industri Batu Bara	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	Minyak & Gas Bumi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	TOTAL	6.205,43	7.260,40	7.180,67	8.192,15	7.949,12	7.887,85	8.048,72	8.435,91	8.897,74	10.046,35	7.586,31	6.911,40	8.205,87	10.169,94

Sumber: Hasil Analisis SIGN-SMART, 2024



Gambar 3.3. Kecenderungan Emisi Sektor Energi Provinsi Bali, Tahun 2010-2023 (Sumber: Hasil Analisis SIGN-SMART, 2024)

Grafik di atas menggambarkan emisi GRK dari sektor energi (pengadaan dan penggunaan energi) tahun 2010-2023. Pada sektor energi, jumlah emisi dari subsektor penyediaan energi dan transportasi didekati melalui angka penggunaan bahan bakar dan jenis bahan bakar per tahun. Jenis bahan bakar untuk pembangkit ada berbagai macam jenis, seperti HSD, MFO, batubara dan gas alam cair. Namun pemanfaatan jenis jumlah bahan bakar tersebut tidak sama dari tahun ke tahun sehingga berpengaruh terhadap besaran emisi yang dihasilkan. Sedangkan emisi dari rumah tangga didekati melalui angka konsumsi LPG per tahun.

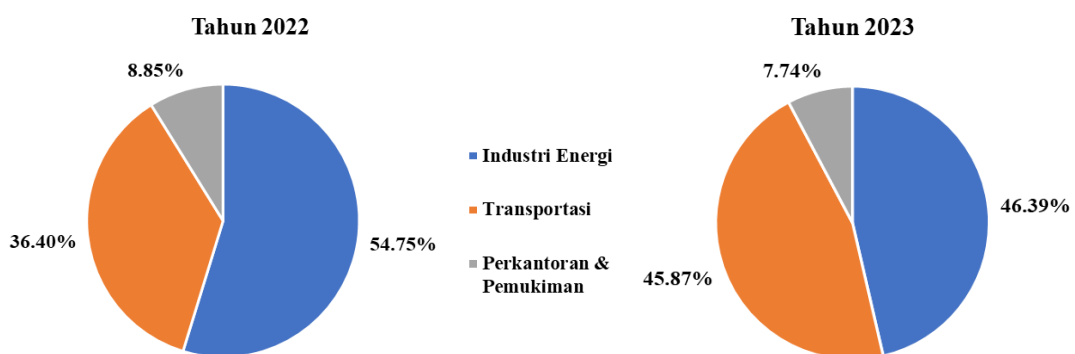
Berdasarkan **Gambar 3.3** diketahui bahwa pada tahun 2010-2023 tercatat bahwa tingkat emisi dari sektor energi cenderung meningkat dari tahun ke tahun, kecuali pada tahun 2020-2021 sempat menurun tajam karena anjloknya kunjungan wisatawan ke Bali akibat dampak dari COVID-19.

Berdasarkan data perhitungan emisi GRK dalam kurun waktu tahun 2010-2023, emisi terendah dari sektor energi dihasilkan pada tahun 2010 dengan besaran emisi sebesar 6.205,43 Gg CO₂eq, dan cenderung mengalami peningkatan hingga tahun 2019. Emisi tertinggi dihasilkan pada tahun 2023 yaitu sebesar 10.169,94 Gg CO₂eq dan mengalami penurunan pada tahun 2020-2021 karena dampak dari

Pandemi COVID-19. Bali sebagai daerah tujuan wisata sangat merasakan dampak dari pandemi COVID-19 karena adanya pembatasan larangan bepergian bagi wisatawan. Banyak usaha jasa yang menyediakan kebutuhan wisatawan seperti penginapan (hotel, villa dan lainnya), restaurant dan jasa transportasi “lumpuh” akibat tidak adanya wisatawan mengunjungi Bali dan adanya kebijakan *work from home* (WFH).

Hal ini menjadikan permintaan energi untuk mesin pembangkit, dan konsumsi bahan bakar untuk transportasi menjadi menurun. Kondisi ini menjadikan emisi dari sektor energi turun dan kembali mengalami peningkatan pada tahun 2022-2023 sejalan dengan menurunnya pandemi COVID-19 dan dibukanya kembali bepergian bagi masyarakat. Hal ini menjadikan kontribusi emisi sektor energi tahun 2023 dari sub sektor transportasi meningkat karena peningkatan dalam penggunaan BBM. Peningkatan emisi dari rumah tangga juga cenderung meningkat, disebabkan oleh meningkatnya penggunaan LPG pada aktivitas rumah tangga, dan LPG merupakan sumber bahan bakar “terbaik” untuk pemenuhan kebutuhan energi aktivitas rumah tangga.

Apabila dibandingkan kontribusi emisi di masing-masing item sub sektor pada sektor energi pada tahun 2022 dan 2023 akan dapat dilihat pada **Gambar 3.4** berikut.



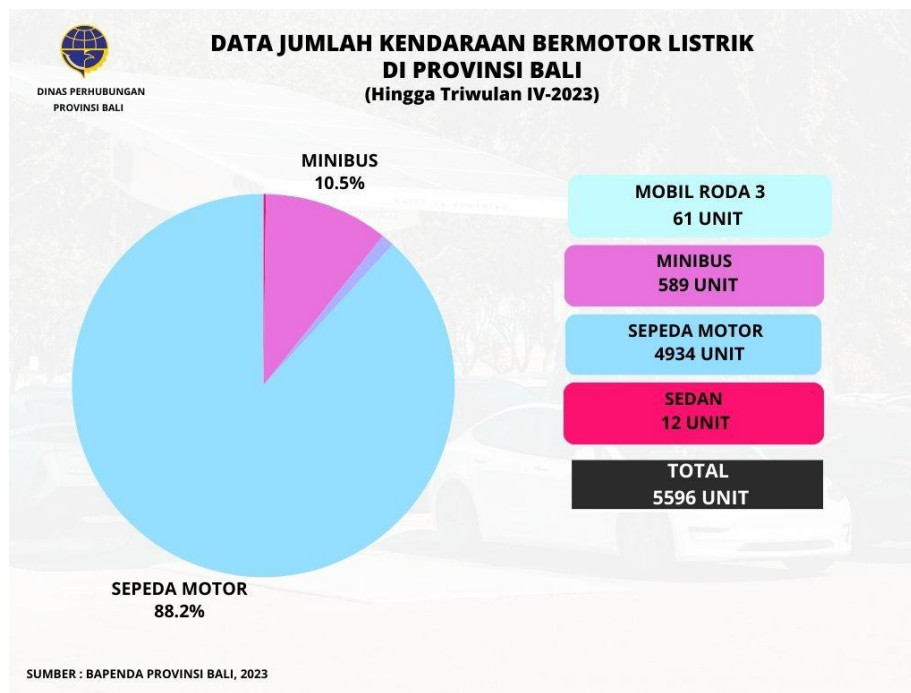
Gambar 3. 4. Kontribusi Emisi GRK Sektor Energi Menurut Sumber Emisi Tahun 2022 dan 2023, Provinsi Bali

Berdasarkan kategori sumber emisi (**Gambar 3.4**) pada tahun 2023 kontribusi penggunaan energi pada kategori industri/pengadaan energi (pembangkit) memiliki kontribusi terbesar, yaitu mencapai 46,39 % dari

keseluruhan emisi sebesar 10.169,94 Gg CO₂eq. Kontribusi kedua disumbangkan oleh sektor transportasi sebesar 45,87 % dan diikuti oleh perkantoran dan permukiman yang memiliki kontribusi emisi GRK sebesar 7,74 %.

Peningkatan emisi dari pengadaan energi (pembangkit listrik) disebabkan karena meningkatnya penggunaan bahan bakar fosil berupa HSD dan batu bara untuk memproduksi listrik guna memenuhi kebutuhan domestik dan industri pariwisata. Peningkatan emisi di sub sektor transportasi juga disebabkan karena meningkatnya kebutuhan bahan bakar RON 90 (Pertalite), RON 92 (Pertamax) dan bio solar. Peningkatan konsumsi bahan bakar fosil ini untuk sektor transportasi terjadi karena meningkatnya jumlah kendaraan bermotor. Data menunjukkan jumlah kendaraan di Bali mengalami peningkatan, dibandingkan saat pandemi COVID-19. Jumlah kendaraan bermotor roda dua dan roda empat saat pandemi COVID-19 adalah 4,5 juta kendaraan dan pada tahun 2023 sudah menjadi 5 juta kendaraan (BPS Provinsi Bali, 2024).

Untuk sumber emisi fugitive, yang mencakup kategori minyak dan gas bumi serta industri batu bara tidak memiliki kontribusi terhadap emisi GRK di Provinsi Bali, karena aktivitas tersebut tidak terdapat di Provinsi Bali, sehingga tidak dilakukan pendugaan dan dilaporkan sebagai kriteria tidak tersedia (*Not Applicable*). Aktivitas yang berkontribusi dominan adalah penerapan program Energi Baru & Terbarukan (EBT) yang mana bisa menekan penggunaan energi konvensional, salah satunya masyarakat mulai “melirik” dan menggunakan panel surya. Tidak berhenti sampai di situ, sejak ditetapkannya Peraturan Gubernur Bali Nomor 48 Tahun 2019 tentang Penggunaan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai, sehingga masyarakat mulai beralih ke kendaraan listrik di Provinsi Bali. Data mengenai jumlah kendaraan bermotor listrik di Provinsi Bali ditunjukkan pada Gambar 3.5



Gambar 3. 5. Jumlah Kendaraan Bermotor Listrik di Provinsi Bali hingga Triwulan IV-2023

Berdasarkan **Gambar 3.5** menunjukkan bahwa sepeda motor listrik paling banyak di provinsi Bali, yaitu 4.934 unit, disusul oleh minibus 589 unit. Penggunaan kendaraan bermotor listrik sekaligus menekan penggunaan bahan bakar RON 90 & RON 92, dan mendukung program *not zero emission* tahun 2045 di Provinsi Bali. Kemajuan tersebut terlihat dengan unit pengisian bahan bakar baterai yang mulai bisa ditemukan di beberapa Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU), *convinience store* (toko kelontong modern), maupun instansi terkait yang memasang unit pengisian baterai isi ulang.

Berdasarkan data jumlah kendaraan di Provinsi Bali dari tahun 2018 hingga 2023, terjadi peningkatan yang konsisten pada berbagai jenis kendaraan. Secara rinci, jumlah bus mengalami fluktuasi dari 8.643 unit pada tahun 2018 menjadi 11.584 unit pada tahun 2023, dengan kenaikan signifikan terutama antara tahun 2021 dan 2022. Sementara itu, jumlah truk terus meningkat secara stabil dari 148.238 unit pada tahun 2018 menjadi 176.882 unit pada tahun 2023, yang mengindikasikan peningkatan kendaraan komersial di Bali. Sepeda motor, sebagai kategori kendaraan terbesar, menunjukkan peningkatan dari 3.516.415 unit pada tahun 2018 menjadi 4.303.266 unit pada tahun 2023, menandakan dominasi sepeda

motor dalam sistem transportasi di Bali. Selain itu, jumlah mobil penumpang juga meningkat dari 422.838 unit pada tahun 2018 menjadi 524.619 unit pada tahun 2023, menunjukkan peningkatan kepemilikan kendaraan pribadi. Secara keseluruhan, total kendaraan di Bali meningkat dari 4.096.134 unit pada tahun 2018 menjadi 5.016.351 unit pada tahun 2023, memperlihatkan pertumbuhan signifikan dalam jumlah kendaraan selama periode ini (**Tabel 3.3**).

Tabel 3. 3. Jumlah Transportasi di Provinsi Bali Tahun 2018-2023

Jenis Kendaraan	Th 2018	Th 2019	Th 2020	Th 2021	Th 2022	Th 2023
Bus	8.643	9.088	9.205	8.911	11.257	11.584
Truk	148.238	153.722	156.624	159.003	171.603	176.882
Sepeda Motor	3.516.415	3.718.636	3.811.957	3.877.595	4.079.617	4.303.266
Mobil Penumpang	422.838	449.541	460.909	465.282	493.887	524.619
Total	4.096.134	4.330.987	4.438.695	4.510.791	4.756.364	5.016.351

Secara persentase, peningkatan jumlah kendaraan dari tahun 2018 ke 2019 mencapai 5,74%, kemudian pada tahun 2019 ke 2020 mengalami kenaikan sebesar 2,49%. Selanjutnya, peningkatan dari tahun 2020 ke 2021 sebesar 1,62%, diikuti oleh kenaikan 5,44% pada periode 2021 hingga 2022, dan akhirnya naik sebesar 5,47% dari tahun 2022 ke 2023. Tren ini menunjukkan pertumbuhan kendaraan yang stabil setiap tahunnya, dengan kenaikan terbesar terjadi pada periode 2018-2019 dan 2022-2023.

Pertumbuhan jumlah kendaraan ini memiliki implikasi langsung terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca di Bali, terutama karena dominasi sepeda motor dan mobil penumpang yang memerlukan bahan bakar fosil. Semakin banyak kendaraan, semakin tinggi pula pembakaran bahan bakar yang mengakibatkan emisi CO₂ dan polutan lainnya. Selain itu, truk sebagai kendaraan logistik juga berkontribusi terhadap emisi, terutama karena penggunaan bahan bakar diesel yang menghasilkan partikulat dan NO_x dalam jumlah besar.

Kemacetan lalu lintas di Bali, khususnya selama musim liburan, menunjukkan adanya ketidakseimbangan antara permintaan pergerakan kendaraan dengan kapasitas jaringan jalan dan sistem transportasi yang tersedia. Analisis teoritis mengungkap bahwa kemacetan adalah tanda bahwa volume kendaraan telah

melampaui kapasitas jaringan jalan, terutama karena meningkatnya mobilitas penduduk dan wisatawan. Berdasarkan data, populasi di Bali (terutama di kawasan Sarbagita) mencapai sekitar 2 juta jiwa, namun jumlah kendaraan yang terdaftar mencapai 3,4 juta unit, yang menunjukkan bahwa jumlah kendaraan telah melampaui jumlah penduduk.

Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk kebutuhan transportasi untuk layanan angkutan umum, khusus, taksi, dan pariwisata yang melayani wisatawan domestik dan internasional. Wisatawan yang datang melalui Bandar Udara I Gusti Ngurah Rai sebagian besar menggunakan angkutan sewa, sedangkan yang datang melalui Pelabuhan Gilimanuk dan Padangbai lebih banyak menggunakan kendaraan pribadi atau kendaraan berpelat luar Bali, sehingga menambah beban pada jaringan jalan, terutama saat musim liburan.

Meskipun angkutan umum diharapkan dapat menjadi solusi untuk mengurangi kemacetan, kenyataannya, sistem angkutan umum di Bali belum efektif. Program seperti Trans Metro Dewata dan Trans Sarbagita sudah diinisiasi, namun masih kurang diminati masyarakat. Kelemahan integrasi intra dan inter-moda, serta kurangnya layanan angkutan pengumpan, menyebabkan angkutan umum tidak mampu memenuhi kebutuhan pergerakan masyarakat secara optimal. Hal ini membuat masyarakat lebih memilih kendaraan pribadi karena kemudahan dan kenyamanannya dibandingkan angkutan umum.

Untuk mengatasi permasalahan ini, Pemerintah Provinsi Bali telah menyusun beberapa perencanaan strategis yang tertuang dalam Peraturan Gubernur (Pergub) 44 Tahun 2023 tentang master plan infrastruktur transportasi terintegrasi di Provinsi Bali. Kebijakan ini mencakup tujuh pilar utama, yaitu pengembangan keterpaduan tata guna lahan dan transportasi publik, pengembangan jaringan transportasi publik ramah lingkungan, peningkatan prasarana jalan untuk konektivitas antar wilayah, pengelolaan transportasi berbasis teknologi informasi, pengembangan transportasi laut dan udara yang terintegrasi, serta pengembangan sistem transportasi perkeretaapian.

Selain itu, Pergub 48 Tahun 2019 tentang penggunaan kendaraan bermotor listrik berbasis baterai juga diterbitkan untuk mendorong pengembangan transportasi ramah lingkungan. Dalam implementasinya, pemerintah sedang

merencanakan beberapa proyek besar, seperti pembangunan jalan tol Gilimanuk-Mengwitani, e-BRT, LRT, dan sistem trem. Diharapkan dengan perencanaan yang matang dan implementasi yang serius, masalah kemacetan lalu lintas di Bali dapat diatasi secara efektif.

Dinas Perhubungan Provinsi Bali juga mendukung upaya penurunan emisi melalui Program Penyelenggaraan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (LLAJ), termasuk penyediaan angkutan umum seperti Bus Sarbagita untuk melayani mobilitas antar kota di dalam wilayah provinsi.

Analisis wilayah menunjukkan bahwa aktivitas transportasi terbesar terjadi di Kota Denpasar dan Kabupaten Badung. Sebagai pusat ekonomi dan pariwisata, kedua wilayah ini memiliki mobilitas kendaraan yang tinggi. Denpasar, sebagai ibu kota provinsi, memiliki kebutuhan mobilitas perkotaan yang besar, sementara Badung, sebagai pusat pariwisata utama dengan infrastruktur perhotelan yang luas, memiliki arus kendaraan yang padat, termasuk bus dan sepeda motor sewaan. Dengan demikian, kedua wilayah ini berkontribusi besar terhadap emisi gas rumah kaca sektor transportasi di Bali, sehingga diperlukan intervensi yang tepat, seperti peningkatan infrastruktur transportasi umum, promosi kendaraan listrik, atau penerapan standar emisi yang lebih ketat untuk mengelola dan mengurangi emisi secara efektif.

Bentuk kebijakan yang dilakukan oleh Pemerintah Provinsi Bali terkait di bidang energi berkelanjutan dan ramah lingkungan yang menjadi program percepatan Gubernur Bali sejak tahun 2021, meliputi:

1. Percepatan Bali mandiri energi
2. Percepatan Energi Baru Terbarukan (EBT) dan energi bersih
3. Percepatan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB)

Untuk melaksanakan program percepatan ini, payung hukum yang menjadi dasar kebijakan program adalah :

- a. Peraturan Daerah Provinsi Bali No. 9 Tahun 2020 tentang Rencana Umum Energi Daerah Provinsi Bali Tahun 2020-2050;
- b. Peraturan Gubernur Bali No. 45 Tahun 2019 tentang Bali Energi Bersih;
- c. Peraturan Gubernur No. 48 Tahun 2019 tentang Penggunaan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai.

- d. Surat Edaran (SE) Gubernur Bali No. 5 tahun 2022 tentang Pemanfaatan Pembangkit Tenaga Listrik Surya (PLTS) Atap.

Untuk percepatan kegiatan prioritas di bidang energi dikoordinir oleh salah satu anggota Kelompok Ahli Gubernur dengan anggota tim terdiri dari OPD terkait seperti Kadis Ketenagakerjaan dan ESDM, Kadis Perhubungan, Kadis Penanaman Modal dan PTSP, Manajer PLN Bali, Kadis Kehutanan dan Lingkungan Hidup serta lainnya. Materi yang menjadi fokus tugas tim dalam kebijakan di bidang energi meliputi :

- a. Identifikasi kebutuhan energi Bali dalam konteks mandiri energi
- b. Identifikasi ketersediaan energi Bali
- c. Pemenuhan kebutuhan energi
- d. Skema penyediaan EBT dan energi bersih meliputi jenis dan lokasi
- e. Pembangunan pembangkit EBT dan energi bersih
- f. Penggunaan energi bersih, dengan bentuk kegiatan:
 - Penggunaan *rooftop* tenaga surya untuk perkantoran pemerintahan dan swasta, hotel, mall/pasar swalayan, pasar rakyat, fasilitas pendidikan dan fasilitas kesehatan.
 - Penggunaan *rooftop* tenaga surya sebagai persyaratan penerbitan IMB/Kelayakan bangunan.
 - Penggunaan PLTS untuk penerangan jalan, taman, dan kawasan.

