

LAPORAN

INVENTARISASI GAS RUMAH KACA TAHUN 2023



PEMERINTAHAN KABUPATEN
BALANGAN
KOTA PARINGIN
2024

LAPORAN

INVENTARISASI GAS RUMAH KACA

KABUPATEN BALANGAN

TAHUN 2023

Diterbitkan oleh:
Dinas Pertanahan dan Lingkungan Hidup
Kabupaten Balangan

PEMERINTAH KABUPATEN BALANGAN
PARINGIN
2024

KATA PENGANTAR

Sejalan dengan komitmen nasional pemerintah Indonesia untuk menurunkan emisi GRK, Pemerintah Provinsi Kalimantan Selatan telah menetapkan rencana aksi daerah (RAD) penurunan emisi GRK melalui peraturan Gubernur Kalimantan Selatan nomor 14 tahun 2013. Dalam RAD-GRK Provinsi Kalimantan Selatan yang sekarang namanya berubah menjadi perencanaan pembangunan rendah karbon dan berketahanan iklim (PPRKBI). Sejalan dengan hal tersebut, maka diperlukan kegiatan inventarisasi emisi GRK di setiap wilayah Nasional, Provinsi dan Kabupaten/Kota sesuai amanat Peraturan Presiden Republik Indonesia nomor 71 tahun 2011.

Dalam rangka penyusunan laporan inventarisasi GRK Kabupaten Balangan, berdasarkan peraturan presiden no 71 tahun 2011 tentang penyelenggaraan inventarisasi gas rumah kaca nasional, dan permenlhk nomor P.73/MENLHK/SETJEN/ KUM.1/12/2017 tentang pedoman penyelenggaraan dan pelaporan inventarisasi gas rumah kaca nasional, sektor yang dilaporkan dapat disesuaikan dengan kondisi daerah dan ketersediaan data aktivitas, atau yang menjadi kategori kunci emisi dan serapan GRK. Beberapa kegiatan yang dapat dilaporkan pada tahun inventori 2023 di Kabupaten Balangan ialah penggunaan bahan bakar pada sub-sektor manufaktur dan industry, transportasi, komrrsial dan institusi, rumah tangga, dan sektor lainnya (pertambangan, pertanian dan konstruksi) (1A4c); kegiatan pertanian dan peternakan; kehutanan dan penggunaan lahan lainnya; dan pengelolaan limbah domestik.

Hasil analisis terhadap data inventarisasi GRK Kabupaten Balangan pada tahun 2023 menunjukkan bahwa absolut emisi GRK sebesar 3.682.492 ton atau netto emisi 2.881.945 ton CO₂-eq. Capaian penurunan GRK sebesar 34,8% dan targetnya 16,7% di NDC-1 dan 26,2% di NDC-2 (dibanding BAU). Inventarisasi GRK tahun 2023 melampaui NDC-1 dan NDC-2..

Paringin, 20 Oktober 2024

Kepala Dinas Pertanahan dan Lingkungan Hidup

Aidinnor, S.Sos, MM
NIP. 196708171985091001

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
RINGKASAN EKSEKUTIF	vi
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Pengaturan Kelembagaan.....	4
1.3. Gambaran Proses Penyusunan Inventarisasi GRK.....	7
2. METODOLOGI DAN SUMBER DATA.....	9
2.1. Metodologi Umum	9
2.2. Metodologi Energi.....	10
2.3. Metodologi Pertanian	14
2.4. Metodologi Kehutanan	26
2.5. Metodologi Limbah.....	33
3. HASIL PERHITUNGAN	42
3.1. Profil Emisi GRK Kabupaten Balangan.....	42
3.2. Profil Emisi GRK Sektor Energi	48
3.3. Profil Emisi GRK Sektor Pertanian.....	52
3.4. Profil Emisi GRK Sektor Kehutanan.....	57
3.5. Profil Emisi Sektor Limbah	62
4. ANALISIS KETIDAKPASTIAN & KATEGORI KUNCI.....	67
4.1. Analisis Ketidakpastian.....	67
4.2. Analisis Kategori Kunci	68
5. PENGENDALIAN & PENJAMINAN MUTU	71
6. PERBAIKAN IGRK BERKELANJUTAN	73
6.1. Perbaikan Dokumentasi dan Koordinasi Data Lokal	73
6.2. Perbaikan Metode Koleksi Data.....	74
6.3. Peningkatan Metode Perhitungan dan Analisis Data.....	75
6.4. Perbaikan Quality Assesment (QA)	75
6.5. Konsistensi dan Kontinuitas	75
7. KESIMPULAN & REKOMENDASI.....	77
7.1. Kesimpulan.....	77
7.2. Rekomendasi	78
DAFTAR PUSTAKA	79

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1.	Nilai GWP pada Second Assessment Report (SAR) yang digunakan pada perhitungan inventarisasi GRK	10
Tabel 2. 2.	Klasifikasi sumber emisi menurut IPCC 2006 dan Energy Balance.....	12
Tabel 2. 3.	Faktor emisi beberapa bahan bakar di Indonesia	14
Tabel 2. 4.	Data aktivitas dan parameter dalam inventarisasi emisi GRK dari kegiatan pertanian dan peternakan di Kabupaten Balangan	24
Tabel 2. 5.	Kategorisasi penutupan lahan menurut IPCC 2006, SNI 7645:2010, dan Kementerian Kehutanan	28
Tabel 2. 6.	Faktor simpanan C pada beberapa penutupan lahan di Indonesia	30
Tabel 2. 7.	Referensi C-organik tanah mineral dan faktor pengelolaan terkait dengan perubahan simpanan C pada lahan.....	32
Tabel 2. 8.	Distribusi pengelolaan sampah (%) di Provinsi Kalimantan Selatan	39
Tabel 2. 9.	Estimasi komposisi dan berat kering sampah padat diangkut ke TPA di Provinsi Kalimantan Selatan.....	40
Tabel 2. 10.	Proporsi jumlah limbah cair domestik menurut sistem pengolahannya dan fraksinya (%) di Kalimantan Selatan.....	41
Tabel 3. 1.	Emisi GRK tahunan dan kumulatif di Kabupaten Balangan tahun 2010 – 2023.	44
Tabel 3. 2.	Perubahan emisi GRK historis 2011 - 2023, dan target penurunan emisi dan serapan GRK sektoral dan agregatnya di Kabupaten Balangan hingga tahun 2030	47
Tabel 3. 3.	Emisi GRK sektor energi tahunan dan kumulatif di Kabupaten Balangan tahun 2010 - 2023	49
Tabel 3. 4.	Perubahan emisi GRK historis 2011 - 2023, dan target penurunannya dari sektor energi di Kabupaten Balangan hingga tahun 2030	52
Tabel 3. 5.	Emisi GRK sektor pertanian tahunan dan kumulatif di Kabupaten Balangan tahun 2010 - 2023	54
Tabel 3. 6.	Perubahan emisi GRK historis 2011 - 2023, dan target penurunannya dari sektor pertanian di Kabupaten Balangan hingga tahun 2030.....	57
Tabel 3. 7.	Emisi GRK sektor tutupan lahan tahunan dan kumulatif di Kabupaten Balangan tahun 2010 - 2023.....	60
Tabel 3. 8.	Perubahan emisi GRK historis 2011 - 2023, dan target penurunannya dari sektor tutupan lahan di Kabupaten Balangan hingga tahun 2030	62
Tabel 3. 9.	Emisi GRK sektor limbah tahunan dan kumulatif di Kabupaten Balangan tahun 2010 - 2023	64
Tabel 3. 10.	Perubahan emisi GRK historis 2011 - 2023, dan target penurunannya dari pengelolaan limbah di Kabupaten Balangan hingga tahun 2030	66
Tabel 4. 1.	Analisis Kategori Kunci tahun 2023 yang dapat berkontribusi emisi dan serapan GRK di Kabupaten Balangan	69
Tabel 4. 2.	Analisis kategori kunci sector energi tahun 2023 di Kabupaten Balangan.....	69
Tabel 4. 3.	Analisis kategori kunci sektor kehutanan tahun 2023 di Kabupaten Balangan.....	70
Tabel 4. 4.	Analisis kategori kunci sektor pertanian tahun 2023 di Kabupaten Balangan	70
Tabel 4. 5.	Analisis kategori kunci sektor limbah tahun 2023 di Kabupaten Balangan.....	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1.	Kelembagaan GRK Nasional	5
Gambar 1. 2.	Alur DA dan Pelaporan Inventarisasi GRK Provinsi dan Kota/Kabupaten.....	6
Gambar 1. 3.	Alur kegiatan IGRK di Kalimantan Selatan	7
Gambar 2. 1.	Struktur kategori sumber emisi GRK dari kegiatan pengelolaan limbah	33
Gambar 2. 2.	Laju timbulan sampah di Kabupaten Balangan	38
Gambar 2. 3.	Populasi penduduk di Kabupaten Balangan periode 2010 – 2023	39
Gambar 3. 1.	Tingkat emisi absolut GRK tahun 2023 dan sebelumnya 2021 – 2022 di Kabupaten Balangan	43
Gambar 3. 2.	Profil netto emisi GRK di Kabupaten Balangan sejak tahun 2010 – 2023	43
Gambar 3. 3.	Tingkat absolut dan proyeksi GRK tahun 2010–2030 berdasarkan BAU, NDC-1 dan NDC-2 pada tahun 2030 di Kabupaten Balangan	45
Gambar 3. 4.	Tingkat emisi GRK tahun 2023 dan sebelumnya 2021–2022 dari sektor energi berdasarkan sub sektor penggunaannya di Kabupaten Balangan	48
Gambar 3. 5.	Tingkat dan status emisi GRK sektor energi berdasarkan sub sektor penggunaannya selama periode 2010 - 2023 di Kabupaten Balangan	49
Gambar 3. 6.	Historis dan proyeksi emisi GRK sektor energi skenario BAU, NDC-1 dan NDC-2 selama periode 2010-2030 di Kabupaten Balangan	51
Gambar 3. 7.	Tingkat emisi GRK tahun 2023 dan sebelumnya 2021–2022 dari sektor pertanian di Kabupaten Balangan	53
Gambar 3. 8.	Tingkat dan status emisi GRK sektor pertanian berdasarkan sub kategorinya selama periode 2010 - 2023 di Kabupaten Balangan	54
Gambar 3. 9.	Historis dan proyeksi emisi GRK sektor pertanian skenario BAU, NDC-1 dan NDC-2 selama periode 2010 - 2030 di Kabupaten Balangan.....	56
Gambar 3. 10.	Tingkat emisi dan serapan GRK perubahan tutupan lahan pada tahun 2023 dan perbandingnya pada tahun 2021 dan 2022 di Kabupaten Balangan.....	58
Gambar 3. 11.	Tingkat dan status emisi dan serapan GRK perubahan tutupan lahan selama periode 2010 – 2023 di Kabupaten Balangan.....	59
Gambar 3. 12.	Historis dan proyeksi emisi GRK perubahan tutupan lahan hingga 2030 di Kabupaten Balangan	61
Gambar 3. 13.	Tingkat emisi GRK tahun 2023 dan tahun sebelumnya 2021-2022 dari sektor pengelolaan limbah di Kabupaten Balangan.....	63
Gambar 3. 14.	Tingkat dan status emisi GRK dari kegiatan pengelolaan limbah selama tahun 2010–2023 di Kabupaten Balangan.....	64
Gambar 3. 15.	Histori dan proyeksi emisi GRK sektor limbah skenario BAU dan Mitigasi selama periode 2010 - 2030 di Kabupaten Balangan	66
Gambar 5. 1.	Pengendalian dan penjaminan mutu IGRK secara berkelanjutan.....	72

LAPORAN INVENTARISASI GAS RUMAH KACA KABUPATEN BALANGAN TAHUN 2024

RINGKASAN EKSEKUTIF

Sektor Kegiatan yang Dilaporkan

Dalam rangka inventarisasi GRK, ada 5 sektor kegiatan yang disepakati para pihak yang dapat dilaporkan:

- Pengadaan dan penggunaan energi,
- Proses industri dan penggunaan produk,
- Pertanian,
- Kehutanan dan penggunaan lahan lainnya, dan
- Limbah.

Menurut Peraturan Presiden No 71 tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, sektor yang dilaporkan dapat disesuaikan dengan kondisi daerah dan ketersediaan data aktivitas, atau yang menjadi kategori kunci emisi dan serapan GRK. Beberapa kegiatan yang dapat dilaporkan pada tahun inventori 2023 di Kabupaten Balangan adalah:

- Penggunaan bahan bakar pada sub-sektor manufaktur dan industri (1A2), transportasi (1A3), komersial dan institusi (1A4a), rumah tangga (1A4b), dan sektor lainnya (pertambangan, pertanian dan konstruksi) (1A4c);
- Kegiatan pertanian dan peternakan;
- Kehutanan dan penggunaan lahan lainnya; dan
- Pengelolaan limbah domestik.

Tingkat, Status dan Kecenderuan Emisi GRK

Tingkat emisi GRK tahun 2023 di Kabupaten Balangan mencapai nilai absolut 3.682.492 ton atau netto emisi 2.881.945 ton CO₂-eq. Masing-masing kategori/sektor yang berkontribusi mengemisikan GRK adalah sektor energi sebesar 3.014.443 ton CO₂-eq (81,9%), sektor pertanian 110.084 ton CO₂-eq (3,0%), perubahan tutupan lahan absolut 534.645 ton CO₂-eq (14,5%) dan sektor limbah domestik 23.320 ton CO₂-eq (0,6%). Tingkat absolut emisi GRK tahun 2021 dan 2022 juga ditunjukkan masing-masing 3.731.635 dan 4.112.998 ton CO₂-eq..

Kategori Kunci

Terdapat 7 sub kategori emisi/serapan yang menjadi kunci utama kumulatif hingga 95% dari total emisi dan serapan GRK di Kabupaten Balangan pada tahun 2023.

Kategori energi terdiri atas 3 sub kategori, pertanian 1 sub kategori, dan kehutanan dan penggunaan lahan (FOLU) dengan 3 sub kategori..