Program prioritas yang berhubungan dengan kebijakan di bidang Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB), meliputi program:

1. Penetapan sasaran masyarakat pengguna kendaraan listrik, yaitu ASN, pelajar/mahasiswa, transportasi berbasis *online* dan angkutan wisata.
2. Penetapan zonasi/kawasan pariwisata, pura dan fasilitas umum yang ada di seluruh kabupaten di Bali.
3. Penyusunan skema pemberian insentif untuk memotivasi masyarakat menggunakan kendaraan listrik.
4. Penyusunan peta jalan kendaraan bermotor listrik berbasis baterai.

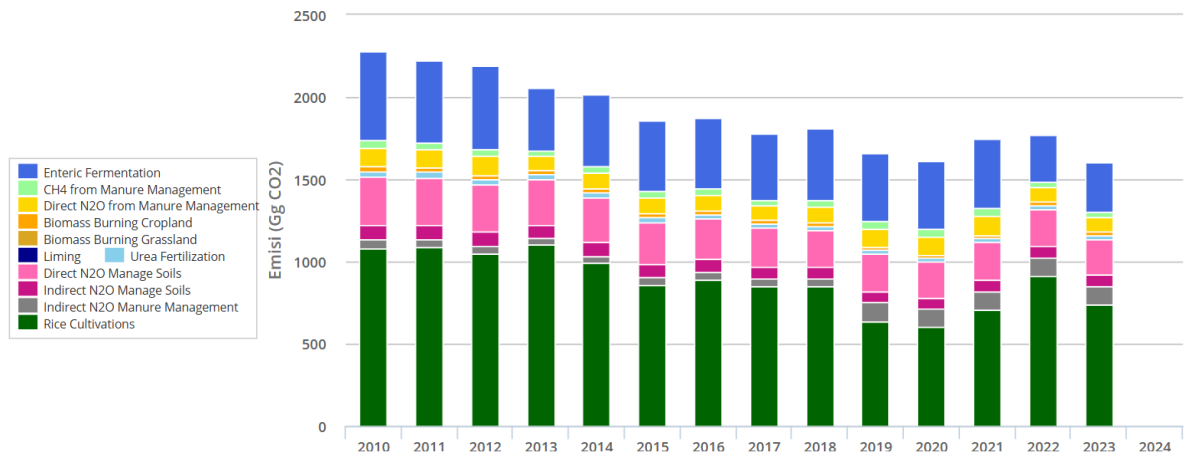
3.2 Sektor Pertanian

Jumlah emisi GRK di sektor pertanian didekati melalui angka data sawah (luas panen padi sawah, dan produksi padi sawah per tahunnya), data penggunaan pupuk (organik, NPK, urea, SP36, dan furadan), luas biomassa untuk padi sawah, jumlah populasi ternak, luas panen tanaman hortikultura, luas panen tanaman pangan (jagung, kacang tanah, dan ketela pohon). Dekomposisi bahan organik secara anaerobik pada lahan sawah mengemisikan gas metan ke atmosfer. Selain itu emisi gas metan juga dipengaruhi jenis tanah, suhu, dan varietas padi. Emisi GRK dari sektor peternakan dihitung dari emisi metana yang berasal dari fermentasi enterik ternak, dan emisi metana, serta dinitro oksida yang dihasilkan dari pengelolaan kotoran ternak. Emisi dari sektor AFOLU Provinsi Bali periode 2010-2023 secara umum dihasilkan dari sub sektor agregat pertanian yang didalamnya termasuk budidaya padi dan pengelolaan lahan. Hasil analisis emisi dari sektor pertanian dapat dilihat pada **Tabel 3.4** dan kecenderungan emisi dari tahun ke tahun dapat dilihat pada **Gambar 3.6** berikut.

Tabel 3. 4. Kontribusi Emisi GRK Sektor Pertanian Provinsi Bali, Tahun 2010-2023

NO.	Sumber Emisi	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Enteric fermentation	539,12	502,70	511,72	380,99	436,69	428,68	430,99	398,59	438,29	416,92	415,35	422,46	288,37	297,91
2	CH ₄ from manure management	44,59	41,53	42,25	31,60	36,31	35,85	36,05	33,41	36,93	42,94	42,76	44,17	32,35	33,56
3	Direct N ₂ O from manure management	117,56	110,24	111,72	84,64	96,86	95,45	95,64	87,93	96,92	112,21	111,77	115,49	86,20	89,31
4	Biomass burning cropland	24,49	23,73	23,96	24,19	24,20	24,76	24,21	23,03	23,42	20,34	18,68	21,73	23,89	23,89
5	Biomass burning grassland	0,07	0,05	0,13	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	Liming	0,59	0,59	0,58	0,58	0,57	0,57	0,56	0,55	0,54	0,54	0,54	0,54	0,52	0,52
7	Urea fertilization	34,60	33,55	32,42	31,15	31,02	28,35	28,75	27,61	27,01	22,95	25,43	19,20	24,64	20,71
8	Direct N ₂ O manage soils	296,73	287,83	291,51	273,62	272,72	255,83	246,16	236,13	220,87	224,08	220,09	229,72	222,75	212,39
9	Indirect N ₂ O manage soils	88,09	85,69	85,71	81,14	80,88	77,86	76,20	73,41	71,22	67,79	65,86	71,50	70,36	68,68
10	Indirect N ₂ O manure management	49,21	49,35	48,24	44,68	46,79	47,78	47,91	42,47	46,64	116,81	105,20	115,54	107,52	113,49
11	Rice cultivations	1.082,21	1.087,72	1.045,09	1.100,09	988,22	858,22	888,61	851,21	847,93	636,16	606,44	703,86	913,73	739,54
	TOTAL	2.277,27	2.222,96	2.193,34	2.052,72	2.014,28	1.853,36	1.875,07	1.774,34	1.809,78	1.660,74	1.612,13	1.744,20	1.770,33	1.599,99

Sumber: Hasil Analisis SIGN-SMART, 2024



Gambar 3. 6. Grafik Kecenderungan Emisi GRK Sektor Pertanian Provinsi Bali Tahun 2010-2023

(Sumber: Hasil Analisis SIGN-SMART, 2024)

Data *time-series* kecenderungan emisi di bidang pertanian Bali selama lebih dari satu dekade pada Gambar 3.6 menunjukkan bahwa tingkat emisi tertinggi dari terjadi pada tahun 2010. Tren menurun terjadi setelah tahun 2011 kemudian kembali stagnan dan fluktuatif setelah tahun 2017. Fluktuasi terjadi dalam kurun waktu 1 tahun lalu menurun lagi di tahun 2019-2020, serta meningkat kembali di tahun 2021 -2022. Emisi GRK dari sektor pertanian pada tahun 2023 menurun tajam dan ini merupakan dampak dari pulihnya kembali sektor pariwisata.

Peningkatan emisi di sektor pertanian pada tahun 2021 salah satunya adalah akibat dari dampak COVID-19 pada tahun 2020-2021 yang menyebabkan banyak masyarakat yang kehilangan pekerjaan dan mereka beralih ke sektor pertanian, sementara pada tahun 2022, merupakan masa transisi dari berakhirnya pandemi COVID-19 , sehingga belum banyak masyarakat yang kembali ke profesinya semula pada sektor pariwisata.

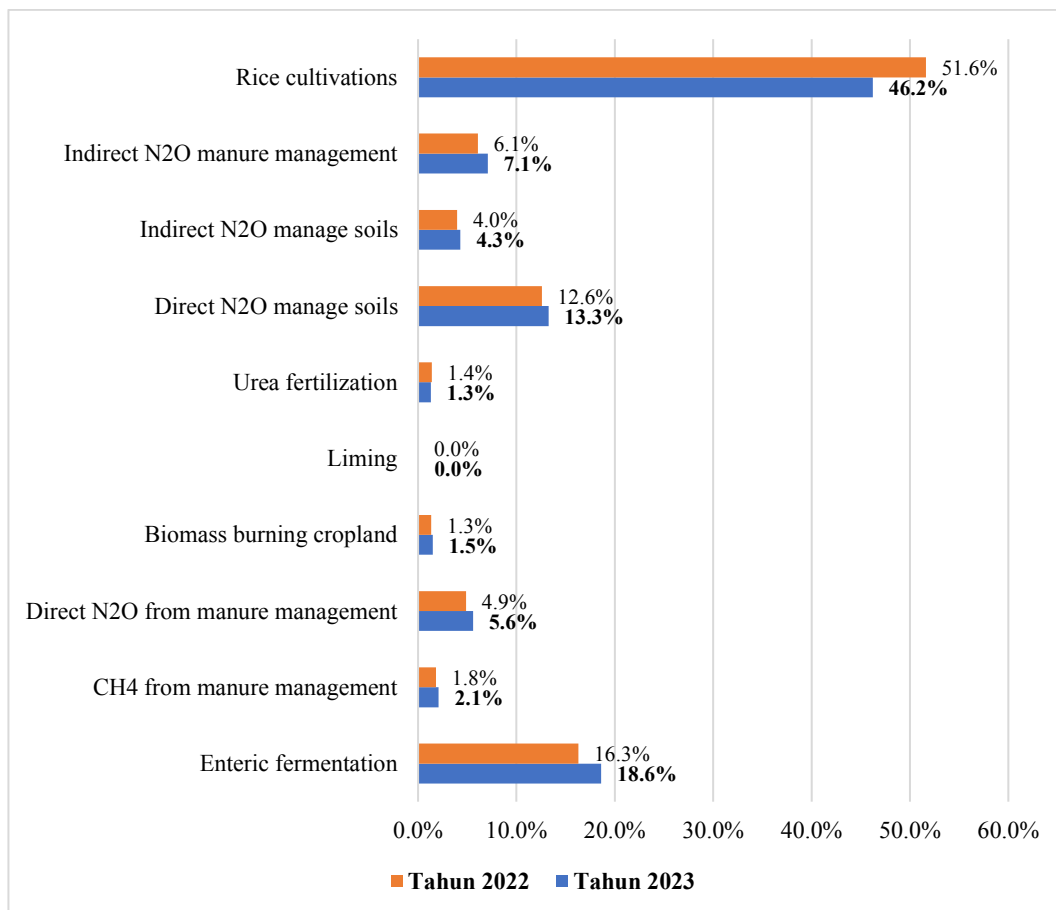
Berdasarkan data dari Bank Indonesia. Lumpuhnya sektor pariwisata di Bali akibat pandemi COVID-19 telah mendorong masyarakat setempat untuk beralih ke sektor pertanian sebagai alternatif sumber mata pencahariannya, baik di lahan sawah maupun non sawah, dan sub-sektor pertanian lainnya seperti peternakan, perkebunan dan perikanan.

Merujuk data Bank Indonesia, jumlah tenaga kerja di sektor pariwisata pada tahun 2019 adalah sebanyak 328.000 orang dan pada tahun 2020 menurun sebanyak

28 % menjadi 236.000 orang, yang berarti terjadi pengurangan tenaga kerja sebanyak 92.000 orang. Kondisi sebaliknya terjadi di sektor pertanian pada tahun 2020 mengalami penambahan tenaga kerja sebanyak 17,90 % menjadi 546.000 orang. Beralihnya tenaga kerja dari sektor pariwisata ke sektor pertanian menyebabkan aktivitas di sektor pertanian meningkat sehingga emisi GRK yang dihasilkan di sektor ini juga meningkat.

Berakhirnya pandemi COVID-19 menjadikan sektor pariwisata hidup dan bangkit kembali. Tambahan pekerja di sektor pertanian yang semula merupakan pindahan dari sektor pariwisata pada saat COVID-19, kembali ke profesinya semula sehingga terjadinya penurunan aktivitas di sektor pertanian. Seperti misalnya penurunan atas jumlah ternak yang dipelihara, penurunan kegiatan di lahan perkebunan, dan juga penurunan luas tanam untuk padi sawah. Ini menjadi salah satu alasan mengapa emisi di sektor pertanian pada tahun 2023 mengalami penurunan. Jumlah emisi pada sektor pertanian pada tahun 2023 adalah sebesar 1.599,99 Gg CO₂eq atau berkontribusi sebesar 14,63 % dari total emisi. Besaran emisi ini mengalami penurunan dari emisi di tahun 2022 yang besarnya 1.770,33 Gg CO₂e atau sebesar 9,62 % dari tahun 2022.

Perhitungan emisi GRK sektor pertanian meliputi semua sub sektornya sebagai sumber emisi, yaitu sub sektor tanaman pangan dengan emisi CH₄ dari pengelolaan lahan sawah, emisi CO₂ karena penambahan bahan kapur dan pupuk urea, emisi N₂O dari pengelolaan tanah termasuk emisi N₂O tidak langsung dari penambahan N ke tanah karena penguapan/pengendapan dan pencucian, dan emisi non-CO₂ dari biomas yang dibakar pada aktivitas pertanian. Untuk sub sektor peternakan emisi yang dihasilkan adalah emisi CH₄ dari fermentasi *enteric* ternak serta emisi CH₄ dan N₂O dari pengelolaan kotoran ternak. Kontribusi besarnya emisi dari masing-masing sumber emisi di sektor pertanian pada tahun 2022 dan 2023 dapat dilihat pada **Gambar 3.7** berikut.



Gambar 3. 7. Kontribusi Emisi Sektor Pertanian Menurut Sumber Emisi Provinsi Bali Tahun 2022 dan 2023

Berdasarkan kategori sumber emisi, pada tahun 2023 kontribusi terbesar terhadap produksi emisi GRK dari sektor pertanian adalah berasal dari agregat pertanian, budidaya padi (*rice cultivation*) yaitu mencapai 46,2% pada tahun 2023 menurun dibandingkan dengan tahun 2022 yang menyumbang atau sebesar 51,6 % dari keseluruhan emisi. Hal sebaliknya terjadi dari sumber emisi di sektor lahan yang memiliki kontribusi sebesar 13,3 % dari emisi N₂O yang dilepaskan secara langsung dari tanah (*direct N₂O manage soils*) meningkat dibandingkan dengan tahun 2022 yang besarnya 12,6 %. Demikian juga untuk sumber emisi di sektor lahan berupa emisi N₂O yang dilepaskan secara tidak langsung dari tanah (*indirect N₂O manage soils*) meningkat dibandingkan dengan tahun 2022 dari 4,00 % menjadi 4,3 %.

Kontribusi sumber emisi dari peternakan (*enteric fermentation*) meningkat dibandingkan tahun 2022 dari 16,3 % menjadi 18,6 %. Untuk sumber emisi lainnya

memiliki kontribusi emisi yang cukup kecil, dibawah 1 % misalnya dari pupuk, kegiatan pemakaian kapur pada pertanian (liming) dan juga dari pengelolaan kotoran ternak. Dari gambar yang sama juga dapat diketahui bahwa pada tahun 2010-2023 jenis emisi CH₄ (metan) memiliki jumlah emisi yang tertinggi dibandingkan CO₂ (karbon dioksida) dan N₂O (dinitrogen oksida). Emisi CH₄ yang berasal dari sektor pertanian dapat ditimbulkan dari penggunaan biomassa (jerami) yang dibenamkan, kompos dan kotoran ternak. Emisi gas CH₄ timbul dari materi organik yang terurai secara anaerobik karena genangan selama masa tanam. Sedangkan emisi CH₄ yang berasal dari sektor peternakan dapat bersumber dari kegiatan fermentasi enterik dan pengelolaan kotoran ternak.

Salah satu kebijakan untuk menurunkan emisi gas rumah kaca pada sektor peternakan adalah dengan pemberian pakan. Penambahan suplemen berupa lipida dilakukan agar dapat menurunkan produksi CH₄, penambahan lipida sebagai suplemen yang bersumber dari asam –asam lemak tidak jenuh dapat mempengaruhi pola fermentasi yang mengarah pada efisiensi energi (Baldwin,1983). Asam lemak tidak jenuh dapat menurunkan produksi gas metana (CH₄), dan meningkatkan produksi asam propionat. Peningkatan proporsi asam propionate dapat meningkatkan efisiensi energi yang menyebabkan penurunan sintesis gas metana (CH₄). Sementara kebijakan penurunan emisi di sektor pertanian adalah melakukan perubahan pola budidaya bercocok tanam dengan menerapkan metode *System of Rice Intencification* (SRI), Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT), dan penggunaan varietas padi yang rendah emisi, persiapan lahan tanpa pembakaran, dan melakukan pemupukan berimbang. Peningkatan luas tanam baik yang beririgasi maupun non irigasi akan dapat meningkatkan emisi, namun di sisi sebaliknya peningkatan luas tanam melalui peningkatan areal tanam dan atau peningkatan Indeks Penanaman (IP) akan dapat meningkatkan produksi padi sehingga meningkatkan keamanan pangan. Pencetakan luas sawah melalui program ekstensifikasi (perluasan areal sawah) tidak memungkinkan dilakukan di Bali karena keberadaan lahan yang terbatas. Dengan demikian kebijakan peningkatan produksi padi melalui peningkatan luas pangan dan IP dan peningkatan produktivitas melalui penggunaan pupuk kimia ibaratnya seperti kebijakan pisau bermata dua, yakni di satu sisi dapat menjaga keamanan pangan karena persediaan beras meningkat namun di sisi lain

akan menyebabkan peningkatan emisi. Dengan demikian diperlukan kebijakan lain yang akan dapat menurunkan emisi. Kebijakan yang dapat menurunkan emisi adalah mengubah teknik budidaya tanam padi yang selama ini dilakukan dengan sistem penggenangan menjadi sistem budidaya pertanian yang ramah lingkungan melalui teknik atau sistem SRI, PTT dan penggunaan varietas unggul yang rendah karbon, serta menerapkan pemupukan berimbang, sehingga diharapkan dapat menekan penggunaan pupuk urea.

3.3 Sektor Kehutanan dan Penggunaan Lahan Lainnya

Sektor kehutanan merupakan salah satu sektor utama yang perlu dipertimbangkan dalam mengembangkan inventarisasi gas rumah kaca, karena perannya dalam siklus karbon. Sebagian besar dari pertukaran karbon antara atmosfer dan biosfer terestrial terjadi di hutan. Status dan pengelolaan hutan menentukan apakah biosfer terestrial menyerap atau mengemisi karbon. Emisi/Serapan emisi dari setiap kategori penggunaan lahan diduga dari perubahan biomassa atau tampungan karbon untuk lahan yang tetap/tersisa dalam kategori penggunaan lahan yang sama dan lahan yang berubah ke penggunaan lahan tersebut dari penggunaan lahan lain.