Aksi Penurunan Emisi GRK

Bahwa yang dilaporkan pada dokumen IGRK ini ialah potensi pengurangan emisi GRK pada tahun inventarisasi 2023 atas dasar BAU pada tahun yang sama. Capaian penurunan emisi GRK harus dilaporkan melalui monitoring, pelaporan, dan verifikasi (MRV) pada setiap aksi mitigasi. Penurunan emisi GRK harus diselaraskan dengan dokumen RAD-GRK. Oleh karena itu Kelompok Kerja IGRK dan RAD GRK harus dikembangkan sehingga potensi pengurangan emisi GRK Kabupaten Balangan dapat di-MRV melalui Pokja yang unsur-unsurnya berasal dari SKPD dan para pihak. Rekomendasikan agar Dokumen IGRK ini harus ditindaklanjuti dengan Dokumen Rencana Aksi Daerah.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gas Rumah Kaca (GRK) adalah gas di atmosfer bumi yang menjebak panas. Pada siang hari matahari bersinar melalui atmosfer, menghangatkan permukaan bumi. Pada malam hari permukaan bumi mendingin, melepaskan panas kembali ke udara. Tetapi beberapa panas terperangkap oleh gas rumah kaca di atmosfer.. Gas-gas yang terkandung dalam atmosfer, baik yang keberadaannya alami maupun dari kegiatan manusia, mampu menyerap dan memancarkan kembali radiasi infra-merah (IPCC, 2006; KLH, 2012a). Sebagian radiasi solar matahari yang berpanjang gelombang pendek yang diterima permukaan bumi dipancarkan kembali ke atmosfer dalam bentuk radiasi gelombang panjang (infra-merah). Sebagian radiasi infra-merah ini akan diserap oleh GRK yang ada pada lapisan atmosfer bawah dekat dengan permukaan bumi, dan menimbulkan efek panas yang dikenal sebagai “efek rumah kaca”. Hanya saja pada konsentrasi yang lebih tinggi, GRK dapat menyerap panas lebih banyak daripada yang diperlukan, sehingga berdampak pada pemanasan global, perubahan pola iklim dan peningkatan tinggi muka air laut.

Pemanasan global adalah meningkatnya suhu rata-rata permukaan bumi akibat peningkatan jumlah emisi GRK di atmosfer. Pemanasan global akan diikuti dengan perubahan iklim, seperti meningkatnya curah hujan di beberapa belahan dunia sehingga menimbulkan banjir dan erosi. Sedangkan, di belahan bumi lain akan mengalami musim kering yang berkepanjangan disebabkan kenaikan suhu. Peningkatan suhu global diperkirakan akan memberikan dampak bagi perubahan-perubahan di permukaan bumi, seperti kenaikan permukaan air laut, adanya fenomena cuaca yang ekstrim atau perubahan iklim, terpengaruhnya hasil pertanian, hilangnya gletser dan punahnya berbagai jenis hewan. Berbagai upaya telah dilakukan oleh berbagai kalangan untuk menyelamatkan bumi dari ancaman pemanasan global seperti melakukan penghijauan di berbagai kawasan, reboisasi lahan kritis dan sebagainya.

Penelitian yang dilakukan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) menyatakan bahwa peningkatan suhu rata-rata global sejak pertengahan abad ke-20 kemungkinan besar disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi GRK akibat kegiatan manusia melalui efek gas rumah kaca. Kegiatan manusia (*anthropogenic*) setelah era pra-industri telah mengalami peningkatan sangat

berarti. Peningkatan penggunaan energi dari bahan bakar minyak untuk berbagai kegiatan manusia terutama dalam proses-proses industri, transportasi, dan kegiatan pembukaan hutan untuk keperluan pembangunan, intensifikasi budi daya tanaman serta produksi limbah, telah menyebabkan emisi GRK meningkat dengan laju yang semakin cepat.

Gas rumah kaca berikut ini tercakup dalam Pedoman 2006:

- karbon dioksida (CO_2)
- metana (CH_4)
- nitrogen oksida (N_2O)
- hidrofluorokarbon (HFC)
- perfluorokarbon (PFC)
- sulfur heksafluorida (SF_6)
- nitrogen trifluorida (NF_3)
- trifluorometil sulfur pentafluorida (SF_5CF_3)
- eter terhalogenasi (misalnya, $\text{C}_4\text{F}_9\text{OC}_2\text{H}_5$, $\text{CHF}_2\text{OCF}_2\text{OC}_2\text{F}_4\text{OCHF}_2$, $\text{CHF}_2\text{OCF}_2\text{OCHF}_2$)
- dan halokarbon lain yang tidak tercakup dalam Protokol Montreal termasuk CF_3I , CH_2Br_2 , CHCl_3 , CH_3Cl , CH_2Cl_2

Tiga GRK penting yang dilaporkan ialah CO_2 , CH_4 dan N_2O . Jenis GRK yang keberadaannya juga di atmosfer berpotensi menyebabkan perubahan iklim global yang tidak termasuk pada *Protokol Montreal*. Rata-rata global konsentrasi CO_2 di atmosfer pada awal revolusi industri (sekitar tahun 1750-an) hanya 280 ppm dan pada tahun 2006 sudah meningkat menjadi 381 ppm (KLH, 2012a). Menurut laporan IPCC (2006) sejak tahun 1900 suhu rata-rata dunia telah meningkat sebesar $0,7^\circ\text{C}$. Perubahan suhu tersebut dipercaya sebagai akibat dari keberadaan GRK seperti CO_2 , CH_4 , N_2O , sulfur heksafluorida (SF_6), dan karbon tetrafluorida (CF_4) dalam jumlah yang berlebihan di atmosfer. Adanya peningkatan suhu global ini akan mempengaruhi proses fisik dan kimia yang ada baik di bumi maupun di atmosfer dan pada akhirnya berdampak pada perubahan iklim. Perubahan yang terjadi akibat fenomena ini di antaranya kenaikan tinggi muka air laut, perubahan pola angin, meningkatnya badai atmosferik, perubahan pola hujan dan siklus hidrologi dan lain-lain dan akhirnya berdampak pada ekosistem hutan, daratan, dan ekosistem alam lainnya (KLH, 2012a).

Adanya perubahan iklim akibat peningkatan emisi GRK diperlukan upaya internasional untuk menurunkan emisi GRK. Pemerintah Indonesia telah ikut

meratifikasi Protokol Kyoto, sebagai bagian dari tanggung jawab internasional dalam penurunan emisi GRK. Indonesia telah berkomitmen untuk menurunkan emisi GRK sebesar 29% dengan usaha sendiri atau sebesar 41% jika mendapat bantuan internasional pada tahun 2030 dari kondisi tanpa adanya rencana aksi (*bussines as usual*/BAU). Komitmen tersebut memerlukan arahan kebijakan untuk menurunkan emisi gas rumah kaca. Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca, telah disusun langkah awal yang dilakukan oleh Pemerintah Indonesia untuk mendukung penurunan emisi GRK dari berbagai bidang atau sektor pembangunan. Sejalan dengan komitmen Nasional Pemerintah Indonesia untuk menurunkan emisi GRK, Pemerintah Provinsi Kalimantan Selatan telah menetapkan Rencana Aksi Daerah (RAD) Penurunan Emisi GRK melalui Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 14 Tahun 2013. Sejalan dengan RAD tersebut, maka diperlukan kegiatan inventarisasi emisi GRK di setiap wilayah nasional, provinsi dan kabupaten/kota sesuai amanat Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2011.

Untuk melihat seberapa besar emisi GRK yang terjadi pada suatu periode/tahun tertentu dari suatu wilayah, serta untuk melihat besaran penurunan emisi GRK atas upaya-upaya yang telah dilakukan, maka inventarisasi emisi GRK harus dilaksanakan. Inventarisasi emisi GRK seyogyanya dilaksanakan tiap tahun. Sesuai Peraturan Presiden Nomor 71 Tahun 2011 bahwa penyelenggaraan inventarisasi GRK bertujuan untuk menyediakan:

- Informasi secara berkala mengenai tingkat, status dan kecenderungan perubahan emisi dan serapan GRK termasuk simpanan karbon di tingkat nasional, provinsi dan kabupaten/kota.
- Informasi pencapaian penurunan emisi GRK dari kegiatan mitigasi perubahan iklim nasional, provinsi dan kabupaten/kota.

Pasal 9 Peraturan Presiden Nomor 71 Tahun 2011 mengamanatkan bahwa Gubernur bertugas menyelenggarakan inventarisasi GRK di tingkat provinsi dan mengoordinasikan penyelenggaraan inventarisasi GRK di kabupaten dan kota di wilayahnya. Gubernur melaporkan hasil kegiatan inventarisasi GRK dari kabupaten dan/atau kota kepada Menteri satu kali dalam setahun.

Kesepakatan IPCC (2006) dan sesuai pula dengan KLH (2012a), ada 4 kategori sektor kegiatan manusia (antropogenik) yang dapat dilaporkan yang menyumbang atas peningkatan GRK, yaitu:

- Energi, yang meliputi penggunaan dan produksi energi;
- Industri, yang meliputi proses industri dan penggunaan produk industri;
- Pertanian, Kehutanan dan Penggunaan Lahan Lainnya (*AFOLU*), yang meliputi peternakan, pertanian (padi sawah, pemupukan, pengapuran, dan pengelolaan lahan), alih fungsi lahan (tutupan lahan), dan pembakaran biomassa termasuk karhutla; dan
- Limbah, yang meliputi pengelolaan limbah domestik dan limbah industri.

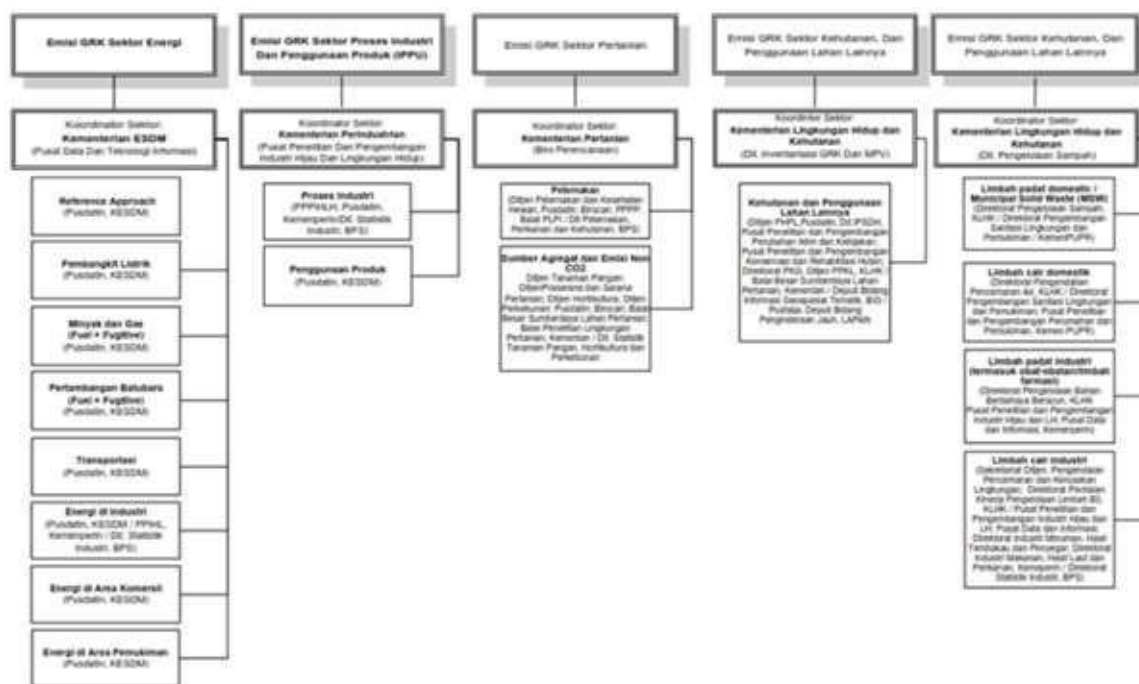
Berdasarkan ketersediaan data aktivitas, karakteristik wilayah dan potensi emisi GRK, inventarisasi GRK tahun 2023 di Kabupaten Balangan meliputi tingkat dan status emisi GRK selama periode 2010 – 2023 yang bersumber dari kegiatan:

- Penggunaan energi pada kegiatan komersial dan institusi, industri, transportasi, rumah tangga, dan kegiatan lainnya (pertambangan, pertanian dan konstruksi).
- Kegiatan pertanian dan peternakan, serta kehutanan dan perubahan tutupan lahan lainnya.
- Pengelolaan limbah padat dan cair domestik.

1.2. Pengaturan Kelembagaan

Peraturan Presiden nomor 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional telah memberikan mandat kepada Menteri yang menangani bidang lingkungan hidup untuk menetapkan pedoman penyelenggaraan inventarisasi GRK, mengkoordinasikan penyelenggaraan inventarisasi GRK dan melaksanakan monitoring dan evaluasi terhadap proses dan hasil inventarisasi GRK. Lebih lanjut, Peraturan Presiden Nomor 16 Tahun 2015 tentang Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) Pasal 28 menyebutkan bahwa Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim (Ditjen PPI) mempunyai tugas untuk menyelenggarakan perumusan dan pelaksanaan kebijakan dibidang pengendalian perubahan iklim, penyusunan norma, standar, prosedur, dan kriteria termasuk dibidang inventarisasi GRK, koordinasi dan sinkronisasi pelaksanaan kebijakan inventarisasi GRK, pelaksanaan bimbingan teknis dan supervisi, serta pelaksanaan evaluasi dan pelaporan penyelenggaraan inventarisasi GRK.

Mandat yang diberikan dalam Peraturan Presiden tersebut di atas, selanjutnya diatur pelaksanaannya secara detail dalam Peraturan Menteri LHK Nomor P.73/MenLHK/Setjen/Kum.1/12/2017 tanggal 29 Desember 2017 tentang Pedoman Penyelenggaraan dan Pelaporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca, termasuk di dalamnya tata kelembagaan inventarisasi GRK Nasional, sebagaimana diilustrasikan dalam Gambar 1.1.