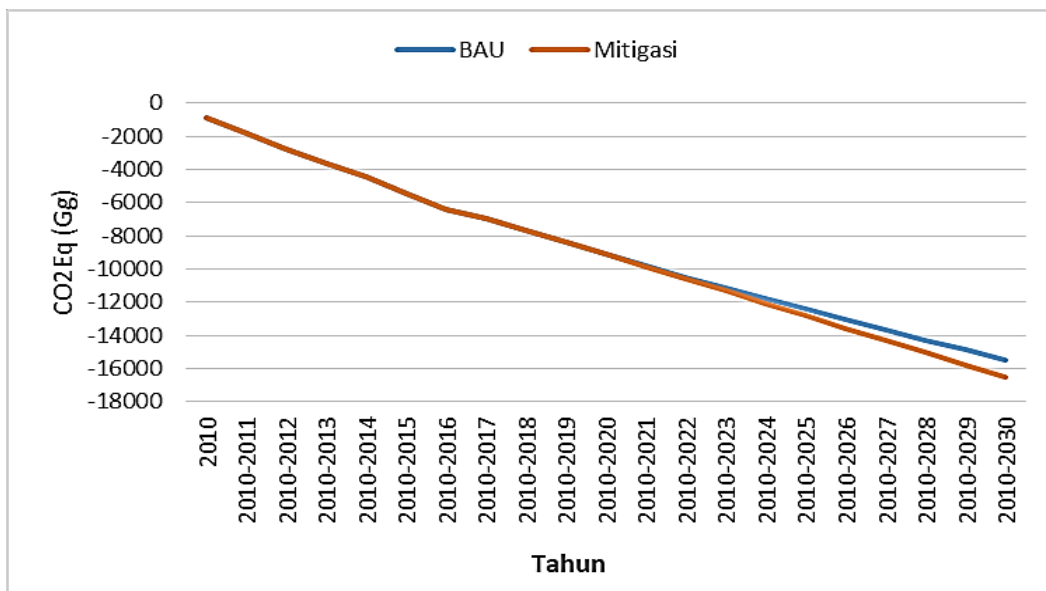
Sektor kehutanan memberikan sumbangan yang cukup tinggi terhadap serapan emisi GRK di Provinsi Bali. Penyerapan emisi CO₂ oleh sektor kehutanan tidak dilihat dari luasan kawasan hutan, tetapi dari sebaran tutupan lahan yang datanya diperoleh dari peta tutupan lahan milik Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). IPCC (2006), membagi kategori lahan kedalam 6 kategori yaitu: (1) *Forest Land* (Lahan Hutan), (2) *Cropland* (Lahan Pertanian), (3) *Grassland* (Padang Rumput/Alang-alang), (4) *Wetlands* (Lahan Basah), (5) *Settlements* (Pemukiman), dan (6) *Other Land* (Lahan Lainnya). Sementara itu KLHK memiliki 23 kategori tipe penggunaan lahan yang dibagi berdasarkan kategori IPCC tersebut, adapun pembagiannya adalah seperti **Tabel 3.5** berikut.

Tabel 3. 5. Pembagian Kategori Hutan Indonesia ke dalam IPCC 2006

Penutup Lahan KLHK	Kategori IPCC
Hutan Lahan Kering Primer	FL
Hutan Lahan Kering Sekunder	FL
Hutan Mangrove Primer	FL
Hutan Rawa Primer	FL

Penutup Lahan KLHK	Kategori IPCC
Hutan Tanaman	FL
Semak Belukar	GL
Perkebunan	CL
Permukiman	S
Tanah Terbuka	OL
Rumput	GL
Air	OL
Hutan Mangrove Sekunder	FL
Hutan Rawa Sekunder	FL
Belukar Rawa	WL
Pertanian Lahan Kering	CL
Pertanian Lahan Kering Campur	CL
Sawah	CL
Tambak	WL
Bandara/Pelabuhan	OL
Transmigrasi	S
Pertambangan	OL
Rawa	WL

Data alih fungsi lahan dari tahun 2010 sampai 2023 merupakan acuan untuk menghitung jumlah GRK yang diserap oleh sektor kehutanan. Berdasarkan hasil analisis proyeksi untuk menetapkan BAU, diperoleh bahwa pada tahun 2030 (-581,23 Gg CO₂eq) akan semakin menurun jika dibandingkan dengan kondisi tahun 2010 (-920,08 Gg CO₂eq). Penurunan serapan emisi banyak disebabkan oleh berkurangnya lahan hutan dan lahan pertanian serta meningkatnya konversi kedua lahan tersebut menjadi lahan non pertanian. Sementara itu untuk mengatasinya dilakukan mitigasi seperti mempertahankan areal hutan dan meminimalisir usaha pengurangan luas lahan hutan, selain juga perlu usaha pemanfaatan lahan-lahan terlantar sebagai tutupan hutan atau sebagai kawasan ruang terbuka hijau, sehingga diperkirakan pada tahun 2030 penurunan jumlah GRK yang mampu diserap dari tahun 2010 tidak terlalu besar yaitu dari 36% menjadi hanya 20%. Usaha tersebut berupa mempertahankan kawasan hutan dan pertanian dari luas konversinya 5% per tahun serta usaha pengendalian luas lahan permukiman hanya menjadi 25% dari kondisi saat ini pada tahun 2030. Proyeksi besaran BAU dan mitigasi untuk sektor kehutanan dari tahun 2010-2030 dapat dilihat pada **Gambar 3.8** berikut.



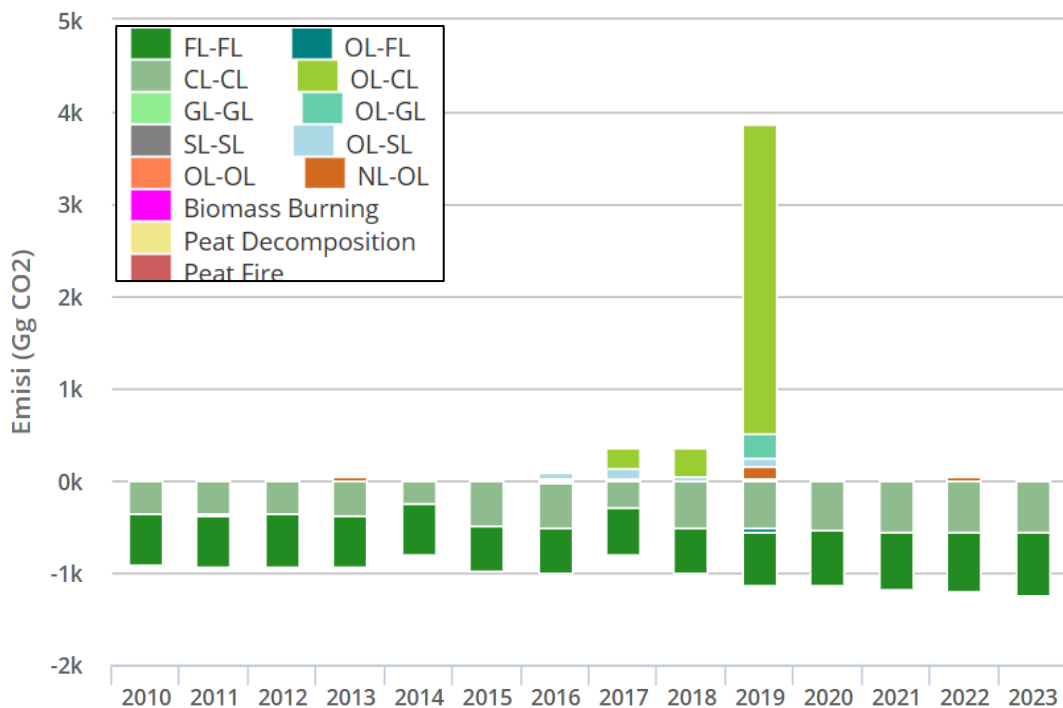
Gambar 3. 8. Proyeksi Kecendrungan Emisi GRK BAU dan Mitigasi Sektor Kehutanan di Provinsi Bali Tahun 2010-2030

Hasil inventarisasi emisi gas rumah kaca (GRK) sektor kehutanan di Provinsi Bali pada tahun 2022 dan 2023 menunjukkan dinamika yang signifikan dalam kontribusi emisi dan penyerapan karbon, yang dinyatakan dalam satuan Gg CO₂Eq. Nilai negatif pada data tersebut mencerminkan adanya reduksi emisi atau peningkatan kapasitas penyerapan karbon, sementara nilai positif mengindikasikan emisi bersih ke atmosfer. Secara umum, kategori *Forest Land Remaining Forest Land* (FL-FL) mencatatkan reduksi emisi yang konsisten, dengan nilai sebesar -662,79 Gg CO₂Eq pada tahun 2022 dan meningkat menjadi -685,7 Gg CO₂Eq pada tahun 2023, menunjukkan bahwa hutan yang tetap berfungsi sebagai kawasan hutan terus menjadi penyerap karbon yang signifikan. Demikian pula, kategori *Cropland Remaining Cropland* (CL-CL) menunjukkan kontribusi penyerapan karbon yang stabil, dengan reduksi sebesar -546,53 Gg CO₂Eq pada tahun 2022 yang meningkat menjadi -565,54 Gg CO₂Eq pada tahun 2023. Meskipun persentase kontribusi kedua kategori ini sedikit menurun, keduanya tetap menjadi komponen utama dalam mitigasi emisi sektor kehutanan, seperti disajikan pada **Tabel 3.6** dan **Gambar 3.9**.

Tabel 3. 6. Emisi yang dihasilkan Sektor Kehutanan Provinsi Bali

NO.	ITEM	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	FL-FL	-555,36	-556,59	-560,09	-570,23	-568,56	-494,93	-494,93	-510,83	-491,67	-579,34	-600,25	-614,80	-662,79	-685,70
2	OL-FL	-1,44	-4,64	0,00	-0,10	-0,08	-0,01	0,00	-0,10	-0,13	-31,12	0,00	0,00	0,00	0,00
3	CL-CL	-363,28	-363,28	-363,28	-370,47	-239,35	-489,13	-487,91	-276,70	-504,15	-515,89	-542,69	-559,08	-546,53	-565,54
4	OL-CL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	12,78	221,82	321,07	3.352,05	1,26	15,65	13,58	0,00
5	GL-GL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	OL-GL	0,00	0,00	0,00	5,39	0,08	2,63	-13,56	-4,89	5,68	266,21	0,00	0,00	0,00	0,00
7	SL-SL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	OL-SL	0,00	0,00	0,00	0,00	3,56	0,99	45,55	126,68	30,00	94,56	0,00	0,45	0,46	0,00
9	OL-OL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	NL-OL	0,00	0,00	0,00	40,78	28,64	0,08	32,61	10,65	1,66	132,08	17,37	0,88	41,32	24,18
11	Biomass burning	0,00	0,00	0,00	5,92	25,29	3,65	0,00	6,86	3,91	12,39	0,59	0,48	0,00	11,93
12	Peat decomposition	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	Peat fire	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	TOTAL	-920,08	-924,52	-923,37	-888,71	-750,30	-976,72	-905,47	-426,49	-633,63	2.730,94	-1.123,71	-1.156,42	-1.153,96	-1.215,12

Sumber: Hasil Analisis SIGN-SMART, 2024



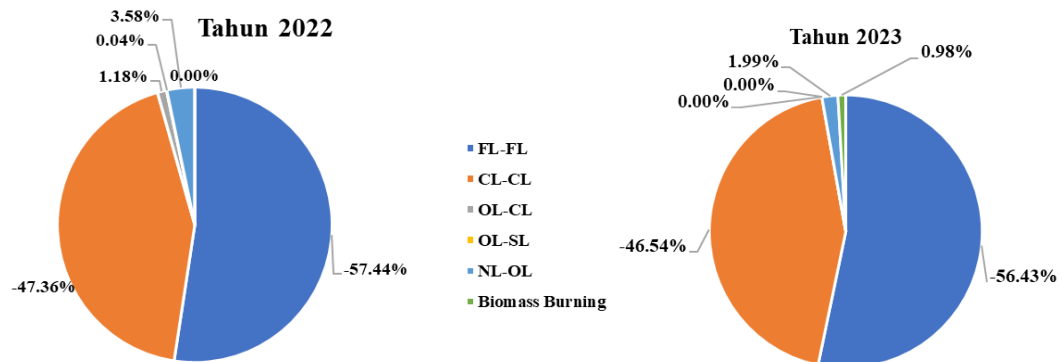
Gambar 3. 9. Grafik Kecendrungan Emisi GRK Sektor Kehutanan Provinsi Bali Tahun 2010-2023

Sumber: Aplikasi SIGN-SMART, 2024

Gambar 3.10 menunjukkan bahwa pada tahun 2010-2016, sektor kehutanan sangat berperan dalam menyerap karbon (nilai emisi negatif). Namun pada tahun 2017-2019 menunjukkan sektor kehutanan juga sebagai sektor yang menyumbang karbon dan puncaknya terjadi pada tahun 2019. Kondisi ini disebabkan oleh karena terjadinya perubahan tutupan lahan secara intensif dari lahan non pertanian (belukar) ke pertanian lahan kering yang berdampak terhadap kontribusi emisi yang sangat besar.

Pada sisi lain, kategori *Other Land Converted to Cropland* (OL-CL) dan *Other Land Converted to Settlements* (OL-SL) menunjukkan penurunan emisi yang signifikan. Emisi dari OL-CL sebesar 13,58 Gg CO₂Eq pada tahun 2022 berhasil ditekan hingga nol pada tahun 2023, sementara OL-SL mencatatkan emisi kecil sebesar 0,46 Gg CO₂Eq pada tahun 2022 yang juga tidak tercatat lagi pada tahun 2023. Hal ini mencerminkan keberhasilan dalam pengelolaan konversi lahan yang mendukung pengurangan emisi GRK. Di sisi lain, kategori *Natural Land Converted to Other Land* (NL-OL) menunjukkan penurunan emisi dari 41,32 Gg CO₂Eq di

tahun 2022 menjadi 24,18 Gg CO₂Eq pada tahun 2023, yang turut mengurangi tekanan terhadap lahan alami di Bali. Namun, perhatian khusus perlu diarahkan pada kategori Biomass Burning, yang tidak mencatatkan emisi pada tahun 2022 tetapi menghasilkan emisi sebesar 11,93 Gg CO₂Eq pada tahun 2023, berkontribusi sebesar 0,98% terhadap total emisi sektor kehutanan.



Gambar 3. 10. Perbandingan persentase emisi gas rumah kaca sektor kehutanan

Kategori FL-FL dan CL-CL tetap menjadi penyerap karbon utama, meskipun persentase kontribusinya sedikit menurun dari -57,44% menjadi -56,43% dan dari -47,36% menjadi -46,54%. Penurunan ini mencerminkan peran relatif kategori lain dalam pengurangan emisi. Pada kategori OL-CL dan OL-SL, kontribusi emisi berhasil ditekan hingga nol, menunjukkan keberhasilan nyata dalam pengelolaan konversi lahan. Sementara itu, kategori NL-OL mencatat penurunan signifikan dari 3,58% menjadi 1,99%, mencerminkan pengurangan tekanan terhadap lahan alami. Namun, kategori Biomass Burning mengalami peningkatan kontribusi dari 0,00% menjadi 0,98% (**Gambar 3.10**), menunjukkan adanya peningkatan aktivitas pembakaran biomassa yang perlu dikelola lebih baik. Secara keseluruhan, perubahan ini mencerminkan keberhasilan mitigasi pada sebagian besar kategori, meskipun perhatian lebih diperlukan untuk mengatasi peningkatan emisi dari pembakaran biomassa.

Secara keseluruhan, hasil ini mencerminkan keberhasilan upaya mitigasi melalui pengelolaan hutan dan lahan yang berkelanjutan di Bali, khususnya dalam menjaga peran hutan dan lahan pertanian sebagai penyerap karbon utama. Namun,

tantangan seperti aktivitas pembakaran biomassa tetap memerlukan perhatian lebih untuk memastikan keberlanjutan penurunan emisi GRK di mendatang.

3.4 Sektor Limbah

Pada sektor pengelolaan limbah, jumlah emisi GRK didekati melalui angka jumlah penduduk, jumlah timbulan sampah, laju timbulan per tahunnya, serta dari distribusi sampah baik yang terangkut ke TPA, dibuang ke sungai, dibuat kompos, dan di daur ulang, serta sistem pembuangan air limbah domestik. Tinja atau kotoran manusia yang ditampung dalam tangki septik akan mengalami pengendapan dan dapat diuraikan oleh mikroorganisme/ bakteri yang ada dalam tangki septik secara lambat laun tinja akan mengalami penguraian dan berbentuk lumpur yang disebut juga sebagai lumpur tinja. Sampah dihasilkan oleh setiap individu dan kecenderungannya terus semakin meningkat. Dari sampah yang dihasilkan dari aktivitas domestik tersebut selanjutnya akan dibuang pada tempat pemrosesan akhir atau TPA. Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya emisi atau produksi gas metana adalah:

1. Jumlah sampah; semakin banyak sampah yang masuk ke TPA maka potensi gas rumah kacanya semakin besar.
2. Komposisi jenis sampah; semakin banyak sampah organik atau sampah yang mudah membusuk maka potensi gas rumah kacanya semakin besar pula.
3. Tipe atau sistem yang digunakan untuk memproses sampah di TPA; semakin tertutup atau semakin besar proses *anaerob*-nya maka akan semakin besar pula potensi gas rumah kacanya.
4. Pemanfaatan biogas yang belum maksimal akan mengakibatkan biogas yang terjadi akibat proses dekomposisi bahan organik akan terlepas ke udara bebas yang akan mengakibatkan semakin besar gas rumah kaca.

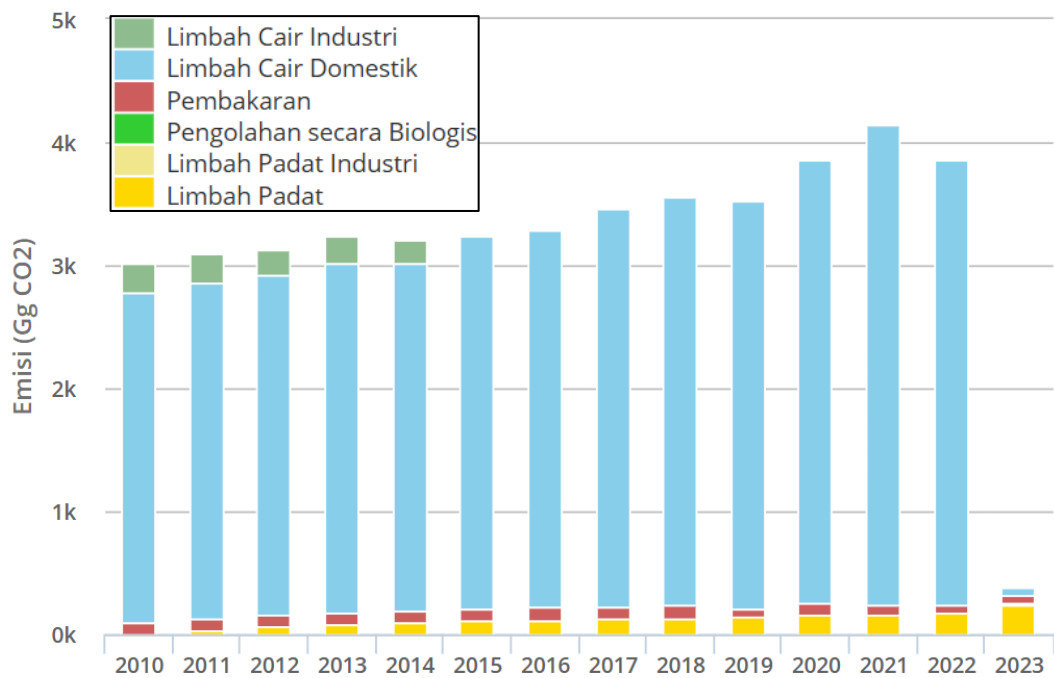
Dalam IPCC guideline 2006, sumber utama emisi GRK dari sektor limbah adalah kegiatan pengelolaannya. Sumber ini diklasifikasikan kedalam 4 kategori yaitu:

- (a) Pengelolaan limbah padat domestik (sampah) di TPA/landfill, pengelolaan biologi atau komposting, pembakaran terbuka (open burning) dan insinerasi,
- (b) pengelolaan limbah cair domestik (baik pengelolaan terpusat di IPAL maupun pengelolaan dengan *septic tank*, cubluk, dan lainnya),
- (c) pengelolaan limbah cair industri dan
- (d) pengelolaan sampah industri.