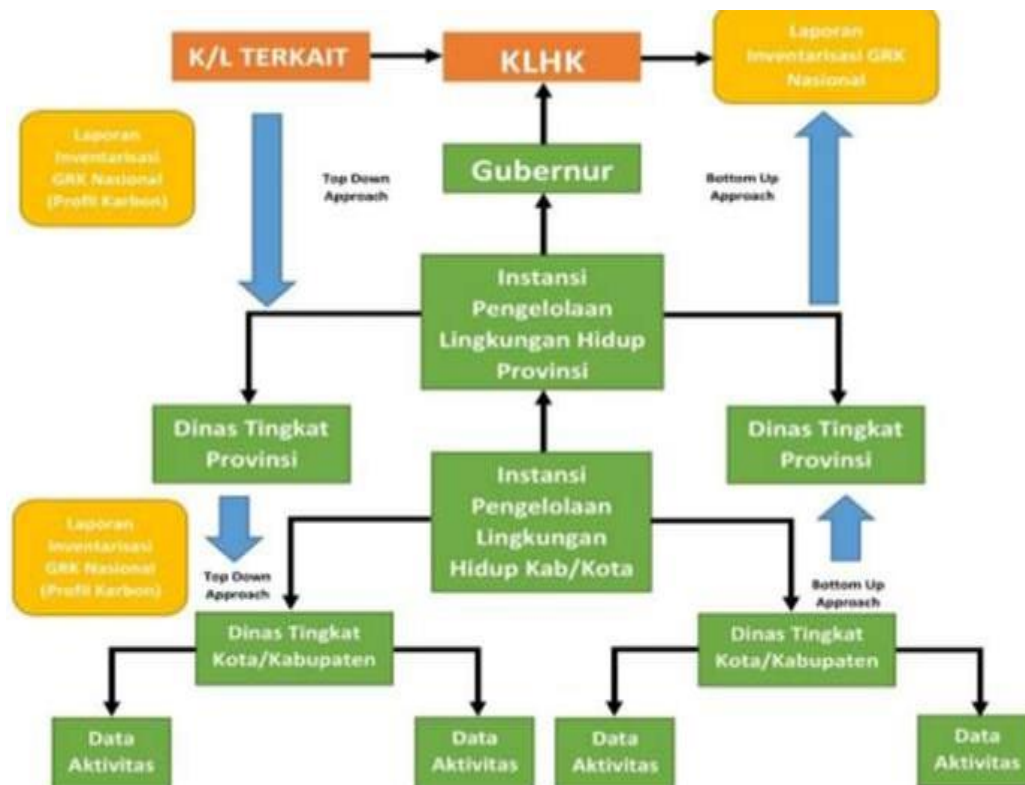


Gambar 1. 1. Kelembagaan GRK Nasional

Dalam kelembagaan tersebut, seluruh sektor dan pemerintah daerah dibawah koordinasi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan untuk mengembangkan laporan pelaksanaan Inventarisasi GRK yang dapat digunakan dalam penyusunan Laporan Inventarisasi GRK di tingkat Nasional dan Internasional seperti *National Communication* (komunikasi nasional) dan *Biennial Update Report* (BUR). Hasil inventarisasi GRK tersebut juga akan dipergunakan untuk pengembangan kebijakan dan evaluasi pencapaian aksi mitigasi penurunan emisi GRK.

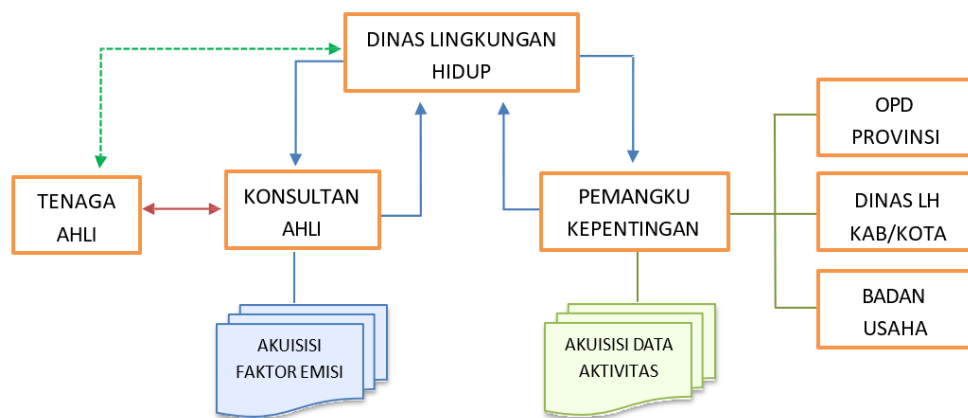
Dalam penyusunan laporan inventarisasi GRK nasional melibatkan partisipasi aktif pemerintah sub-nasional (provinsi, kabupaten dan kota). Namun demikian dalam pengembangan inventarisasi GRK nasional saat ini hanya melibatkan K/L pusat. Dalam pengembangan inventarisasi GRK nasional, peran pemerintah daerah diperkuat secara berkelanjutan. Sehingga di masa depan, pengembangan inventarisasi GRK akan dilengkapi melalui pendekatan top-down dan bottom-up,

agar dapat dibandingkan perhitungan yang dilakukan di tingkat nasional dengan agregasi hasil perhitungan yang dilakukan pemerintah daerah. Alur data dan pelaporan beserta upaya pengembangan inventarisasi GRK secara top-down dan bottom-up diilustrasikan pada Gambar 1.2.



Gambar 1. 2. Alur DA dan Pelaporan Inventarisasi GRK Provinsi dan Kota/Kabupaten

Pengerjaan Inventarisasi Emisi GRK Kabupaten Balangan tahun 2023 melibatkan pemangku kepentingan (*stakeholders*) lingkungan setempat yang mencakup komponen pemerintah lokal (instansi), badan usaha milik pemerintah, perusahaan negara, swasta, masyarakat dan akademisi. Pihak konsultan sebagai penyusun laporan bekerjasama dengan pihak-pihak terkait, secara khusus untuk memperoleh data-data aktivitas pendukung perhitungan. Penyusunan laporan inventarisasi GRK menjadi kerja kolektif antara terkait lingkungan setempat dan konsultan dengan masing-masing memiliki tugas dan fungsi dalam kegiatan ini (Gambar 1.3).



Gambar 1. 3. Alur kegiatan IGRK di Kalimantan Selatan

Secara umum, terdapat tiga komponen utama dalam kelembagaan dalam IGRK Kabupaten Balangan yaitu: penanggung jawab (Sub Dinas Lingkungan Hidup), pelaksana kegiatan (konsultan) dan sumber data (OPD dan Badan Usaha). Penanggung jawab kegiatan adalah Sub Dinas LH Kabupaten Balangan selaku dinas yang secara khusus mengemban tanggung jawab pelaksanaan bidang lingkungan. Pelaksana kegiatan adalah Konsultan yang diusulkan, yang terdiri dari ahli berbasis lahan, energi dan limbah. Para pihak yang menyediakan data aktivitas terdiri dari OPD sector/ sub sektor, dan badan usaha.

1.3. Gambaran Proses Penyusunan Inventarisasi GRK

Penyusunan Laporan Inventarisasi dilakukan dalam lima fase, yaitu: (1) persiapan, (2) pengembangan, (3) konsultasi dengan sektor, (4) penulisan laporan dan tinjauan eksternal, serta (5) revisi dan publikasi, sebagaimana diuraikan di bawah ini:

- (1) **Persiapan:** dalam fase ini, diadakan sebuah pertemuan Sub Dinas LH Kabupaten Balangan dan tenaga ahli yang ditugaskan untuk mendiskusikan beberapa hal terkait dengan: penetapan metodologi dan good practice yang harus diikuti dalam penyusunan dokumen inventarisasi. Dalam fase ini juga diidentifikasi tipe data aktivitas dan faktor emisi serta parameter terkait yang diperlukan dalam penyusunan inventarisasi GRK. Dinas terkait mengajukan bantuan penyediaan data aktivitas dari setiap sektor terkait untuk kemudian dikumpulkan dan diolah oleh tenaga ahli yang ditunjuk.
- (2) **Pengembangan:** setelah data aktivitas dan faktor emisi/serapan untuk setiap kategori emisi maupun sektor dikumpulkan, data dan informasi

tersebut kemudian dicatat dalam spreadsheet. Emisi kemudian diestimasi dan laporan disiapkan oleh konsultan; laporan ini mencakup estimasi emisi, serta analisa yang dilakukan dan sumber informasi yang digunakan. Dalam fase ini, Sub Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Balangan menindaklanjuti permohonan data yang diajukan oleh konsultan dan mendapat dukungan dalam memperoleh data tambahan yang diperlukan untuk estimasi lebih lanjut.

- (3) Konsultasi sektor: setelah konsultan menyelesaikan inventarisasi, hasilnya kemudian dibahas guna memeriksa hasil estimasi serta konsistensi data aktivitas dan faktor emisi/serapa yang digunakan. Melalui diskusi, tingkat ketidakpastian (*uncertainty*) data aktivitas dan faktor emisi lalu ditentukan. Tren emisi diestimasi menurut kategori emisi dan tipe gas, dan nilai ketidakpastian baik secara umum maupun per kategori juga diestimasi.
- (4) Penyusunan laporan dan verifikasi eksternal: setelah konsultasi sektor, laporan final inventarisasi disusun menurut format yang telah ditentukan. Konsultan melakukan verifikasi atas laporan serta spreadsheet inventarisasi GRK untuk semua sektor. Masukan dan komentar dari peninjauan eksternal ini kemudian digunakan dalam perbaikan inventarisasi.
- (5) Revisi dan publikasi: setelah laporan selesai direview, Sub Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Balangan kemudian menyampaikannya ke Bupati, Gubernur dan Kementerian LHK. Penyesuaian dan perbaikan akhir akan dilakukan apabila ditemukan adanya kesalahan.

2. METODOLOGI DAN SUMBER DATA

2.1. Metodologi Umum

Metodologi yang digunakan pada perhitungan emisi GRK mengacu pada metode yang ditetapkan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines* dalam IPCC Guidelines 2006. Penerapan metodologi ini telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri LHK Nomor P.73/2017 tanggal 29 Desember 2017 tentang Pedoman Penyelenggaraan dan Pelaporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca. Secara garis besar, perhitungan emisi/serapan GRK diperoleh melalui perkalian data aktivitas dengan faktor emisi, atau dengan persamaan sederhana berikut:

$$\text{Emisi atau Serapan GRK} = \text{AD} \times \text{EF}$$

di mana:

- **Data Aktivitas (AD):** Penyelenggara Inventarisasi GRK mengembangkan mekanisme kelembagaan dalam pengumpulan data aktivitas yang diperlukan pada perhitungan sebagaimana rumus di atas. Lembaga dan divisi yang ditunjuk pada Kementerian/Lembaga dan Pemerintah Daerah untuk melakukan pengumpulan data aktivitas mengidentifikasi jenis data dan tahun ketersediaannya dan lembaga yang memiliki dan menyimpan data tersebut. Pengumpulan dan pemutakhiran data dilakukan secara kontinyu dengan melibatkan K/L terkait.
- **Faktor Emisi:** Penyelenggara Inventarisasi GRK melakukan upaya pengumpulan dan pengembangan factor emisi lokal melalui kerjasama dengan instansi, lembaga, dan perguruan tinggi yang melakukan penelitian faktor emisi. Dalam hal faktor emisi lokal belum tersedia, maka digunakan faktor emisi lokal yang tersedia untuk daerah lain atau faktor emisi nasional atau regional yang sudah tersedia ditetapkan IPCC. Kompilasi faktor emisi dari berbagai negara dan wilayah dihimpun dalam Basis Data untuk Faktor Emisi (*Emission Factor Database*).

Pemilihan metodologi Inventarisasi GRK dilakukan menurut tingkat ketelitian (Tier), semakin tinggi kedalaman metode yang dipergunakan maka hasil perhitungan emisi/serapan GRK yang dihasilkan semakin rinci dan akurat. Tingkat ketelitian terdiri dari:

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

Tabel 2. 1. Nilai GWP pada *Second Assessment Report* (SAR) yang digunakan pada perhitungan inventarisasi GRK

No	Gas	GWP (CO ₂ -eq)
1	CO ₂	1
2	<i>Methane</i> (CH ₄)	21
3	<i>Nitrous oxide</i> (N ₂ O)	310
4	PFC-14 (CF ₄)	6.500
5	PFC-116 (C ₂ F ₆)	9.200
6	<i>Sulfur hexafluoride</i> (SF ₆)	23.900

Untuk estimasi Inventarisasi GRK Nasional tahun 2000-2019 (Direktorat Inventarisasi GRK dan MPV, 2020) yang menjadi lingkup pada laporan ini menggunakan metode IPCC Guidelines 2006 untuk Tier 1 dan Tier 2. Sedangkan nilai Global Warming Potential (GWP) digunakan untuk mengkonversi data emisi GRK non-CO₂ menjadi karbon dioksida ekuivalen (CO₂e), dengan mengikuti *Second Assessment Report* of IPCC (2nd AR of IPCC). Nilai GWP dimaksud sebagaimana Tabel 2.1.

2.2. Metodologi Energi

2.2.1. Kategori Sumber dan Jenis Emisi GRK

Energi merupakan salah satu sektor penting yang harus dilaporkan pada inventarisasi emisi gas rumah kaca (GRK). Sesuai IPCC (2006) dan KLH (2012b) cakupan inventarisasi sektor energi meliputi kegiatan pengadaan energi dan penggunaan energi. Pengadaan energi meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut:

- Eksplorasi dan eksploitasi sumber-sumber energi primer (misal minyak

mentah, gas alam, dan batubara), dan

- Konversi energi primer menjadi energi sekunder yaitu energi yang siap pakai (konversi minyak mentah menjadi BBM di kilang minyak, konversi batubara menjadi tenaga listrik di pembangkit tenaga listrik), serta penyaluran dan distribusi energi.

Adapun penggunaan energi meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut:

- Penggunaan bahan bakar di peralatan-peralatan stasioner (industri, komersial, institusi dan rumah tangga serta lainnya), dan
- Penggunaan bahan bakar pada peralatan yang bergerak (transportasi).