Tabel 3. 7. Kalkulasi Emisi GRK Sektor Pengelolaan Limbah Tahun 2010-2023

NO.	ITEM	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Limbah cair industri	238,22	240,13	216,69	229,85	186,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Limbah cair domestik	2.684,87	2.723,63	2.756,61	2.831,72	2.825,02	3.035,70	3.070,79	3.231,14	3.321,82	3.321,42	3.597,59	3.897,36	3.612,32	56,73
3	Pembakaran	92,53	93,88	95,06	96,22	97,38	98,51	99,63	100,74	101,82	62,53	96,52	83,93	58,36	75,38
4	Pengolahan secara biologis	1,56	1,58	1,60	1,62	1,64	1,66	1,68	1,70	1,72	0,11	2,16	0,64	0,21	0,95
5	Limbah padat industri	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	Limbah padat	0,00	38,07	63,66	82,48	96,74	107,88	116,86	124,37	130,84	136,63	153,64	158,92	181,51	245,09
	TOTAL	3.017,19	3.097,30	3.133,62	3.241,90	3.207,74	3.243,75	3.288,96	3.457,95	3.556,20	3.520,69	3.849,91	4.140,84	3.852,40	378,15

Sumber: Hasil Analisis SIGN-SMART, 2024



Gambar 3. 11. Grafik Kecenderungan Emisi GRK Sektor Limbah Provinsi Bali Tahun 2010-2023

Sumber: Hasil Analisis SIGN-SMART, 2024

Jenis emisi gas rumah kaca (GRK) dalam sektor limbah mencakup CH₄ (gas metana), N₂O (nitro oksida) dan CO₂ (karbon dioksida) apabila terjadi pada kondisi anaerobik. Emisi metana (CH₄) merupakan emisi tertinggi disetiap tahunnya. Emisi CH₄ (metana) dapat berasal dari proses penguraian anaerobik limbah padat, dan limbah cair. CH₄ juga diemisikan dari *collected untreated wastewater* limbah cair yang mencakup air limbah yang terkumpul ataupun tidak diolah (dibuang kelaut, sungai, danau, saluran air kotor yang mampat), *treated wastewater* limbah cair kota dan fasilitas pengolahan air limbah industri.

Komposisi sampah sangat mempengaruhi besaran emisi CH₄, dimana semakin besar jumlah fraksi yang mudah terdegradasi maka peluang pembentukan CH₄ semakin besar. Selain komposisi sampah, metode pembuangan sampah juga akan mempengaruhi jumlah emisi yang dikeluarkan karena terkait dengan udara luar yaitu oksigen.

Pembakaran sampah merupakan salah satu kegiatan yang dapat mempunyai peranan besar dalam pencemaran udara. Dalam proses pembakaran sempurna

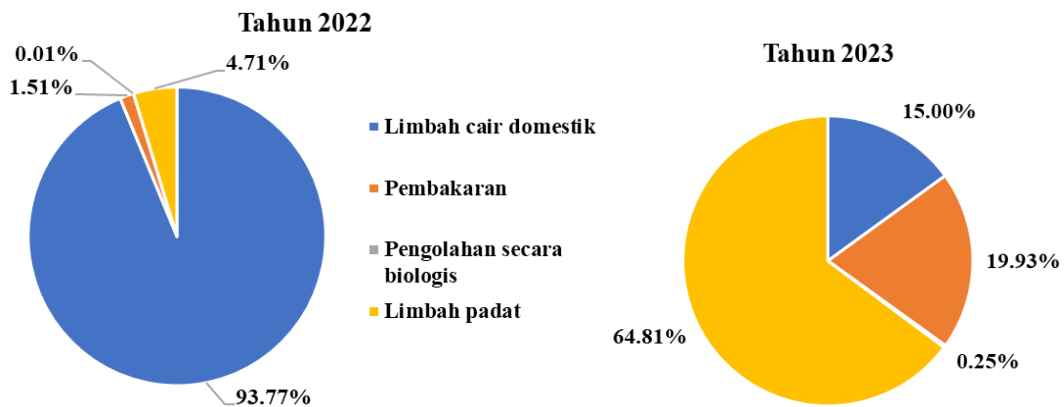
(tinggi) emisi yang dihasilkan adalah emisi CO₂ sedangkan dalam pembakaran tidak sempurna emisi yang dihasilkan berupa CO₂, CH₄ dan N₂O. Emisi pencemaran udara oleh pembakaran sampah adalah emisi partikulat, sedangkan emisi dari proses dekomposisi yang perlu diperhatikan adalah emisi HC dalam bentuk gas metana.

Pengomposan merupakan proses aerobik yang mana salah satu alternatif dalam pengelolaan sampah untuk mengurangi pencemaran lingkungan. Namun pengelolaan sampah organik dengan cara pembusukan akan menyebabkan pelepasan gas metan ke atmosfer. Untuk itu perlu adanya inovasi terbaru dalam pengelolaan sampah organik sehingga dapat mengurangi segala dampak negatif yang ditimbulkan.

Selain sampah, sumber utama gas metan adalah berasal dari limbah cair. Limbah cair seperti dari limbah domestik maupun industri bila dalam kondisi *anaerob* atau sengaja diolah secara *anaerob* dapat menjadi sumber emisi GRK yaitu CH₄, N₂O maupun CO₂ hanya saja CO₂ tidak diperhitungkan karena dianggap biogenik. Limbah cair beserta lumpur yang dihasilkan dapat menghasilkan CH₄ jika terdegradasi secara *anaerob*. Banyaknya emisi CH₄ yang dihasilkan sangat tergantung oleh kuantitas materi organik dalam limbah, temperatur dan jenis pengolahan. Emisi CH₄ di sub sektor limbah cair dalam IPCC Guidelines 2006 berasal dari sungai, danau, estuari atau saluran limbah yang stagnan (tidak mengalir).

Selain itu emisi CH₄ dapat juga berasal dari instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL) baik berupa reaktor atau kolam dan septic tank atau cubluk dari rumah penduduk. Gambar 3.11 berikut menunjukkan perbandingan kontribusi emisi yang dihasilkan dari berbagai sumber emisi pada sektor limbah tahun 2022 dan tahun 2023.

Berdasarkan sumber emisi yang dihasilkan pada tahun 2023 limbah padat di TPA memberikan kontribusi terbesar dalam produksi emisi CH₄ yaitu sebesar 64,81 %, sistem pembakaran terbuka menyumbang emisi CO₂ sebanyak 19,93 %, limbah cair domestik menyumbang emisi CO₂ sebesar 15,00 % dan composting menyumbang emisi NO₂ sebanyak 0,25 % terhadap total emisi CO₂e sebesar 378,15 Gg CO₂eq dari sektor limbah.



Gambar 3. 12. Kontribusi Emisi Sektor Limbah Menurut Sumber Emisi Provinsi Bali Tahun 2022-2023

Inventarisasi emisi gas rumah kaca (GRK) dari sektor limbah menunjukkan penurunan yang signifikan secara keseluruhan antara tahun 2022 dan 2023. Penurunan ini terutama terlihat pada kategori limbah cair domestik, di mana emisi berkurang secara drastis dari 3612,32 Gg CO₂Eq pada tahun 2022 menjadi hanya 56,73 Gg CO₂Eq pada tahun 2023. Persentase kontribusinya juga mengalami penurunan tajam, dari 93,77% menjadi 15,00%. Namun, perlu dicatat bahwa penurunan ini lebih disebabkan oleh keterbatasan data yang tersedia untuk tahun 2023, sehingga belum mencakup secara menyeluruh sumber emisi yang merepresentasikan kondisi sebenarnya di lapangan.

Sementara itu, beberapa kategori lainnya menunjukkan tren peningkatan emisi. Pembakaran, misalnya, mencatatkan kenaikan emisi dari 58,36 Gg CO₂Eq pada tahun 2022 menjadi 75,38 Gg CO₂Eq pada tahun 2023, dengan kontribusi yang meningkat dari 1,51% menjadi 19,93%. Kategori pengolahan secara biologis juga mengalami kenaikan, meskipun relatif kecil, dari 0,21 Gg CO₂Eq (0,01%) pada tahun 2022 menjadi 0,95 Gg CO₂Eq (0,25%) pada tahun 2023. Selain itu, limbah padat menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan, dari 181,51 Gg CO₂Eq pada tahun 2022 menjadi 245,09 Gg CO₂Eq pada tahun 2023, dengan kontribusi yang melonjak dari 4,71% menjadi 64,81%.

Inventarisasi GRK dari sektor limbah memerlukan dukungan dan partisipasi aktif dari setiap instansi terkait sebagai walidata untuk memastikan akurasi dan representasi data yang lebih baik. Keterbatasan data pada kategori limbah cair

domestik di tahun 2023 menjadi contoh nyata betapa pentingnya peran setiap instansi dalam menginput data aktivitas secara lengkap dan tepat waktu. Ketidaklengkapan data dapat menyebabkan hasil inventarisasi yang tidak sepenuhnya mencerminkan kondisi sebenarnya di lapangan, sehingga berpotensi mengurangi efektivitas strategi mitigasi yang dirancang berdasarkan hasil tersebut.

Setiap instansi yang bertanggung jawab terhadap sektor terkait perlu memperkuat koordinasi dan kapasitas untuk mengumpulkan, memvalidasi, dan melaporkan data aktivitas secara sistematis. Hal ini mencakup penyediaan data tentang pengelolaan limbah cair, pembakaran, pengolahan biologis, dan limbah padat. Penginputan nilai aktivitas yang akurat tidak hanya memastikan hasil inventarisasi yang realistis, tetapi juga mendukung perencanaan kebijakan yang lebih berbasis bukti dalam upaya pengurangan emisi GRK di sektor limbah.

Partisipasi aktif dari walidata juga menjadi kunci dalam mengidentifikasi tren dan tantangan spesifik di setiap kategori limbah, sehingga langkah-langkah mitigasi dapat diambil secara lebih terarah. Dengan demikian, penting bagi semua pihak, termasuk pemerintah daerah, pengelola fasilitas limbah, dan pemangku kepentingan lainnya, untuk bersinergi dalam meningkatkan kualitas dan kelengkapan data, guna mendukung target mitigasi GRK yang lebih efektif dan berkelanjutan. Hasil inventarisasi yang realistis dan akurat tidak hanya mencerminkan kondisi aktual, tetapi juga memperkuat posisi Bali dalam mendukung komitmen mitigasi perubahan iklim di tingkat nasional dan internasional.

BAB IV

ANALISIS KETIDAKPASTIAN DAN KATEGORI KUNCI

4.1 Analisis Ketidakpastian

Analisis ketidakpastian merupakan analisis untuk menilai sebesar apa kesalahan hasil dugaan emisi/serapan. Kemunculan analisis ketidakpastian dimulai dari konseptualisasi asumsi, pemilihan model dan input data serta asumsi-asumsinya. Asumsi dan metode yang dipilih akan menentukan banyak dan jenis kebutuhan data yang diperlukan. Secara umum, sumber penyebab atau penyumbang terhadap besarnya tingkat ketidakpastian adalah : kelengkapan data, model pendugaan emisi, ketersediaan data, kesalahan acak, kesalahan pengukuran, kesalahan pelaporan dan kehilangan data.

Analisis ketidakpastian menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2012) bertujuan untuk menghasilkan inventarisasi Gas Rumah Kaca yang berkualitas dan siap untuk diverifikasi, lima prinsip dasar yang harus dipenuhi ialah prinsip transparansi (*Transparency*), akurasi (*Accuracy*), konsistensi (*Consistency*), komparabel atau dapat diperbandingkan (*Comparability*), dan kelengkapan (*Completeness*) atau sering disingkat dengan TACCC. Untuk dapat memenuhi prinsip-prinsip ini, maka dalam penyelenggaraan inventarisasi GRK hal yang harus dilaksanakan ialah:

- a. Transparansi (*Transparency*). Semua dokumen dan sumber data yang digunakan dalam penyelenggaraan inventarisasi GRK harus disimpan dan didokumentasikan dengan baik sehingga orang lain yang tidak terlibat dalam penyelenggaraan inventarisasi GRK dapat memahami bagaimana inventori tersebut disusun. Dalam hal ini metodologi, sumber data, faktor emisi, asumsi yang digunakan untuk menduga data aktivitas tertentu dari data lain yang tersedia dan referensi yang digunakan dalam penyusunan inventarisasi GRK harus dicatat sehingga bisa disampaikan secara transparan.
- b. Akurasi (*Accuracy*). Dalam menduga emisi atau serapan GRK harus diupayakan sedapat mungkin tidak menghasilkan dugaan emisi yang terlalu tinggi (*over estimate*) atau terlalu rendah (*under estimate*). Jadi segala upaya untuk mengurangi bias perlu dilakukan sehingga inventori GRK yang

dihasilkan benar merefleksikan emisi yang sebenarnya dan tingkat kesalahannya kecil. Segala upaya yang dilakukan untuk meningkatkan ketepatan dugaan emisi dan serapan GRK juga harus dicatat dan didokumentasikan dengan baik untuk memenuhi prinsip transparansi.

- c. Komparabel (*Comparability*). Inventarisasi GRK harus dilaporkan sedemikian rupa sehingga dapat diperbandingkan dengan inventarisasi GRK dari daerah lain atau dengan negara lain. Untuk tujuan ini, inventarisasi GRK harus dilaporkan dengan mengikuti format yang telah disepakati. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P.73/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2017, analisis ketidakpastian adalah penilaian seberapa besar kesalahan hasil dugaan emisi/serapan (tingkat *uncertainty*).

Analisis ketidakpastian merupakan analisis yang dilakukan untuk menyatakan tingkat ketidakpastian dari pengukuran dan/atau perhitungan emisi/serapan yang telah diperoleh berdasarkan tingkat keakurasian data aktivitas dan faktor emisi yang digunakan serta analisis konsistensi. Dalam penghitungan emisi GRK terdapat banyak sumber ketidakpastian, hal ini disebabkan karena parameter data aktivitas dan faktor emisi bukan merupakan besaran yang diketahui secara pasti. Oleh karena itu, nilai emisi GRK tidak dapat ditentukan secara absolut, artinya terdapat kemungkinan nilai emisi GRK tersebut tidaklah 100% benar. Konsekuensinya, nilai emisi GRK harus dihitung dengan tetap mempertimbangkan nilai ketidakpastiannya. Ketidakpastian dalam menghitung emisi GRK disebabkan beberapa hal diantaranya:

- a. Ketidakpastian fisik, berkaitan dengan kuantitas fenomena acak, seperti ketidakpastian pada volume konsumsi bahan bakar.
- b. Ketidakpastian dalam pengukuran, berhubungan dengan ketidaksempurnaan alat pengukuran dan pengambilan data/sampling, seperti NCV, kandungan karbon, dan densitas bahan bakar.
- c. Ketidakpastian statistik, berkaitan dengan terbatasnya informasi atau data pengamatan, seperti nilai kalor, kandungan karbon, dan densitas bahan bakar diketahui hanya ketika ada pengiriman bahan bakar.
- d. Ketidakpastian model, berkaitan dengan asumsi penggunaan model

penghitungan emisi GRK untuk memperkirakan nilai emisi GRK.

Uncertainties atau metode ketidakpastian diatasi dengan pendekatan interpolasi. Kondisi ini diaplikasikan untuk data-data tertentu, umumnya pada sumber yang kuantitasnya satuan aktivitasnya besar. Pada sumber emisi tersebut survey total sulit dilakukan karena keterbatasan waktu. Solusinya adalah dilakukan sampel terhadap beberapa sumber dan hasil perhitungan sampel akan digunakan untuk keseluruhan populasi dengan melibatkan interpolasi dengan faktor tertentu.

Analisis ketidakpastian dalam inventarisasi GRK Provinsi Bali relatif tidak banyak dilakukan karena data-data telah tersedia pada dokumen sekunder resmi. Adapun kegiatan ini membatasi dari pelaksanaan survey primer dan lebih berpegang pada pendekatan koleksi data *top down approach*.

Dokumen inventarisasi GRK Provinsi Bali ini secara keseluruhan belum dapat menilai tingkat ketidakpastian (*uncertainty*) karena ketiadaan data dasar (baseline data) emisi GRK (IPCC, 2006). Dokumen ini dapat dikatakan sebagai landasan atau pembuka inventarisasi GRK yang diinisiasi langsung oleh pemerintah kota sehingga dokumen ini akan berperan sebagai data dasar bagi inventarisasi berikut. Inventarisasi berikut adalah momentum ideal untuk memulai perhitungan ketidakpastian secara menyeluruh. Ketidakpastian akan berkaitan dengan penggunaan data aktivitas, faktor konversi dan faktor emisi. Semakin kompleks suatu data aktivitas, maka nilai ketidakpastian dianggap akan semakin rendah. Faktor konversi dan faktor emisi yang bersifat lokal akan lebih mampu menggambarkan kondisi emisi lokal dan faktor yang mempengaruhinya. Oleh sebab itu, kedua konstanta tersebut akan memiliki ketidakpastian rendah apabila menampilkan nilai lokal.

4.2 Kategori Kunci

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P.73/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2017, kategori kunci adalah sumber/roset yang menjadi prioritas dalam sistem inventarisasi GRK karena sumbangan yang besar terhadap total inventarisasi baik dari nilai mutlak, tren dan tingkat ketidakpastian. Tahapan analisis kategori kunci harus dilakukan untuk

mengidentifikasi sumber/serapan yang perlu mendapat prioritas dalam pelaksanaan program perbaikan kualitas data aktifitas maupun faktor emisi, perlu menggunakan metode dengan tingkat ketelitian (tier) yang lebih tinggi, dan perlu menjadi perhatian utama dalam sistem penjamin dan pengendalian mutu data. Ada dua pendekatan yang digunakan untuk melakukan analisis kategori kunci, yaitu pendekatan pertama berdasarkan hasil inventarisasi GRK satu tahun atau lebih dari satu tahun. Apabila inventarisasi GRK hanya satu tahun maka analisis kategori kunci dilakukan berdasarkan penilaian terhadap tingkat emisi (*Level Assessment*); dan apabila lebih dari satu tahun dilakukan berdasarkan penilaian terhadap tren emisi (*Tren Assessment*). Pendekatan kedua adalah berdasarkan nilai *uncertainty*. Untuk inventarisasi GRK, IPCC menentukan kategori kuncinya sendiri yang berhubungan dengan pelaporan hasil.