Terdapat dua kategori besar dalam memperhitungkan emisi GRK pada sektor energi, yakni: (1) aktivitas pembakaran bahan bakar dan (2) emisi fugitif. Pada aktivitas pembakaran bahan bakar, gas CO₂ akan dihasilkan dari oksidasi karbon dalam bahan bakar selama pembakaran. Dalam kondisi pembakaran yang sempurna, kandungan karbon total bahan bakar akan diubah menjadi CO₂. Gas CH₄ diproduksi dalam jumlah kecil dari pembakaran bahan bakar akibat pembakaran tidak sempurna atas produk senyawa hidrokarbon. Produksi gas CH₄ tergantung pada suhu dalam boiler/ tungku/ kompor. Gas N₂O terbentuk melalui reaksi NO, yang dibentuk melalui pembakaran, dengan nitrogen yang mengandung komponen volatil dalam bahan bakar. Suhu pembakaran yang lebih rendah menyebabkan emisi N₂O lebih tinggi.

Emisi fugitif berasal dari proses geologi pembentukan batubara yang menghasilkan gas CH₄. Gas CO₂ juga dapat hadir dalam beberapa lapisan batubara. Emisi fugitif diemisikan disengaja atau tidak disengaja dari GRK yang mungkin terjadi selama ekstraksi, pengolahan dan pengiriman bahan bakar fosil ke titik penggunaan akhir. Emisi fugitif diemisikan dari pertambangan, pengolahan, penyimpanan dan transportasi batubara, minyak dan gas alam.

2.2.2. Metodologi

Metode penghitungan emisi gas rumah kaca (GRK) untuk kegiatan pengadaan dan penggunaan energi mengacu pada Pedoman IPCC 2006 yang sudah disepakati dan diakui secara internasional (KLH, 2012b). Terdapat tiga tingkatan (tier) dalam menghitung estimasi emisi GRK yaitu Tier 1, 2 dan 3. Tier 1 memerlukan data aktivitas berupa data agregat statistik konsumsi bahan bakar aktual pada level nasional dan provinsi. Sementara pada level kabupaten diperlukan data pengadaan

dan penggunaan energi menurut jenis bahan bakar dan jenis penggunaannya. Meskipun demikian jika digunakan Tier 2 dan Tier 3 dalam penghitungan estimasi maka diperlukan data aktivitas yang lebih detail dan menggunakan faktor emisi spesifik lokal. Faktor emisi Tier 2 digunakan pada penghitungan emisi GRK dari sektor energi, yang telah dirilis oleh Pusdatin Kementerian ESDM sebagai faktor emisi nasional Indonesia.

- **Data Aktivitas**

Data aktivitas untuk penghitungan emisi GRK sektor energi mengacu pada Tabel 2.2. Tabel 2.2 merinci klasifikasi sumber emisi GRK sektor energi menurut IPCC (2006) dan Tabel Kesetimbangan Energi (*Energy Balance Table*) yang tercantum dalam *Handbook of Energy* Pusdatin, Kementerian Energi dan Sumber Daya (ESDM).

Tabel 2. 2. Klasifikasi sumber emisi menurut IPCC 2006 dan Energy Balance

Kategori IPCC 2006		Energy Balance Table	
1A1a	Main activity electricity and heat production	2 e.	Power plant a. Dari PLN b. Dari non-PLN
1A1b	Petroleum refining	2 a.	Refinery
		2 b.	LPG Plant
		2 c.	LNG Plant
		3 a.	During Transformation
		3 b.	Energy use / own use
1A1c	Manufacture of solid fuels and other energi industries	2 d.	Coal Processing Plant
1A2	Manufacturing Industries and Construction	6 a.	Industry
1A3	Transport	6 b.	Transportation
1A4a	Commercial/institutional	6 d.	Commercial
1A4b	Residential	6 c.	Household
1A4c	Other Sector	6 e.	Other sector
1B1	Solid Fuel	1 a.	Production/Coal
1B2a	Oil	1 a.	Production/Crude Oil
		4	Final Energy Supply/LPG
1B2b	Natural Gas	1 a.	Production/Natural Gas
		4	Final Energy Supply/LPG

Berdasarkan pertimbangan ketersediaan data aktivitas dan potensi sumber emisi GRK sektor energi, maka dari sejumlah sumber emisi seperti Tabel 2.2, ditetapkan sumber emisi GRK sektor energi yang penting dan dapat tersedia atau dapat dibangkitkan datanya untuk inventarisasi GRK di Kabupaten Balangan meliputi:

(1) manufaktur dan industri (1A2), (2) transportasi (1A3), (3) komersial dan institusi (1A4a), (4) rumah tangga (1A4b), dan (5) sektor lainnya (pertambangan, pertanian dan konstruksi) (1A4c).

Pemakaian bahan bakar di industri manufaktur & konstruksi (1A2), komersial dan institusi (1A4a), rumah tangga (1A4b), dan sektor lainnya (1A4c) dikecualikan dari data PDRB lapangan usaha dan data pemakaian bahan bakar di lapangan usaha (Sumber: BPS Provinsi dan Kabupaten). Cara mendapatkan data dengan menggunakan pendekatan RUED ((Anwar et al. 2020). Untuk menghitung kebutuhan energi sektor industri, dibutuhkan data yang relevan. Salah satu indikator yang dianggap sangat berperan dalam kebutuhan energi sektor industri adalah jumlah produksi tahunan dari masing-masing jenis industri. Selain itu, besarnya Pendapatan Domestik Regional Bruto (PDRB) sektor industri juga dianggap berbanding lurus dengan kebutuhan energi di sebuah daerah. PDRB yang tinggi menunjukkan kebutuhan energi yang tinggi, begitupun sebaliknya. Faktor lain yang berperan dalam menentukan besarnya kebutuhan energi sektor industri di suatu daerah adalah intensitas energi yang menunjukkan efisiensi penggunaan bahan bakar di sektor industri. Untuk mengetahui jumlah penggunaan bahan bakar pada industri pengolahan di Kabupaten Balangan digunakan pendekatan *downscaling* dari data penggunaan bahan bakar di Provinsi Kalimantan Selatan. Proses *downscaling* menggunakan faktor pembandingan nilai PDRB kegiatan industri pengolahan.

Data aktivitas pembakaran bahan bakar untuk transportasi darat wilayah Kabupaten Balangan tidak tersedia. Data aktivitasnya secara tidak langsung dibangkitkan dengan model *System Dynamics*. Model ini biasa digunakan untuk memperoleh informasi dalam situasi yang rumit dan dinamis, dan sering diterapkan dalam dunia bisnis (Stermann, 2000). Variabel yang digunakan adalah populasi penduduk, panjang jalan, jumlah kendaraan bermotor per jenisnya, dan PDRB per kapita. Analisis ini menghasilkan data jumlah bahan bakar yang digunakan oleh setiap jenis kendaraan bermotor per jenis bahan bakar. Data model ini digunakan sebagai data aktivitas penghitungan emisi GRK dari kegiatan transportasi darat pada skenario BAU dan historis sebelum adanya kegiatan Aksi Mitigasi.