Pendekatan kedua tidak dapat dilakukan dalam inventarisasi GRK Provinsi Bali karena tidak tersedianya analisis ketidakpastian, sehingga pendekatan yang akan digunakan dalam penentuan kategori kunci adalah metode pertama. Metode pertama terbagi dua yaitu untuk data inventarisasi dalam batasan temporal satu tahun menggunakan *Level Assesment* dan untuk data inventarisasi yang tersedia dalam time series menggunakan *Tren Assesment*. Inventarisasi emisi GRK Provinsi Bali hanya menyediakan data dalam satu tahun perhitungan sehingga digunakan pendekatan *Level Assesment* dengan hasil perhitungan mendapatkan :

1. Untuk parameter GRK karbondioksida, kategori kunci Provinsi Bali adalah sektor energi yang dihasilkan dari pembangkit, transportasi dan perumahan/ perkantoran.
2. Untuk parameter GRK metana, kategori kunci Provinsi Bali adalah dari pengelolaan limbah padat (sampah) di TPA ,dan dari limbah cair domestik.
3. Untuk parameter GRK nitrogen dioksida, kategori kunci Provinsi Bali adalah pengelolaan lahan, dan pengelolaan kotoran ternak.

Tinjauan dari besaran dan resiko emisi pada setiap parameter, maka kategori kunci emisi GRK di Provinsi Bali adalah penggunaan energi. Hal tersebut ditentukan hanya dari satu parameter GRK utama yaitu karbondioksida. Alasan hal tersebut karena status karbondioksida sebagai gas rumah kaca dengan resiko nomor

satu memiliki intensitas tinggi, kontinyu, konsisten dan cenderung terus mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan populasi dan kebutuhan antropogenik. Aktivitas antropogenik didominasi oleh kehidupan modern yang senantiasa menggunakan energi dari bahan bakar fosil. Hal tersebut tampak jelas pada hasil inventarisasi emisi. Konsumsi energi akan berkontribusi terhadap emisi karbondioksida sebagai hasil sampingan atau entropi dari proses pembakaran (*combustion*) sempurna.

BAB V

PENGENDALIAN DAN PENJAMINAN MUTU

Menurut Peraturan Presiden No. 71 tahun 2011 tentang Inventarisasi GRK Nasional, Inventarisasi GRK harus didukung oleh sistem *Quality Assessment* (QA) dan *Quality Control* (QC). QA/QC berlaku untuk data aktivitas dan faktor emisi yang digunakan dalam memperkirakan emisi serta hasil estimasi. QA/QC dilakukan oleh penyedia data. QA/QC juga dilakukan pada akhir Laporan Inventarisasi GRK melalui pertemuan sektoral teknis yang dilakukan untuk membahas data aktivitas, faktor emisi, parameter, dan metode yang diterapkan dalam pengembangan inventarisasi GRK. Pada kegiatan inventarisasi emisi GRK tahun 2022 Provinsi Bali, data aktivitas, faktor emisi, metodologi perhitungan dan hasil perhitungan inventarisasi emisi GRK telah melalui tahapan QA/QC. Proses verifikasi dan validasi data dan hasil perhitungan inventarisasi emisi GRK dilakukan melalui penyelenggaraan rapat/diskusi, kegiatan *Focus Group Discussion* (FGD) dan konsultasi publik. Dalam kegiatan FGD dan rapat/diskusi dihadiri oleh anggota pokja selaku penyedia data dan *shareholder* terkait baik dari sektor energi, industri, limbah, dan AFOLU (kehutanan dan pertanian).

Pengembangan sistem pengendalian dan penjaminan mutu tidak hanya bermanfaat untuk menghasilkan Inventarisasi GRK berkualitas, tetapi juga secara langsung akan menghasilkan data dan informasi pelaksanaan pembangunan yang lebih akurat dan dapat diandalkan. Keberadaan data dan informasi yang akurat sangat diperlukan bagi penyusunan perencanaan pembangunan berkelanjutan. Pengendalian mutu (QC) merupakan sistem pelaksanaan kegiatan rutin yang ditujukan untuk menilai dan memelihara kualitas dari data dan informasi yang dikumpulkan dalam penyelenggaraan inventarisasi GRK. Kegiatan QC dilakukan oleh orang yang bertanggungjawab dalam pengumpulan data dan informasi tersebut.

Penjaminan mutu (QA) adalah suatu sistem yang dikembangkan untuk melakukan review yang dilaksanakan oleh seseorang secara langsung tidak terlibat dalam penyelenggaraan inventarisasi GRK. Kegiatan review akan memverifikasi bahwa penyelenggaraan inventarisasi GRK sudah sesuai prosedur dan standar yang

berlaku dan menggunakan metode terbaik sesuai dengan perkembangan pengetahuan terkini dan ketersediaan data. Pengendalian dan penjaminan mutu dilakukan untuk memastikan kualitas dua variabel yaitu data aktivitas dan hasil hitungan beban emisi.

Penjaminan mutu dilakukan melalui proses pemaparan secara langsung hasil perhitungan dalam dua tahapan yaitu laporan antara dan paparan akhir. Secara khusus kedua tahapan tersebut mengikutsertakan pihak-pihak terkait untuk memberikan masukan dalam hubungannya dengan hasil inventarisasi secara bertahap yaitu pada laporan antara dengan hanya melibatkan Dinas Kehutanan Lingkungan Hidup setempat sebagai penanggung jawab dan pada paparan akhir dengan melibatkan keseluruhan *shareholder*. Kedua kegiatan juga berperan sebagai pengendalian mutu (QC). Penjaminan mutu terutama akan difokuskan pada kategori kunci sebagai penanda bagi upaya manajemen kualitas udara yang akan dirumuskan berbasis hasil inventarisasi.

USEPA (2005) menyatakan tentang pentingnya pengendalian mutu dilakukan sejak dasar pelaksanaan yaitu secara internal. Pengendalian mutu (QC) internal disertakan dalam perencanaan awal inventarisasi meliputi :

1. Pengecekan kalkulasi beban emisi untuk meminimalisasi kesalahan (error)
2. Pengecekan pada faktor emisi untuk memastikan kesesuaian penggunaan faktor emisi tersebut, termasuk konversi satuan pada data aktivitas
3. Mendokumentasikan seluruh asumsi atau pendekatan ilmiah yang mungkin dilakukan dalam kalkulasi emisi
4. Membandingkan keselarasan hasil perhitungan emisi antar sumber atau dengan kondisi logis di lapangan atau dengan kondisi emisi kota lain berdasarkan atas karakteristik kegiatannya.

Tujuan dari pelaksanaan pengendalian mutu antara lain adalah :

1. Menyediakan mekanisme pengecekan rutin dan konsisten agar data yang dikumpulkan memiliki integritas, benar dan lengkap
2. Mengidentifikasi dan mengatasi kesalahan dan kehilangan data
3. Mendokumentasikan dan menyimpan semua data dan informasi untuk inventarisasi GRK dan mencatat semua aktivitas pengendalian mutu yang dilakukan.

Dengan pertimbangan tersebut diharapkan data kegiatan mencirikan kondisi yang sebenarnya (faktual). Prosedur pengendalian dan penjaminan mutu IGRK di Provinsi Bali dilakukan melalui prosedur-prosedur sebagai berikut.

Tabel 5. 1. Prosedur Pengendalian dan Penjaminan Mutu IGRK Provinsi Bali

Pengendalian Mutu		
No	Kegiatan	Prosedur
1	Pendokumentasian Data Kegiatan	<ul style="list-style-type: none"> • Cek ulang data, apakah sudah terdokumentasi atau hanya berdasarkan informasi lisan • Jika masih dalam informasi lisan, buat dokumentasi sesuai dengan format – • Jika sudah terdokumentasi, cek apakah sesuai dengan Format Pelaporan Umum (<i>Common Reporting Format</i>) – • Jika belum, pindahkan dalam Format Pelaporan Umum Cek apakah satuan sudah sesuai dengan standar • Cantumkan sumber data untuk konfirmasi
2	Kelengkapan Data Berseri	<ul style="list-style-type: none"> • Cek apakah data hanya ada dalam tahun tunggal atau sudah jamak • Jika hanya tahun tunggal, buat pendugaan tahun-tahun sebelumnya • Cek apakah satuan sudah sesuai dengan standar • Cantumkan sumber data untuk konfirmasi
3	Penggunaan asumsi untuk pendugaan	<ul style="list-style-type: none"> • 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/prediktor yang tepat - Cek apakah asumsi-asumsi yang dibuat konsisten sepanjang data berseri atau antardaerah - Jika menggunakan data prediktor, cek apakah data prediktor tersebut relevan dan wajar - Cek apakah data prediktor berasal dari sumber yang jelas - Cek apakah data prediktor menggunakan satuan yang sesuai - Jika semua sudah dilakukan, masukkan data pendugaan ke dalam Format Pelaporan Umum

4	Pengecekan Satuan dan Konversi	<ul style="list-style-type: none"> • Cek apakah satuan yang digunakan sudah dimasukkan dengan baik dalam lembar kerja perhitungan. - Pastikan bahwa satuan yang benar digunakan mulai dari awal sampai akhir perhitungan • Cek bahwa faktor konversi sudah benar • Cek faktor penyesuaian baik temporal maupun <i>spatial</i> sudah digunakan dengan benar
5	Pengecekan Kepakaran	<ul style="list-style-type: none"> • Dalam menentukan data kegiatan yang tidak terdokumentasi dilakukan <i>expert judgment</i> - Cek apakah pakar sesuai dengan kriteria kepakaran - Cek apakah asumsi sudah dimasukkan dalam Format Pelaporan Umum - Cek apakah satuan sudah tepat • Cantumkan sumber dan metode pendugaan sebagai referensi
6	Pengecekan Kelengkapan	<ul style="list-style-type: none"> • Konfirmasi bahwa dugaan emisi dan serapan GRK sudah dilaporkan untuk semua kategori untuk semua tahun mulai dari tahun dasar sampai tahun inventarisasi terakhir - Untuk sub-kategori, konfirmasi bahwa semua kategori sudah tercakup • - Berikan definisi yang jelas untuk kategori sumber/rosot GRK lain apabila data Cek bahwa gap data yang menghasilkan estimasi yang tidak lengkap didokumentasi termasuk evaluasi kualitatif tentang pentingnya sumbangan emisi dari kategori tersebut terhadap total emisi
Penjaminan Mutu		
1	Pengecekan Kepakaran Verifikator / Evaluator	<ul style="list-style-type: none"> • Cek apakah pakar sesuai dengan kriteria kepakaran • Cek apakah evaluator bertindak sesuai dengan prosedur
2	Dokumentasi Hasil Evaluasi	<ul style="list-style-type: none"> • Cek apakah hasil evaluasi dicatat - Cek apakah catatan evaluasi memberikan rujukan yang tepat. Misalnya mencantumkan rujukan metode - Cek apakah dokumentasi hasil evaluasi didokumentasikan pada format yang sesuai - Cek apakah tim penyusun memahami rekomendasi evaluator/auditor • Pastikan dua pihak (evaluator/auditor dan tim penyusun) menyetujui rekomendasi yang dibuat evaluator

BAB VI

RENCANA PERBAIKAN PENYELENGGARAAN INVENTARISASI

6.1 Perbaikan Dokumentasi dan Koordinasi Data Lokal

Provinsi Bali memiliki data aktivitas yang tersebar pada beberapa *shareholder* lingkungan, bersifat *shareholder* lokal dengan cakupan lokal maupun *shareholder* regional dan nasional. Penyusunan dokumen Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) Provinsi Bali 2010 menjadi titik awal baru bagi perhitungan emisi, dapat diterapkan sebagai tahun dasar (*baseline year*) data untuk perhitungan tahun-tahun berikutnya. Oleh sebab itu, instansi-instansi terkait mulai dapat secara rutin mendokumentasi data-data terkait dengan bidang penguasaan yang akan secara rutin digunakan, minimal adalah sesuai atau selaras dengan sektor yang telah diinventarisasi pada tahun dasar.

Peran dari dokumentasi secara mandiri adalah memudahkan penyerahan dan pengumpulan data pada tahun berikutnya. Adanya dokumentasi sekaligus akan menjadi sumber pengecekan bagi perhitungan ketidakpastian maupun penjaminan kualitas dari dokumen inventarisasi GRK. Lebih jauh melalui data yang telah didokumentasi dengan baik akan dapat ditentukan model-model emisi lokal secara sederhana yang akan mengarah sebagai landasan penyusunan faktor emisi lokal. Hal tersebut berperan dalam meningkatkan akurasi perhitungan hingga mampu untuk mendekati norma akurasi hitungan Tier III.

Pemilik data yaitu *shareholders* lingkungan Provinsi Bali merupakan elemen terpenting dari inventarisasi GRK sehingga kesepahaman visi, kesatuan maksud dan tujuan antar *shareholders* sangat penting untuk dibangun. Kesepahaman dan kesatuan tersebut hanya dapat terjadi ketika koordinasi antar instansi telah berjalan dengan baik. Dinas Kehutanan Lingkungan Hidup (DKLH) Provinsi Bali wajib mengambil peran sebagai pusat koordinasi termasuk dalam penyatuan visi tentang data aktivitas. Koordinasi yang telah terjalin pada pengumpulan data tahun dasar harus dipertahankan dan disempurnakan. Jumlah instansi maupun elemen *shareholders* sebisa mungkin untuk ditambah yang bermanfaat bagi pengayaan dan pelengkapan data maupun *uncertainties*.

Berkaitan dengan upaya untuk meningkatkan koordinasi maupun dokumentasi terhadap data aktivitas yang konsisten, maka penting untuk dilakukan pembentukan konsorsium *shareholder* gas rumah kaca lokal. Konsorsium tersebut benar-benar melibatkan personal yang menguasai atau setidaknya memiliki aksesibilitas terhadap data di setiap elemen *shareholders*. Konsorsium tersebut dapat berisi elemen lengkap *shareholders* mencakup ; unsur pemerintah, badan usaha, unsur swasta, unsur masyarakat dan akademisi dimana Kepala Daerah sebagai pembina kegiatan dan DKLH selaku penanggung jawab kegiatan.

Peran konsorsium lokal adalah sebagai penghubung sekaligus kompilator data aktivitas yang telah didokumentasikan pada masing-masing instansi. Anggota konsorsium akan terus dilibatkan dan dipertahankan dalam kegiatan inventarisasi sehingga akan muncul konsistensi, keberlanjutan dan evaluasi diri yang lebih sempurna seiring dengan pemahaman yang tinggi dari masing-masing personel dalam konsorsium. Pelengkapan data menjadi hal penting untuk mekanisme penyempurnaan mitigasi emisi GRK. Data tersebut termasuk pada kegiatan kegiatan yang bersifat khas lokal termasuk untuk Provinsi Bali adalah industri kecil atau industri rumah tangga yang saat ini belum ada data aktivitas dari industri ini yang memiliki potensi emisi cukup besar.

6.2 Perbaikan Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dengan metode *top down* dirasa beresiko tinggi terhadap terjadinya ketidakpastian. Artinya, hasil dari estimasi emisi kemungkinan besar akan berada pada posisi *overrated* atau *underrated* terhadap kondisi sebenarnya. Pendataan *top down* akan serta merta menghilangkan gambaran tentang kondisi lingkungan lokal yang lengkap. Sebagai contoh adalah perhitungan emisi transportasi jalan raya dengan metode penjualan bahan bakar yang mengabaikan kondisi wilayah transit antar pulau (Pulau Jawa dan Pulau Lombok). Metode yang dianggap lebih faktual adalah *bottom up* yang dapat dikombinasikan dengan data sekunder sebagai pembanding. Metode *bottom up* akan langsung mencari data secara mendetail pada lapangan sehingga dapat ditentukan target Tier hitungan yang harus dicapai berdasarkan ketersediaan data lapangan. Permasalahan

sebenarnya sebagai pemicu tingkat emisi sektor tertentu akan lebih detail teridentifikasi melalui metode *bottom up*. Kelemahan metode *bottom up* adalah kebutuhan terhadap sumber daya berupa modal, tenaga maupun waktu yang lebih besar dibandingkan aplikasi *top down*. Oleh sebab itu, jikalau metode *bottom up* masih belum dapat diaplikasikan akibat keterbatasan sumber daya, maka solusi yang dapat ditempuh adalah dengan perbaikan kualitas data. Perbaikan tersebut dapat dilakukan dengan pemetaan dan penyusunan kebutuhan data aktivitas sejak dini untuk mencapai suatu kualitas tertentu. Data aktivitas pada akhirnya wajib distandarkan kedalaman faktanya dan menjadi kewajiban bagi setiap *shareholders* pemilik data untuk melengkapi data sesuai dengan perencanaan awal.

6.3 Peningkatan Metode Perhitungan dan Analisis Data

Metode perhitungan emisi GRK bersumber pada satu formula baku emisi yaitu perkalian antara data aktivitas dengan faktor emisi. Perbedaan pada hasil perhitungan adalah Tier atau level akurasi hitungan yang sepenuhnya bergantung pada kompleksitas data aktivitas dan ketersediaan faktor emisi lokal. Satu poin yang dapat dikejar adalah penyediaan data aktivitas yang lebih kompleks untuk menggapai Tier yang lebih meningkat. Salah satu alternatif yang dapat ditempuh untuk meningkatkan akurasi perhitungan adalah dengan mengaplikasikan *assistance software*. *Assistance software* atau *worksheet* dimaksud antara lain seperti model emisi metana landfill sampah IPCC (telah diterapkan dalam inventarisasi ini) dan *Mobile software* untuk mengestimasi emisi transportasi jalan raya dengan pendekatan Tier III. Penggunaan software atau worksheet tersebut membutuhkan ketersediaan data lebih lengkap atau bahkan *time series* pada periode yang panjang.

Analisis data dalam inventarisasi GRK adalah berbasis kuantitatif yang bermakna minimal ada pembahasan terhadap hasil secara kuantitatif atau menyajikan data kuantitatif dalam format interaktif. Meskipun demikian, akan lebih baik apabila analisis data diperkaya secara kualitatif dengan merujuk pada rona lingkungan lokal, *expert judgement*, pembandingan di daerah lain maupun studi literatur terkait. Hal tersebut tentunya akan membantu perencanaan manajemen kualitas udara dalam rangka reduksi emisi. Peningkatan kedalaman analisis data dapat dicapai melalui penambahan sub sektor dalam inventarisasi emisi. Sebagai

contoh pada penggunaan energi sektor perdagangan, sesuai dengan karakter Provinsi Bali dapat dipecah dalam sub sektor seperti perhotelan, pertokoan hingga perkantoran. Peningkatan analisis terhadap emisi juga dapat dicapai melalui kajian data *time series* serta analisis korelasi dan regresi terhadap variabel-variabel yang diperkirakan mempengaruhi perubahan nilai emisi, terutama pada kategori kunci.

6.4 Perbaikan Quality Assessment (QA)

Kegiatan inventarisasi GRK pada tahun dasar di Provinsi Bali mengandalkan *shareholder meeting* dan pertemuan internal sebagai sarana *quality assesment*. Pada masa mendatang hal ini harus dilakukan dengan melibatkan ahli atau expert dalam inventarisasi emisi yang bersifat independen.

6.5 Konsistensi dan Kontinuitas

Pada akhirnya elemen terpenting dari sebuah kegiatan inventarisasi GRK adalah konsistensi dan kontinuitas. Gas Rumah Kaca adalah isu penting pada dunia modern dengan tuntutan pada seluruh negara dan wilayah lebih kecil di dalamnya untuk turut serta dalam upaya mitigasi dan reduksi emisi. Dampak GRK nyata tidak kecil dalam lingkungan modern bahkan dipandang sebagai pemicu utama perubahan iklim. Oleh sebab itu diperlukan konsistensi dan kontinuitas pelaksanaan inventarisasi GRK dengan terlebih dahulu menentukan periode ideal untuk re-inventarisasi setelah pelaksanaan tahun dasar kegiatan. Kontinuitas kegiatan harus dicapai melalui peningkatan kualitas hasil yang dicapai berbasis pada akurasi estimasi emisi. Konsistensi diwujudkan dengan pelaksanaan secara teratur dan konsisten pada metode yang digunakan, pengelompokkan emisi hingga penyediaan dan kelengkapan data aktivitas emisi.

6.6 Evaluasi Diri

Evaluasi diri penting dilaksanakan oleh pelaksana inventarisasi emisi untuk memperbaiki atau meningkatkan kualitas kegiatan pada masa mendatang. Evaluasi diri dapat dilakukan dengan melakukan pencatatan dan dokumentasi terhadap masukan baik pada saat *shareholder meeting* maupun dari *expert judgement*. Evaluasi diri juga perlu dilakukan oleh penyelenggara inventarisasi emisi terutama

berkaitan dengan kelancaran pengumpulan data untuk memperbaiki metode pendekatan pada tiap *shareholders* (telah disarankan melalui pembentukan konsorsium GRK). Evaluasi diri juga perlu dilakukan oleh masing masing *shareholders* terkait kepemilikan, kelengkapan dan kontinuitas data mengingat dari data tersebut estimasi dan perencanaan mitigasi emisi berasal.

BAB VII

PENUTUP

Inventarisasi Emisi GRK Provinsi Bali merupakan upaya Pemerintah Provinsi Bali untuk menghitung besaran emisi dari berbagai sumber emisi GRK di Provinsi Bali yang terdiri dari empat sektor, yaitu sektor energi, pertanian, kehutanan dan limbah. Penyusunan IGRK ini adalah merupakan implementasi atas Peraturan Presiden No. 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 yang merupakan penyempurnaan dari Peraturan Presiden No. 71 Tahun 2011 tentang Inventarisasi Emisi GRK Nasional, yang mengatur kewajiban pemerintah daerah untuk menyusun inventarisasi emisi GRK setiap tahun untuk dilaporkan ke KLHK.

7.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil perhitungan melalui aplikasi SIGN-SMART, menunjukkan tingkat emisi GRK di tahun 2023 adalah sebesar 10.932.96 Gg CO₂eq yang mengalami penurunan sebesar 13,74% dari tahun 2022. Sektor energi merupakan sektor yang berkontribusi terbesar terhadap emisi GRK pada tahun 2023 yaitu sebesar 10.169,94 Gg CO₂eq atau sebesar 93,02 % dari total emisi. Kontribusi terbesar kedua adalah sektor pertanian yaitu sebesar 1.599,99 Gg CO₂eq atau 14,63 %, dan kemudian diikuti oleh sektor limbah yang berkontribusi sebesar 378,15 Gg CO₂eq atau 3,46 %. Sedangkan sektor kehutanan mampu mereduksi emisi GRK sebesar -1.215,12 Gg CO₂eq (-11,11%).
2. Besaran tingkat emisi melalui upaya mitigasi pada tahun 2023 sebesar 10.932,96 Gg CO₂eq, dimana besaran ini masih lebih tinggi 14.88% dari target yang ditetapkan sebesar 9.305,87 Gg CO₂eq. Dengan demikian upaya penurunan emisi masih perlu terus dilakukan melalui berbagai kebijakan disektor energi karena emisi di sektor ini mempunyai kecendrungan terus meningkat.

3. Berdasarkan sumber emisi untuk masing-masing sektor, kontribusinya adalah sebagai berikut;
 - a. Sektor energi, ada dua sumber emisi yang memberikan kontribusi terbesar, yaitu dari penyedia energi (pembangkit) berupa CO₂ sebesar 46,39 % dan transportasi sebanyak 45,87%.
 - b. Sektor pertanian. Ada tiga sumber emisi yang berkontribusi besar terhadap total emisi yang dihasilkan, yaitu dari kegiatan padi sawah (CH₄) berkontribusi 46,22 %, dari *enteric* fermentasi (CH₄) 18,62%, dan pengelolaan lahan berupa NO₂ langsung sebesar 13,27%.
 - c. Sektor limbah. Untuk sektor limbah sumber emisi terbesar dihasilkan dari Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) berupa CH₄ sebesar 64,81%, dari pembakaran terbuka berupa CO₂ sebesar 19,93 %, dan dari limbah cair domestik yang berkontribusi dalam bentuk CH₄ sebesar 15,00 %.
4. Meskipun terdapat penurunan emisi, hal ini belum sepenuhnya mencerminkan kondisi aktivitas aktual di lapangan dari berbagai sektor. Penurunan ini juga dapat disebabkan oleh belum terbaruinya data aktivitas dari wali data. Oleh karena itu, diperlukan kerja sama antar instansi untuk memperbarui dan menyediakan data yang akurat, sehingga perhitungan emisi saat ini dapat mencerminkan kondisi sebenarnya.
5. Kategori kunci pada emisi GRK Provinsi Bali untuk parameter karbondioksida adalah penggunaan energi, untuk parameter metana adalah pengelolaan limbah dan untuk parameter nitrogen dioksida adalah sektor pertanian.

7.2 Rekomendasi

Berdasar kesimpulan yang diperoleh dalam inventarisasi emisi ini, direkomendasikan hal-hal sebagai berikut :

1. Melakukan pengendalian emisi berdasarkan pada kategori kunci pada masing-masing sektor.
 - a. **Penggunaan energi**

- Penegakan Hukum untuk Kendaraan Tidak Ramah Lingkungan: Pemerintah daerah perlu melakukan penindakan tegas terhadap kendaraan yang tidak memenuhi standar emisi melalui tilang elektronik dan sanksi berupa denda progresif bagi pelanggar yang tidak memperbaiki kendaraannya dalam periode tertentu.
- Sosialisasi dan kampanye terus menerus penggunaan angkutan publik dimulai dari instansi pemerintahan dan komunitas pendidikan (penyediaan bus kantor, bus sekolah dan kemudahan akses untuk transportasi publik).
- Kampanye penggunaan kendaraan listrik dimulai dari instansi pemerintahan dan komunitas pendidikan, seperti kendaraan listrik bagi kendaraan dinas pemerintah kendaraan listrik untuk bus sekolah dan kemudahan akses untuk mendapatkan SPKLU (Stasiun Pengisian Listrik Umum) dan baterai.
- Pelaksanaan pengujian emisi kendaraan secara konsisten dan pemberian bukti pelanggaran (tilang) terhadap kendaraan yang melampaui baku mutu emisi kendaraan.
- Konversi bahan bakar untuk pembangkit dari bahan bakar fosil menjadi gas dan percepatan penggunaan pembangkit yang menggunakan energi baru dan terbarukan (EBT), khususnya dari PLTS.
- Kampanye dan penyelenggaraan program *reward-punishment* hemat energi pada masyarakat, sektor perdagangan, jasa dan perkantoran, khususnya dalam pemakaian energi listrik.
- Perlu disosialisasikan lebih intensif tentang Surat Edaran (SE) Gubernur Bali No. 5 tahun 2022 tentang Pemanfaatan Pembangkit Tenaga Listrik Surya (PLTS) Atap di Provinsi Bali dan menjadi pertimbangan dalam penerbitan Izin Usaha.
- Evaluasi pada kegiatan kampanye lingkungan seperti car free day yang tujuan utamanya adalah mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dan menjadikan areal lokasi *car free day* sebagai salah satu tempat pameran kendaraan listrik.

- Menetapkan jalur dan ruas jalan tertentu pada hari-hari tertentu bebas kendaraan berbahan bakar fosil.
- Penyediaan dan perbaikan fasilitas jalur jalan untuk kendaraan berbahan bakar non fosil seperti jalur sepeda dan pedestrian.

b. Pertanian dan kehutanan

- Pemanfaatan kotoran atau limbah ternak menjadi lebih bermanfaat dan bernilai ekonomis sebagai biogas atau pupuk agar mampu memberikan nilai positif tambahan sekaligus juga mengurangi emisi.
- Upaya penambahan ruang terbuka hijau dan peningkatan jumlah vegetasi yang efektif dalam menyerap karbon khususnya pada kawasan pusat perkantoran dan perekonomian.
- Pembatasan konversi lahan hutan menjadi peruntukan lain yang dapat meningkatkan emisi. Untuk itu pengaturan yang berkaitan dengan perubahan tutupan lahan perlu dilakukan dan dilaksanakan secara konsisten.
- Meningkatkan upaya pencegahan terjadinya kebakaran hutan, misalnya dengan membentuk Manggala Agni, rutin melakukan kegiatan patroli.
- Budidaya padi sawah dengan menggunakan SRI terus perlu dikampanyekan dan difasilitasi karena dengan sistem irigasi dengan penggenangan seperti yang ada sekarang menghasilkan emisi metan yang sangat tinggi disamping PTT dan penggunaan varietas unggul yang rendah karbon seperti Ciherang, IR 64 dan lainnya.
- Pasar untuk produk organik perlu dibangun dan difasilitasi sehingga petani padi sawah dan perkebunan bersedia menggunakan input (pupuk) organik yang dapat menurunkan emisi.
- Mensosialisasikan dan memprioritaskan penanaman varietas unggul rendah emisi,

c. Pengelolaan limbah

- Perlu penambahan fasilitas *methane capture* dimasing-masing lokasi TPA dan IPAL untuk mengendalikan pelepasan gas metan ke atmosfer.

- Penambahan pembangunan IPAL komunal pada daerah-daerah sistem pengelolaan limbah cairnya tidak mengikuti kaidah sanitasi.
 - Pemasalan bank sampah dan penggalakan kegiatan 3R (*reduce, reuse and recycle*) di sumber sampah beserta pengembangan atau distribusi produknya untuk menarik minat masyarakat sehingga komunitas siap berpartisipasi aktif.
 - Pengelolaan sampah menuju *circular economy* perlu dirumuskan dalam bentuk yang lebih implementatif sehingga sampah sebagai sumberdaya ekonomi bisa terwujud.
4. Data inventarisasi Emisi GRK dan rekomendasi yang disarankan agar dapat dipublikasikan pada website DKLH Provinsi Bali.

DAFTAR PUSTAKA

- Baldwin, R. L., & Allison, M. J. (1983). Rumen metabolism. *Journal of Animal Science*, 57(suppl_2), 461-477.
- Pedoman Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Jakarta : Kementerian Lingkungan Hidup Kementerian Lingkungan Hidup. 2012.
- Status Lingkungan Hidup Indonesia 2011, Pilar Lingkungan Hidup Indonesia.
- Keraf, S. 2002. Etika Lingkungan. Jakarta : Penerbit Kompas Gramedia Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional.
- Peraturan Presiden No. 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.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara.
- Undang Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Lampiran – Lampiran

Lampiran 1. Sektor Energi

(Pembakaran Bahan Bakar di Pembangkit Listrik)

TAHUN	HSD (kilo liter)	IDO (kilo liter)	MFO (kilo liter)	Batu Bara (ton)	Gas Alam (MMSCF)	Other Biomass (ton)
2023	12,354	0	27,399	1,603,314	11,961	0
2022	39,144	0	0	1,600,000	8,487	0
2021	0	0	0	1,559,812	7,545	0
2020	0	0	0	1,522,914	8,262	0
2019	2,768	0	0	1,613,364	8,581	0
2018	25,005	0	18,418	1,536,814	5,778	0
2017	30,105	0	12,001	1,538,101	8,003	0
2016	29,105	0	12,013	1,499,597	6,858	0
2015	979,384	0	220,951	419,866	0	0
2014	1,501,180	0	119,436	0	0	0
2013	1,675,940	0	130,870	0	0	0
2012	1,316,590	0	129,946	0	0	0
2011	1,435,600	0	104,467	0	0	0
2010	1,246,410	0	27,210	6,000	0	0

Pembakaran Bahan Bakar pada Industri Manufaktur & Konstruksi

TAHUN	RON 88 (kilo liter)	Solar (kilo liter)	Minyak Diesel (kilo liter)	Marine Fuel Oil (kilo liter)	Minyak Tanah (kilo liter)	Gas Alam (MMSCF)	LPG (Ton)
2021	866	25,651	0	0	0	0	0
2020	1,512	15,617	0	0	0	0	0
2019	82	23,562	0	0	0	0	0
2018	2,633	1,160	0	422	0	0	21,270

TAHUN	RON 88 (kilo liter)	Solar (kilo liter)	Minyak Diesel (kilo liter)	Marine Fuel Oil (kilo liter)	Minyak Tanah (kilo liter)	Gas Alam (MMSCF)	LPG (Ton)
2017	2,210	1,642	0	434	0	0	17,890
2016	2,313	2,323	0	477	0	0	18,643
2015	1,336	3,288	0	3,078	0	0	10,829
2014	359	5,639	0	5,678	0	0	3,015
2013	344	7,222	0	2,888	0	0	3,590
2012	329	9,249	0	1,469	1	0	4,274
2011	260	11,845	0	1,102	720	0	4,984
2010	282	7,962	0	380	1,800	0	5,868

Data Bahan Bakar untuk Transportasi

TAHUN	RON 88 (kilo liter)	RON 90 (kilo liter)	RON 92 (kilo liter)	RON 95 (kilo liter)	Solar (kilo liter)	Bio Solar (kilo liter)	Marine Fuel Oil (kilo liter)	Avgas (kilo liter)	Minyak Tanah (kilo liter)	Avtur (kilo liter)	Bio Diesel (kilo liter)	Dex (kilo liter)
2023	0	848,485	161,066	3,621	0	229,965	80	0	0	615,631	6,729	24,384
2022	0	783,021	120,091	0	0	39,129	0	0	0	277,801	255,842	0
2021	23,738	601,665	105,972	3,756	0	7,400	0	1	0	63,688	0	0
2020	159,585	467,239	115,713	2,584	0	471	0	1	0	240,015	0	0
2019	331,491	509,399	163,133	2,808	0	348	0	3	0	882,714	0	0
2018	118,853	0	265,294	5,208	251,459	197,816	0	14	1,090	748,098	0	0
2017	150,150	0	216,883	3,056	113,097	197,816	0	13	1,110	695,108	0	0
2016	234,188	0	127,848	1,988	38,392	197,816	0	13	1,110	695,108	0	0
2015	239,317	0	73,525	2,004	207,914	0	0	8	1,690	570,893	0	0
2014	250,950	0	16,810	0	232,728	0	0	9	0	572,796	0	0
2013	200,143	0	13,040	0	229,440	0	0	18	0	530,327	0	0
2012	185,133	0	8,523	0	302,633	0	0	42	0	486,835	0	0

TAHUN	RON 88 (kilo liter)	RON 90 (kilo liter)	RON 92 (kilo liter)	RON 95 (kilo liter)	Solar (kilo liter)	Bio Solar (kilo liter)	Marine Fuel Oil (kilo liter)	Avgas (kilo liter)	Minyak Tanah (kilo liter)	Avtur (kilo liter)	Bio Diesel (kilo liter)	Dex (kilo liter)
2011	160,013	0	3,212	0	309,531	0	0	32	0	452,211	0	0
2010	86,619	0	14,373	0	289,626	0	0	15	0	415,418	0	0

Pembakaran Bahan Bakar di Rumah Tangga

TAHUN	Minyak Tanah (kilo liter)	LPG (Ton)
2023	0	248,591
2022	28	229,238
2021	0	209,074
2020	0	208,741
2019	0	224,698
2018	0	180,325
2017	0	177,651
2016	0	175,671
2015	0	174,663
2014	0	166,159
2013	0	154,121
2012	0	138,746
2011	0	124,070
2010	28,140	108,210
2009	61,720	72,520
2008	134,750	53,528
2007	133,050	43,937
2006	191,473	0

JUMLAH KENDARAAN MENURUT KAB/KOTA DI PROVINSI BALI (2018-2023)

Kabupaten/Kota	Banyaknya Kendaraan Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Bali (Unit)		
	2018	2019	2020
Kab. Jembrana	200 932	211 538	217 766
Kab. Tabanan	404 804	425 915	436 428
Kab. Badung	844 680	896 932	919 698
Kab. Gianyar	432 012	457 996	470 076
Kab. Klungkung	128 679	137 290	141 160
Kab. Bangli	114 413	121 906	125 940
Kab. Karangasem	190 108	204 776	211 821
Kab. Buleleng	426 958	452 681	465 076
Kota Denpasar	1 353 548	1 421 953	1 450 730
Provinsi Bali	4 096 134	4 330 987	4 438 695

Kabupaten/Kota	Banyaknya Kendaraan Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Bali (Unit)		
	2021	2022	2023
Kab. Jembrana	222 532	265 110	275 741
Kab. Tabanan	443 154	469 977	490 621
Kab. Badung	934 120	982 663	1 046 547
Kab. Gianyar	477 128	520 281	550 493
Kab. Klungkung	143 598	184 773	194 337
Kab. Bangli	128 690	137 644	144 545
Kab. Karangasem	216 568	232 658	248 931
Kab. Buleleng	474 431	496 621	524 799
Kota Denpasar	1 470 570	1 466 637	1 540 337
Provinsi Bali	4 510 791	4 756 364	5 016 351

Lampiran Sektor Pertanian dan Kehutanan

Data Populasi Ternak

TAHUN	Sapi Potong (ekor)	Sapi Perah (ekor)	Kerbau (ekor)	Domba (ekor)	Kambing (ekor)	Babi (ekor)	Kuda (ekor)	Ayam Ras Pedaging (ekor)	Ayam Ras Petelur (ekor)	Ayam Buras (ekor)	Itik (ekor)
2023	391,445	0	861	0	41,559	395,688	69	82,720,815	15,200,245	2,234,608	440,220
2022	378,225	0	1,261	0	43,124	371,499	82	78,517,219	14,124,826	2,233,309	359,924
2021	558,440	0	1,759	0	46,497	434,983	157	81,073,297	13,532,545	2,901,748	497,619
2020	550,350	0	1,390	0	46,138	398,291	168	71,729,771	13,019,342	2,817,231	499,300
2019	544,955	0	1,336	0	45,102	690,379	149	77,479,776	13,188,848	2,853,115	529,483
2018	560,546	0	1,614	0	49,778	690,095	226	11,499,000	4,976,000	3,040,000	495,000
2017	507,794	0	1,598	0	49,118	682,386	226	7,964,000	5,278,000	3,263,000	548,000
2016	546,370	0	1,865	0	62,652	803,517	256	3,940,000	9,059,000	5,518,000	634,000
2015	543,642	0	1,670	0	65,045	794,936	252	4,010,000	9,505,000	4,879,000	662,000
2014	553,582	97	1,566	0	68,457	817,489	219	4,112,000	8,181,000	4,357,000	631,000
2013	478,146	107	1,873	38	65,165	847,953	208	4,115,000	7,181,000	4,356,000	692,000
2012	651,216	133	1,862	8	70,188	890,197	240	4,179,000	5,872,000	4,283,000	670,000
2011	637,473	139	2,181	3	75,046	922,739	194	4,396,000	6,207,000	4,358,000	761,000
2010	683,800	127	3,572	0	74,556	918,087	304	4,645,000	5,405,000	3,676,000	726,000
2009	675,419	134	4,112	0	75,138	925,290	319	4,578,000	5,264,000	3,040,000	730,000
2008	668,065	126	4,474	38	61,123	924,397	321	4,412,000	4,975,000	3,416,000	676,000
2007	633,789	105	5,988	42	74,322	879,741	453	4,281,000	4,847,000	3,156,000	748,000
2006	613,241	70	6,775	62	70,785	860,336	468	4,508,000	5,317,000	3,681,000	654,000
2005	590,949	62	7,064	23	68,788	854,919	582	4,665,000	5,363,000	3,797,000	688,000
2004	576,586	43	7,133	216	68,806	818,300	692	3,976,000	4,943,000	3,255,000	641,000
2003	539,781	28	7,225	13	61,958	795,155	662	4,042,000	21,664,000	2,619,000	974,000

TAHUN	Sapi Potong (ekor)	Sapi Perah (ekor)	Kerbau (ekor)	Domba (ekor)	Kambing (ekor)	Babi (ekor)	Kuda (ekor)	Ayam Ras Pedaging (ekor)	Ayam Ras Petelur (ekor)	Ayam Buras (ekor)	Itik (ekor)
2002	521,826	54	5,634	439	73,555	855,805	675	4,201,000	16,138,000	2,001,000	925,000
2001	521,264	67	7,764	157	83,254	937,067	759	4,857,000	17,952,000	1,573,000	539,000
2000	529,074	67	7,765	122	96,003	939,046	891	5,056,000	18,646,000	1,567,000	616,000

Data Luas Sawah

TAHUN	Luas Panen Padi Sawah (Ha)	Produktivitas Padi Sawah (Kw/Ha)	Produksi Padi Sawah (Ton)	Luas Panen Padi Ladang (Ha)	Produktivitas Padi Ladang (Kw/Ha)	Luas Baku Sawah Irigasi (Ha)	Luas Baku Sawah Non-Irigasi (Ha)	Luas Panen Sawah SPLTT (Ha)	Luas Panen Sawah SRI (Ha)
2023	108,514	62	680,285	0	0	62,651	501	0	0
2022	112,268	61	691,819	0	26	70,996	0	0	0
2021	105,152	59	619,751	0	26	70,996	8,345	0	0
2020	90,980	58	531,920	0	26	70,996	0	0	0
2019	95,318	61	579,315	1	38	62,651	0	0	0
2018	110,927	60	861,089	52	26	75,538	529	0	0
2017	141,424	59	835,970	66	19	78,219	640	0	0
2016	139,462	61	689,223	67	25	70,292	583	8,274	0
2015	137,254	62	705,010	131	23	80,063	583	4,275	1,200
2014	114,476	60	857,449	221	22	80,542	627	17,840	7,219
2013	149,833	59	880,983	547	20	80,886	262	38,568	5,800
2012	148,347	58	682,115	653	59	72,657	272	33,789	1,200
2011	151,853	56	856,839	732	20	81,437	234	40,547	200

TAHUN	Luas Panen Padi Sawah (Ha)	Produktivitas Padi Sawah (Kw/Ha)	Produksi Padi Sawah (Ton)	Luas Panen Padi Ladang (Ha)	Produktivitas Padi Ladang (Kw/Ha)	Luas Baku Sawah Irigasi (Ha)	Luas Baku Sawah Non-Irigasi (Ha)	Luas Panen Sawah SPLTT (Ha)	Luas Panen Sawah SRI (Ha)
2010	121,600	57	867,185	982	20	81,908	358	38,568	0
2009	149,269	59	876,692	1,014	20	73,174	502	0	0
2008	120,775	59	838,116	1,193	20	81,482	446	0	0
2007	144,166	58	838,124	864	19	81,235	430	0	0
2006	149,390	56	664,564	1,167	18	80,997	415	0	0
2005	119,778	55	785,481	779	19	74,045	586	0	0
2004	142,777	55	785,800	1,369	19	82,095	812	0	0
2003	144,278	55	791,572	1,016	17	82,644	2,818	0	0
2002	148,027	55	807,566	633	22	75,730	801	0	0
2001	146,980	54	684,421	962	16	84,860	659	0	0
2000	127,121	54	824,386	1,235	20	84,158	964	0	0

Data Tanaman Pangan dan Perkebunan

TAHUN	Luas Panen Jagung	Luas Panen Kacang Hijau	Luas Panen Kacang Tanah	Luas Panen Kedelai	Luas Panen Ubi Jalar	Luas Panen Ubi Kayu	Luas Lahan Perkebunan Kakao (Ha)	Luas Lahan Perkebunan Karet (Ha)
2023	13,414	53	4,050	2,531	1,317	5,725	13,547	0
2022	16,496	188	4,303	2,058	1,398	6,074	13,648	0
2021	18,162	217	4,483	1,672	1,317	6,184	13,845	239
2020	15,945	285	4,677	1,244	1,658	5,753	13,839	239
2019	17,794	280	4,704	1,841	1,395	6,617	13,899	239
2018	13,917	113	4,682	2,951	2,084	7,277	13,981	239

TAHUN	Luas Panen Jagung	Luas Panen Kacang Hijau	Luas Panen Kacang Tanah	Luas Panen Kedelai	Luas Panen Ubi Jalar	Luas Panen Ubi Kayu	Luas Lahan Perkebunan Kakao (Ha)	Luas Lahan Perkebunan Karet (Ha)
2017	15,628	383	5,080	4,079	2,111	6,718	14,033	375
2016	16,802	492	6,566	5,182	2,654	6,844	14,186	404
2015	15,346	560	7,068	5,146	3,141	8,009	14,516	404
2014	16,685	801	7,876	5,357	4,378	8,006	14,515	404
2013	18,223	1,129	8,500	5,605	5,119	9,085	14,753	585
2012	21,008	1,556	9,572	6,344	5,619	9,346	14,919	404
2011	22,739	983	9,416	6,896	5,982	10,683	14,919	529
2010	26,706	764	10,397	4,827	5,707	10,809	14,918	490
2009	32,305	1,181	11,902	9,378	6,285	6,285	12,849	95
2008	27,251	930	12,247	6,345	6,424	6,424	12,849	95
2007	24,021	940	13,732	5,753	7,073	14,537	12,593	95
2006	28,131	1,377	13,433	7,574	7,241	12,435	11,154	95
2005	30,810	1,123	15,183	8,002	7,105	12,293	9,339	95
2004	25,782	1,352	15,179	7,958	6,219	12,100	8,622	89
2003	29,941	1,073	14,234	5,765	5,612	11,317	7,535	102
2002	34,395	1,223	13,779	7,641	5,861	10,395	6,946	90
2001	31,858	1,730	12,988	8,443	4,837	0	6,692	90
2000	38,258	2,193	12,771	10,440	5,864	0	6,564	122

Data Konsumsi Pupuk

TAHUN	Urea (Ton)	NPK (Ton)	ZA (Ton)
2023	28,247	20,548	0
2022	33,606	29,545	387

TAHUN	Urea (Ton)	NPK (Ton)	ZA (Ton)
2021	26,182	27,917	3,911
2020	34,684	24,613	2,971
2019	31,293	19,321	2,848
2018	36,826	23,848	3,631
2017	37,655	24,565	3,344
2016	39,202	23,433	3,889
2015	38,662	22,275	5,350
2014	42,295	23,004	7,715
2013	42,480	21,110	7,771
2012	44,207	38,694	7,098
2011	45,746	36,000	6,792
2010	47,182	35,000	6,099
2009	50,448	25,000	9,268
2008	50,487	15,650	9,669
2007	48,820	12,500	8,217
2006	48,793	9,486	10,470
2005	48,527	3,388	4,709
2004	45,187	0	2,145
2003	64,167	0	1,964
2002	67,657	0	803

Data Pertanian Hortikultura

TAHUN	Luas Panen Alpukat (Ha)	Luas Panen Belimbing (Ha)	Luas Panen Blewah (Ha)	Luas Panen Duku (Ha)	Luas Panen Durian (Ha)	Luas Panen Jambu Air (Ha)	Luas Panen Jambu Biji (Ha)	Luas Panen Jeruk (Ha)	Luas Panen Jeruk Besar (Ha)	Luas Panen Jeruk Siam (Ha)	Luas Panen Mangga (Ha)	Luas Panen Manggis (Ha)	Luas Panen Markisa (Ha)
2023	577	18	0	137	2,184	137	154	7,632	32	7,600	7,015	2,185	0
2022	150	24	0	163	1,665	114	377	6,235	0	7,706	8,236	925	0
2021	281	14	0	64	1,880	16	55	8,744	29	8,715	8,593	1,542	0
2020	183	14	0	32	1,856	14	46	9,306	34	9,272	6,482	1,988	2
2019	185	16	0	19	1,906	53	15	9,324	36	9,288	8,908	1,761	2
2018	128	36	0	142	994	101	252	8,940	42	7,429	3,251	1,386	42
2017	288	20	0	251	1,574	122	177	8,936	28	8,661	4,721	1,881	5
2016	293	22	0	248	1,604	137	181	8,836	35	8,791	4,564	1,193	4
2015	287	21	0	314	1,724	108	190	8,904	20	8,859	6,266	1,750	7
2014	314	17	0	219	1,368	117	162	8,354	27	8,030	8,109	1,047	9
2013	264	21	0	215	1,047	147	158	8,567	35	8,525	5,348	979	6
2012	258	18	0	0	1,019	145	157	8,514	34	8,480	5,250	857	6
2011	285	21	0	0	1,526	139	144	0	40	8,024	6,795	1,075	6
2010	254	30	0	0	642	138	139	8,304	49	8,255	3,742	370	11
2009	233	32	0	212	1,182	210	139	8,573	46	8,527	7,409	531	11
2008	169	33	0	106	592	170	185	2,974	24	2,920	6,299	225	4
2007	167	24	3	389	896	152	209	4,940	11	4,929	8,398	496	1
2006	186	21	28	86	504	256	154	4,624	10	4,614	7,405	74	1
2005	199	21	0	280	819	879	164	4,014	18	3,996	6,410	539	5
2004	177	24	94	159	705	226	455	4,066	14	0	7,653	508	0
2003	181	28	137	259	515	0	142	7,838	0	0	7,365	303	0

TAHUN	Luas Panen Alpukat (Ha)	Luas Panen Belimbing (Ha)	Luas Panen Blewah (Ha)	Luas Panen Duku (Ha)	Luas Panen Durian (Ha)	Luas Panen Jambu Air (Ha)	Luas Panen Jambu Biji (Ha)	Luas Panen Jeruk (Ha)	Luas Panen Jeruk Besar (Ha)	Luas Panen Jeruk Siam (Ha)	Luas Panen Mangga (Ha)	Luas Panen Manggis (Ha)	Luas Panen Markisa (Ha)
2002	77	43	0	150	334	0	254	1,849	0	0	5,299	193	0
2001	70	32	0	168	474	0	257	2,338	0	0	1,957	121	0
2000	81	44	0	235	220	0	255	2,503	0	0	1,092	108	0

Lanjutan

TAHUN	Luas Panen Melon (Ha)	Luas Panen Nangka (Ha)	Luas Panen Nanas (Ha)	Luas Panen Pepaya (Ha)	Luas Panen Pisang (Ha)	Luas Panen Rambutan (Ha)	Luas Panen Salak (Ha)	Luas Panen Sawo (Ha)	Luas Panen Semangka (Ha)	Luas Panen Sirsak (Ha)	Luas Panen Sukun (Ha)	Luas Panen Bawang Daun (Ha)	Luas Panen Bawang Merah (Ha)	Luas Panen Bawang Putih (Ha)	Luas Panen Bayam (Ha)	Luas Panen Bunga Kol (Ha)	Luas Panen Buncis (Ha)	Luas Panen Cabe Besar (Ha)	Luas Panen Cabe Rawit (Ha)	
2023	23	3,526	4	180	4,152	1,701	2,943	529	1,012	20	30	92	1,142	50	211	194	640	3,459	447	3,012
2022	12	1,327	2	91	4,490	2,589	2,448	483	1,456	11	40	105	1,279	101	233	223	895	0	627	3,559
2021	10	4,831	3	170	5,997	936	2,969	114	959	7	10	107	1,382	144	287	247	891	4,267	768	3,500
2020	17	1,747	2	170	3,492	685	3,221	125	1,057	7	12	110	990	221	193	242	776	4,437	691	3,746
2019	27	1,626	4	147	3,555	946	3,393	98	1,056	8	12	117	1,315	346	164	115	727	4,573	869	3,704
2018	25	794	851	1,267	2,699	1,633	2,916	212	966	31	13	175	1,718	13	178	55	687	0	1,087	3,863
2017	21	1,371	6	83	3,355	2,354	3,456	527	1,133	49	60	127	1,444	50	199	155	833	0	970	4,111

TAHUN	Luas Panen Melon (Ha)	Luas Panen Nangka (Ha)	Luas Panen Nanas (Ha)	Luas Panen Pepaya (Ha)	Luas Panen Pisang (Ha)	Luas Panen Rambutan (Ha)	Luas Panen Salak (Ha)	Luas Panen Sawo (Ha)	Luas Panen Semangka (Ha)	Luas Panen Sirsak (Ha)	Luas Panen Sukun (Ha)	Luas Panen Bawang Daun (Ha)	Luas Panen Bawang Merah (Ha)	Luas Panen Bawang Putih (Ha)	Luas Panen Bayam (Ha)	Luas Panen Bunga Kol (Ha)	Luas Panen Buncis (Ha)	Luas Panen Cabe (Ha)	Luas Panen Cabe Besar (Ha)	Luas Panen Cabe Rawit (Ha)
2016	22	1,246	6	84	3,487	2,494	3,383	627	1,153	48	63	131	1,470	52	203	164	848	0	975	4,139
2015	56	2,650	6	103	4,119	2,978	3,546	548	1,368	61	55	102	765	22	172	59	934	0	1,225	3,860
2014	43	3,131	5	135	5,207	2,304	3,417	385	1,089	18	19	106	911	11	194	111	1,156	0	1,452	3,791
2013	51	3,513	7	119	3,657	1,450	3,851	566	1,222	17	42	133	658	7	210	74	840	0	1,126	2,918
2012	41	3,374	6	119	3,647	1,431	3,601	548	887	17	41	120	766	12	224	69	872	0	1,146	3,356
2011	31	3,535	9	132	3,684	3,344	2,742	420	706	17	32	137	817	12	195	62	996	0	1,199	3,044
2010	44	1,534	7	140	3,291	2,369	2,837	368	1,008	45	21	185	1,013	76	175	61	1,021	0	1,054	2,800
2009	17	1,585	11	146	3,203	2,671	3,112	392	1,472	31	14	190	1,043	124	159	71	884	0	1,105	2,535
2008	52	1,277	12	152	3,005	2,861	3,832	397	1,406	36	22	176	1,114	106	130	0	728	0	885	2,079
2007	38	1,495	13	210	3,092	3,268	4,200	378	1,356	14	21	202	1,310	159	111	0	865	0	858	2,548
2006	23	1,340	12	204	2,946	2,462	2,636	355	1,233	7	7	221	1,190	175	195	59	820	0	1,088	2,362
2005	40	1,406	18	210	3,219	1,997	2,306	383	1,715	21	6	218	1,328	172	212	13	734	0	932	2,217
2004	163	1,483	18	213	2,704	2,366	4,384	346	1,053	19	9	240	1,319	124	220	9	810	0	921	2,143
2003	54	1,117	24	225	2,524	2,110	3,768	278	1,486	15	9	151	1,199	207	94	66	803	0	812	2,206

TAHUN	Luas Panen Melon (Ha)	Luas Panen Nangka (Ha)	Luas Panen Nanas (Ha)	Luas Panen Pepaya (Ha)	Luas Panen Pisang (Ha)	Luas Panen Rambutan (Ha)	Luas Panen Salak (Ha)	Luas Panen Sawo (Ha)	Luas Panen Semangka (Ha)	Luas Panen Sirsak (Ha)	Luas Panen Sukun (Ha)	Luas Panen Bawang Daun (Ha)	Luas Panen Bawang Merah (Ha)	Luas Panen Bawang Putih (Ha)	Luas Panen Bayam (Ha)	Luas Panen Bunga Kol (Ha)	Luas Panen Buncis (Ha)	Luas Panen Cabe (Ha)	Luas Panen Cabe Besar (Ha)	Luas Panen Cabe Rawit (Ha)
2002	32	3,487	25	191	2,314	2,132	3,748	209	1,533	8	4	130	1,072	181	182	0	734	0	0	0
2001	816	1,015	15	208	2,311	1,896	3,790	71	24,311	24	7	186	824	314	124	0	911	0	0	0
2000	1,100	842	9	203	1,886	915	3,761	70	1,100	16	4	204	974	292	102	0	802	0	0	0

Lanjutan

TAHUN	Luas Panen Jamur (Ha)	Luas Panen Kacang Merah (Ha)	Luas Panen Kacang Panjang (Ha)	Luas Panen Kangkung (Ha)	Luas Panen Kentang (Ha)	Luas Panen Ketimun (Ha)	Luas Panen Kol (Ha)	Luas Panen Labu Siam (Ha)	Luas Panen Lobak (Ha)	Luas Panen Melinjo (Ha)	Luas Panen Petai (Ha)	Luas Panen Sawi (Ha)	Luas Panen Terong (Ha)	Luas Panen Tomat (Ha)	Luas Panen Wortel (Ha)
2023	1	0	350	535	23	458	857	289	0	33	1	1,755	216	401	207
2022	58	0	374	381	4	482	0	308	0	22	1	1,941	142	416	272
2021	1	0	513	455	10	601	1,351	276	0	36	0	2,108	131	527	295
2020	2	620	455	440	29	569	931	315	28	45	1	1,988	174	531	286
2019	4	44	208	429	16	640	898	300	29	40	1	2,411	163	818	232
2018	3	192	421	579	11	647	1,081	278	35	55	0	2,563	134	992	379
2017	0	0	722	365	40	595	1,501	101	29	0	0	2,701	72	866	275
2016	0	0	733	376	42	591	1,517	103	30	0	0	2,757	74	875	289
2015	0	0	545	365	110	425	1,456	242	8	0	0	2,246	60	652	189

2014	6,179	93	513	433	156	469	1,459	255	53	0	0	2,750	80	936	239
2013	5,215	0	665	395	163	524	1,202	232	25	0	0	2,705	76	840	328
2012	3,897	0	657	475	152	557	1,233	167	32	17	1	2,425	81	1,168	296
2011	2,063	0	913	393	145	554	1,292	139	31	49	2	2,338	111	1,141	303
2010	3,657	0	793	445	263	427	1,351	131	32	32	2	2,381	56	1,064	455
2009	0	0	971	491	291	498	1,238	116	19	33	0	1,923	98	939	408
2008	0	0	852	580	272	470	1,206	74	12	30	0	1,851	100	835	505
2007	0	0	1,170	549	321	441	1,221	68	7	39	4,405	1,648	68	758	562
2006	0	7,320	1,018	613	338	383	1,207	50	14	19	2	1,689	65	1,381	357
2005	0	7,583	1,066	441	336	415	1,211	47	13	16	547	1,913	64	899	470
2004	0	7,511	1,124	464	341	311	1,405	54	8	7	1	1,802	91	897	339
2003	0	8,568	1,278	1,776	224	281	1,282	62	28	0	0	1,254	49	871	225
2002	0	7,574	1,119	362	244	224	1,353	46	4	0	0	1,302	30	800	684
2001	0	10,341	1,017	421	299	313	1,290	31	0	0	0	1,433	51	859	221
2000	0	7,813	870	370	330	238	1,376	37	28	0	0	1,225	30	854	280

Matriks Transisi Perubahan Tutupan Lahan pada Tanah Mineral

2023																							
2022	HP	HS	HMP	HRP	HT	B	PK	PM	T	AW	S	A	HMS	HR S	BR	PT	PC	SW	TM	BDR	TR	TB	RW
HP	38647.56621	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HS	0	46637.95235	0	0	0	0	0	0	2.30798	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HMP	0	0	11.01877	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HRP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2023																							
2022	HP	HS	HMP	HRP	HT	B	PK	PM	T	AW	S	A	HMS	HRS	BR	PT	PC	SW	TM	BDR	TR	TB	RW
HT	0	0	0	0	9821.10801	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	16703.48376	0	0	36.38243	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PK	0	0	0	0	0	0	906.04254	0	48.14889	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PM	0	0	0	0	0	0	0	55030.09958	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T	0	0	0	0	0	0	0	0	2293.29152	0	0	18.06439	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6767.63731	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3370.81033	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HMS	0	0	0	0	0	0	0	0	3.70055	0	0	0	2278.94021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HRS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45024.93553	0	0	0	0	0	0	0
PC	0	0	0	0	0	0	0	0	24.34259	0	0	0	0	0	0	0	243308.0068	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96934.49423	0	0	0	0	0	0
TM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1191.56313	0	0	0	0
BDR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	427.85278	0	0	0
TR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1590.339	0

2023																							
20 22	HP	HS	HM P	H R P	HT	B	PK	PM	T	A W	S	A	HMS	H R S	B R	PT	PC	SW	TM	BDR	T R	TB	R W
R W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Lampiran Sektor Limbah

Data Jumlah Penduduk

TAHUN	Jumlah Penduduk (jiwa)	Tinggal di Pedesaan (%)	Tinggal di Perkotaan (%)	Konsumsi Protein Per Kapita (kg / org / tahun)
2023	4,404,260	0	0	24
2022	4,415,064	33	67	22
2021	4,362,700	27	73	24
2020	4,317,404	27	73	24
2019	4,362,000	31	69	24
2018	4,292,200	31	69	24
2017	4,246,528	33	67	23
2016	4,200,069	35	65	23
2015	4,152,833	35	65	22
2014	4,104,890	40	60	23
2013	4,056,343	40	60	22
2012	4,007,236	40	60	22
2011	3,957,563	40	60	23
2010	3,900,757	40	60	23
2009	3,818,160	49	51	23
2008	3,739,474	49	51	25

TAHUN	Jumlah Penduduk (jiwa)	Tinggal di Pedesaan (%)	Tinggal di Perkotaan (%)	Konsumsi Protein Per Kapita (kg / org / tahun)
2007	3,662,077	49	51	24
2006	3,585,961	49	51	22
2005	3,510,824	49	51	22
2004	3,436,098	50	50	22
2003	3,362,671	50	50	22
2002	3,290,530	50	50	22
2001	3,219,662	50	50	0
2000	3,151,162	50	50	0
1999	3,123,011	74	26	0
1998	3,082,629	74	26	0
1997	3,042,768	74	26	0
1996	3,003,424	74	26	0
1995	2,964,587	74	26	0
1994	2,926,254	74	26	0
1993	2,888,415	74	26	0

Data Jumlah Timbunan Sampah

TAHUN	Jumlah Timbunan Sampah (ton)	Laju Timbunan Sampah (ton / jiwa / tahun)
2023	1229234.62	0.28
2022	1085508.12	0.25
2021	1046616.06	0.23
2020	980087.38	0.23

TAHUN	Jumlah Timbulan Sampah (ton)	Laju Timbulan Sampah (ton / jiwa / tahun)
2019	961365.12	0.22
2018	774895	0.18
2017	765405	0.18
2016	757010	0.18
2015	748250	0.18
2014	739855	0.18
2013	731095	0.18
2012	721970	0.18
2011	713210	0.18
2010	702990	0.18
2009	0	0.18
2008	0	0.18
2007	0	0.18
2006	0	0.18
2005	0	0.18
2004	0	0.18
2003	0	0.18
2002	0	0.18
2001	0	0.18
2000	0	0.18

Data Komposisi & Kandungan Bahan Kering Sampah Domestik

TAHUN	Komposisi Sisa Makanan (%)	Bhn. Kering Sisa Makanan (%)	Komposisi Kertas (%)	Bhn. Kering Kertas (%)	Komposisi Nappies (%)	Bhn. Kering Nappies (%)	Komposisi Taman (%)	Bhn. Kering Taman (%)	Komposisi Kayu (%)	Bhn. Kering Kayu (%)
2023	22.55	45.86	1.93	48.21	0	0	0	0	51.9	85

2022	26.11	45.86	9.02	48.21	0	0	0	0	39.88	85
2021	8.55	45.86	10.96	48.21	0	48.21	0	55.21	44.55	85
2020	6.47	45.86	14.2	48.21	0	48.21	0	55.21	42.04	85
2019	11.77	45.86	5.96	48.21	0	48.21	0	55.21	45.53	85
2018	43.5	45.86	12.9	48.21	0	48.21	0	85	9.9	85
2017	43.5	45.86	12.9	48.21	0	48.21	0	85	9.9	85
2016	43.5	45.86	12.9	48.21	0	48.21	0	55.21	9.9	85
2015	43.5	45.86	12.9	48.21	0	48.21	0	55.21	9.9	85
2014	43.5	45.86	12.9	48.21	0	48.21	0	55.21	9.9	85
2013	43.5	45.86	12.9	48.21	0	48.21	0	55.21	9.9	85
2012	43.5	45.86	12.9	48.21	0	48.21	0	55.21	9.9	85
2011	43.5	45.86	12.9	48.21	0	48.21	0	55.21	9.9	85
2010	43.5	45.86	12.9	48.21	0	48.21	0	55.21	9.9	85
2009	43.5	40	12.9	90	0	40	0	85	9.9	40
2008	43.5	40	12.9	90	0	40	0	85	9.9	40
2007	43.5	40	12.9	90	0	40	0	85	9.9	40
2006	43.5	40	12.9	90	0	40	0	85	9.9	40
2005	43.5	40	12.9	90	0	40	0	85	9.9	40
2004	43.5	40	12.9	90	0	40	0	85	9.9	40
2003	43.5	40	12.9	90	0	40	0	85	9.9	40
2002	43.5	40	12.9	90	0	40	0	85	9.9	40
2001	43.5	40	12.9	90	0	40	0	85	9.9	40
2000	43.5	40	12.9	90	0	40	0	85	9.9	40

Lanjutan

TAHUN	Komposisi Tekstil (%)	Bhn. Kering Tekstil (%)	Komposisi Karet & Kulit (%)	Bhn. Kering Karet & Kulit (%)	Komposisi Plastik (%)	Bhn. Kering Plastik (%)	Komposisi Logam (%)	Bhn. Kering Logam (%)	Komposisi Kaca (%)	Bhn. Kering Kaca (%)	Komposisi Organik Lainnya (%)	Bhn. Kering Organik Lainnya (%)	Komposisi Anorganik Lainnya (%)	Bhn. Kering Anorganik Lainnya (%)
2023	0.8	64.3	2.04	89.59	12.01	100	2.21	100	1.72	100	0	0	4.84	90
2022	1.32	64.3	0.68	89.59	16.36	100	1.64	100	0.83	100	0	0	4.16	90
2021	2.84	64.3	2.44	89.59	18.66	100	2.21	100	3.87	100	0	0	5.92	90
2020	3.5	64.3	2.47	89.59	20.4	100	3.87	100	1.87	100	0	0	5.16	90
2019	3.35	64.3	3.04	89.59	12.71	100	2.25	100	1.65	100	0	0	13.74	90
2018	2.7	64.3	0.9	89.59	7.2	100	3.3	100	4	100	0	0	15.6	90
2017	2.7	64.3	0.9	89.59	7.2	100	3.3	100	4	100	0	0	15.6	90
2016	2.7	64.3	0.9	89.59	7.2	100	3.3	100	4	100	0	0	15.6	90
2015	2.7	64.3	0.9	89.59	7.2	100	3.3	100	4	100	0	0	15.6	90
2014	2.7	64.3	0.9	89.59	7.2	100	3.3	100	4	100	0	0	15.6	90
2013	2.7	64.3	0.9	89.59	7.2	100	3.3	100	4	100	0	0	15.6	90
2012	2.7	64.3	0.9	89.59	7.2	100	3.3	100	4	100	0	0	15.6	90
2011	2.7	64.3	0.9	89.59	7.2	100	3.3	100	4	100	0	0	15.6	90
2010	2.7	64.3	0.9	89.59	7.2	100	3.3	100	4	100	0	0	15.6	90
2009	2.7	80	0.9	84	7.2	100	3.3	100	4	100	0	0	15.6	90
2008	2.7	80	0.9	84	7.2	100	3.3	100	4	100	0	0	15.6	90
2007	2.7	80	0.9	84	7.2	100	3.3	100	4	100	0	0	15.6	90
2006	2.7	80	0.9	84	7.2	100	3.3	100	4	100	0	0	15.6	90
2005	2.7	80	0.9	84	7.2	100	3.3	100	4	100	0	0	15.6	90

TAHUN	Komposisi Tekstil (%)	Bhn. Kering Tekstil (%)	Komposisi Karet & Kulit (%)	Bhn. Kering Karet & Kulit (%)	Komposisi Plastik (%)	Bhn. Kering Plastik (%)	Komposisi Logam (%)	Bhn. Kering Logam (%)	Komposisi Kaca (%)	Bhn. Kering Kaca (%)	Komposisi Organik Lainnya (%)	Bhn. Kering Organik Lainnya (%)	Komposisi Anorganik Lainnya (%)	Bhn. Kering Anorganik Lainnya (%)
2004	2.7	80	0.9	84	7.2	100	3.3	100	4	100	0	0	15.6	90
2003	2.7	80	0.9	84	7.2	100	3.3	100	4	100	0	0	15.6	90
2002	2.7	80	0.9	84	7.2	100	3.3	100	4	100	0	0	15.6	90
2001	2.7	80	0.9	84	7.2	100	3.3	100	4	100	0	0	15.6	90
2000	2.7	80	0.9	84	7.2	100	3.3	100	4	100	0	0	15.6	90

Data Sarana Pembuangan Air Limbah Domestik

TAHUN	Tanagi Septik - Desa (%)	Tanagi Septik - Kota (%)	Cubluk - Desa (%)	Cubluk - Kota (%)	Ipal Terpusat - Desa (%)	Ipal Terpusat - Kota (%)	Sungai - Desa (%)	Sungai - Kota (%)	Kolam Sawah - Desa (%)	Kolam Sawah - Kota (%)	Lubang - Desa (%)	Lubang - Kota (%)	Pantai Kebun - Desa (%)	Pantai Kebun - Kota (%)	Biodigester + CH4 Rec - Desa (%)	Biodigester + CH4 Rec - Kota (%)	Lainnya - Desa (%)	Lainnya - Kota (%)
2023	96.501	96.305	0.594	1.138	0.149	8	0.303	0.072	0	0	0	0	2.454	0.706	0	0	0	0
2022	4.34	73.1	14.857	867.286	4.977	8.1	6	6	0.3	0.3	9	9	8.8	8.8	0	0	0.9	0.9
2021	4.45	73.1	14.857	867.286	6.271	7.9	6	6	0.3	0.3	9	9	8.8	8.8	0	0	0.9	0.9
2020	2.5	73.1	16.401	804.181	1.9	8	6	6	0.3	0.3	9	9	8.8	8.8	0	0	0.9	0.9
2019	2.5	73.1	17.046	771.646	1.9	8.1	6	6	0.3	0.3	9	9	8.8	8.8	0	0	0.9	0.9

TAH UN	Tan gki Sept ik - Desa (%)	Tan gki Sept ik - Kota (%)	Cubl uk - Desa (%)	Cubl uk - Kota (%)	Ipal Terpu sat - Desa (%)	Ipal Terpu sat - Kota (%)	Sun gai - Desa (%)	Sun gai - Kot a (%)	Kola m Saw ah - Desa (%)	Kola m Saw ah - Kot a (%)	Luba ng - Desa (%)	Luba ng - Kota (%)	Pant ai Keb un - Desa (%)	Pant ai Keb un - Kot a (%)	Biodiege ster + CH4 Rec - Desa (%)	Biodiege ster + CH4 Rec - Kota (%)	Lain nya - Desa (%)	Lain nya - Kota (%)
2018	73.1	73.1	17.04 6	771.6 46	1.9	1.9	6	6	0.3	0.3	9	9	8.8	8.8	0	0	0.9	0.9
2017	73.1	73.1	17.04 6	771.6 46	1.9	1.9	6	6	0.3	0.3	9	9	8.8	8.8	0	0	0.9	0.9
2016	73.1	73.1	17.04 6	771.6 46	1.9	1.9	6	6	0.3	0.3	9	9	8.8	8.8	0	0	0.9	0.9
2015	73.1	73.1	17.04 6	771.6 46	1.9	1.9	6	6	0.3	0.3	9	9	8.8	8.8	0	0	0.9	0.9
2014	73.1	73.1	17.04 6	771.6 46	1.9	1.9	6	6	0.3	0.3	9	9	8.8	8.8	0	0	0.9	0.9
2013	73.4	91.4	17.04 6	771.6 46	3.8	4.2	6.7	2.2	0.3	0.3	5.4	1.1	10.2	0.9	0	0	0.4	0.1
2012	73.1	73.1	17.04 6	771.6 46	1.9	1.9	6	6	0.3	0.3	9	9	8.8	8.8	0	0	0.9	0.9
2011	73.1	73.1	17.04 6	771.6 46	1.9	1.9	6	6	0.3	0.3	9	9	8.8	8.8	0	0	0.9	0.9
2010	73.1	73.1	17.04 6	771.6 46	1.9	1.9	6	6	0.3	0.3	9	9	8.8	8.8	0	0	0.9	0.9
2009	73.1	73.1	17.04 6	771.6 46	1.9	1.9	6	6	0.3	0.3	9	9	8.8	8.8	0	0	0.9	0.9
2008	73.1	73.1	17.04 6	771.6 46	1.9	1.9	6	6	0.3	0.3	9	9	8.8	8.8	0	0	0.9	0.9
2007	73.1	73.1	17.04 6	771.6 46	1.9	1.9	6	6	0.3	0.3	9	9	8.8	8.8	0	0	0.9	0.9
2006	73.1	73.1	17.04 6	771.6 46	1.9	1.9	6	6	0.3	0.3	9	9	8.8	8.8	0	0	0.9	0.9

TAHUN	Tan gki Sept ik - Desa (%)	Tan gki Sept ik - Kota (%)	Cubl uk - Desa (%)	Cubl uk - Kota (%)	Ipal Terpu sat - Desa (%)	Ipal Terpu sat - Kota (%)	Sun gai - Desa (%)	Sun gai - Kot a (%)	Kola m Saw ah - Desa (%)	Kola m Saw ah - Kot a (%)	Luba ng - Desa (%)	Luba ng - Kota (%)	Pant ai Keb un - Desa (%)	Pant ai Keb un - Kot a (%)	Biodiege ster + CH4 Rec - Desa (%)	Biodiege ster + CH4 Rec - Kota (%)	Lain nya - Desa (%)	Lain nya - Kota (%)
2005	73.1	73.1	17.04 6	771.6 46	1.9	1.9	6	6	0.3	0.3	9	9	8.8	8.8	0	0	0.9	0.9
2004	73.1	73.1	17.04 6	771.6 46	1.9	1.9	6	6	0.3	0.3	9	9	8.8	8.8	0	0	0.9	0.9
2003	73.1	73.1	17.04 6	771.6 46	1.9	1.9	6	6	0.3	0.3	9	9	8.8	8.8	0	0	0.9	0.9
2002	73.1	73.1	17.04 6	771.6 46	1.9	1.9	6	6	0.3	0.3	9	9	8.8	8.8	0	0	0.9	0.9
2001	73.1	73.1	17.04 6	771.6 46	1.9	1.9	6	6	0.3	0.3	9	9	8.8	8.8	0	0	0.9	0.9
2000	73.1	73.1	17.04 6	771.6 46	1.9	1.9	6	6	0.3	0.3	9	9	8.8	8.8	0	0	0.9	0.9

No	Kabupaten/ Kota	Jumlah KK		A		B		C		D		E		F		G		H	
		Kota	Desa	Kota	Desa	Kota	Desa	Kota	Desa	Kota	Desa	Kota	Desa	Kota	Desa	Kota	Desa	Kota	Desa
1	Jembrana	64,696	24,861	29,943	5,243	31,379	18,544	3,067	1,074	-	-	112	-	195	-	64,389	24,861	99.53%	100.00%
2	Tabanan	62,787	78,088	7,276	8,632	47,263	59,074	8,158	10,240	-	-	-	116	90	26	62,697	77,946	99.86%	99.82%
3	Badung	100,090	12,634	53,901	7,372	35,492	4,216	7,876	810	2,821	236	-	-	-	-	100,090	12,634	100.00%	100.00%
4	Gianyar	92,407	17,698	4,015	263	84,449	16,748	3,784	664	131	15	28	-	-	8	92,379	17,690	99.97%	99.95%
5	Klungkung	37,895	16,682	3,116	327	33,499	15,539	1,261	720	-	-	18	-	1	96	37,876	16,586	99.95%	99.42%
6	Bangli	29,015	41,118	89	66	26,423	34,522	2,503	4,606	-	-	-	-	-	1,924	29,015	39,194	100.00%	95.32%
7	Karangasem	75,600	67,940	2,594	2,736	64,528	53,395	4,942	5,348	87	384	-	858	3,449	5,219	72,151	61,863	95.44%	91.06%
8	Buleleng	163,654	68,908	36,082	13,856	103,453	49,745	15,814	3,203	6,008	1,312	417	18	1,880	774	161,357	68,116	98.60%	98.85%
9	Denpasar	168,772		18,130		150,592		50		-		-				168,772	-	100.00%	
	Provinsi Bali	794,916	327,929	155,146	38,495	577,078	251,783	47,455	26,665	9,047	1,947	575	992	5,615	8,047	788,726	318,890	99.22%	97.24%

Keterangan

- A.** Aman (menggunakan tangki septik dikuras 3-5 tahun)
- B.** Layak (menggunakan tangki septik, tidak pernah dikuras)
- C.** Sharing (menumpang pada jamban milik orang lain dengan kriteria aman dan layak)
- D.** Belum Layak (tidak menggunakan tangki septik/ cubluk)
- E.** BABS Tertutup (memiliki WC tetapi tidak memiliki tangki pembuangan, tinja dibuang ke sungai)
- F.** BABS Terbuka (Buang air besar di sungai/ kebun/ sawah)
- G.** Jumlah KK Akses STOP BABS
- H.** % KK Akses STOP BABS