- **Faktor Emisi**

Data penting lainnya adalah faktor emisi GRK untuk setiap jenis bahan bakar.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) membagi metode penghitungan emisi GRK ke dalam tiga tingkat, seperti yang tercantum dalam Pedoman IPCC 2006, yaitu: (1) Tier-1, emisi dari semua bahan bakar diestimasi berdasarkan jumlah yang dibakar dan faktor emisi rata-rata; (2) Tier-2, emisi dari semua bahan bakar diestimasi menggunakan data bahan bakar yang sama seperti yang digunakan pada Tier1, tetapi faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi khusus suatu negara (*country specific*); dan (3) Tier-3, menggunakan metode spesifik suatu negara dengan data aktivitas yang lebih akurat (pengukuran langsung) dan faktor emisi spesifik suatu pabrik (*plant specific*).

Kegiatan inventarisasi ini menggunakan faktor emisi Tier-2 untuk bahan bakar minyak (BBM) dan batubara yang dikeluarkan oleh pusat penelitian dan pengembangan (puslitbang) di lingkungan Kementerian ESDM. Secara rinci faktor emisi dimaksud disajikan pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3. Faktor emisi beberapa bahan bakar di Indonesia

Bahan Bakar	Faktor Emisi CO ₂ (ton/TJ)	Sumber Pustaka
RON 88	72,97	Pulitbang Lemigas, 2015
RON 92	72,60	Pulitbang Lemigas, 2015
RON 95	69,30	Pedoman IPCC 2006
Minyak Tanah	73,70	Pulitbang Lemigas, 2015
Solar	74,10	Pedoman IPCC 2006
LPG	63,10	Pedoman IPCC 2006
HSD	74,43	Pulitbang Lemigas, 2015
MFO	75,17	Pulitbang Lemigas, 2015
Batubara	99,72	Puslitbang Tekmira, 2016

2.3. Metodologi Pertanian

2.3.1. Kategori Sumber dan Jenis Emisi GRK

Kegiatan pertanian dan peternakan merupakan salah satu sektor kegiatan berbasis lahan yang harus dimasukkan dalam inventarisasi gas rumah kaca (GRK). Menurut Peraturan Presiden No 71 tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, kegiatan pertanian dan peternakan merupakan salah satu sumber emisi GRK. Dua kegiatan ini termasuk ke dalam kategori utama AFOLU (*Agriculture, Forestry and Other Land Uses*), seperti yang disebutkan dalam IPCC (2006) dan KLH (2012c). Hal ini mengingat bahwa dalam kegiatan pertanian dan peternakan, ada beberapa proses dan tahapan kegiatan yang dapat melepaskan gas-

gas yang dikategorikan sebagai GRK.

Kategori sumber emisi GRK di dalam Pedoman IPCC 2006 yang terkait dengan sektor pertanian dan peternakan adalah:

- Peternakan (3A), yaitu emisi dari fermentasi enterik dan pengelolaan kotoran ternak berdasarkan jenis ternak.
- Pembakaran biomassa residu pertanian (3C1b).
- Pembakaran biomassa pertanian berpindah (3C1c).
- Pengapuran (3C2), dari pengelolaan lahan pertanian (penggunaan limestone dan dolomite).
- Pemupukan urea (3C3), aplikasi urea pada lahan pertanian.
- Emisi langsung N_2O dari tanah terkelola (3C4), aplikasi nitrogen pada tanah terkelola, termasuk emisi langsung N_2O dari pengelolaan kotoran ternak pada ladang penggembalaan ternak (3A2).
- Emisi tidak langsung N_2O dari tanah terkelola; deposisi atmosferik dari nitrogen volatil pada tanah terkelola.
- Emisi dari persawahan padi (3C7), emisi metana dari budidaya persawahan padi.

Gas metana (CH_4) dihasilkan oleh hewan memamah biak (herbivora) sebagai hasil samping dari fermentasi enterik, yaitu suatu proses di mana karbohidrat dipecah menjadi molekul sederhana oleh mikroorganisme untuk diserap ke dalam aliran darah. Ternak ruminansia (misalnya; sapi, domba, dan lain-lain) menghasilkan metana lebih tinggi daripada ternak non ruminansia (misalnya; babi, kuda). Selain itu, emisi metana juga dihasilkan dari sistem pengelolaan kotoran ternak.

Kotoran ternak baik padat maupun cair memiliki potensi untuk mengemisikan gas CH_4 dan nitrosoksida (N_2O) selama proses penyimpanan, pengolahan, dan penumpukan/ pengendapan. Faktor utama yang mempengaruhi jumlah emisi adalah jumlah kotoran yang dihasilkan dan bagian kotoran yang didekomposisi secara anorganik. Emisi tersebut ditentukan oleh jenis dan pengolahan kotoran ternak. Emisi langsung N_2O terjadi selama penyimpanan dan pengelolaan kotoran ternak sebelum diaplikasikan ke lahan. Ada beberapa jenis sistem pengelolaan kotoran ternak. Sistem pengelolaan kotoran ternak yang umum dilakukan di Indonesia adalah ladang penggembalaan, kandang, tebar harian, tumpuk kering, unggas dengan dan tanpa penadahan.

Emisi gas non-CO₂ dari biomassa yang dibakar (terutama CH₄, CO, NO_x dan N₂O) umumnya berkaitan dengan residu pertanian (jerami padi, tebu, lainnya) yang dibakar. Emisi CO₂ dari biomassa yang dibakar tidak dihitung karena karbon yang dilepaskan selama proses pembakaran diasumsikan akan diserap kembali oleh tanaman pada musim berikutnya. Persentase sisa tanaman yang dibakar yang disebut sebagai massa bahan bakar yang tersedia, dihitung dengan terlebih dahulu mengurangi dengan fraksi tanaman yang digunakan sebagai pakan ternak, membusuk di lahan, atau digunakan oleh sektor lain (misalnya untuk biofuel, pakan ternak domestik, bahan bangunan, dan lainnya) untuk menghindari kemungkinan *double counting*.

Emisi metana dari persawahan padi dihasilkan oleh proses dekomposisi bahan organik secara anaerobik pada lahan sawah. Jumlah CH₄ yang diemisikan merupakan fungsi dari umur tanaman, rejim air sebelum dan selama periode budidaya, dan penggunaan bahan organik dan anorganik. Selain itu, emisi CH₄ juga dipengaruhi oleh jenis tanah, suhu, dan varietas padi.

Emisi CO₂ dari penggunaan kapur terjadi dari penambahan kapur pertanian (pengapuran) yang bertujuan untuk mengurangi kemasaman tanah dan meningkatkan pertumbuhan tanaman khususnya pada lahan perkebunan. Penambahan karbonat ke tanah dalam bentuk kapur, misalnya batu kapur [CaCO₃] atau dolomit [CaMg (CO₃)₂], menyebabkan emisi CO₂ karena kapur karbonat larut dan melepaskan bikarbonat (2HCO₃⁻), yang selanjutnya menjadi CO₂ dan air (H₂O).

Penggunaan pupuk urea pada budidaya pertanian menyebabkan lepasnya CO₂ yang diikat selama proses pembuatan pupuk. Urea (CO(NH₂)₂) diubah menjadi amonium (NH₄⁺), ion hidroksida (OH⁻), dan bikarbonat (HCO₃⁻) dengan adanya air dan enzim urease. Mirip dengan reaksi tanah pada penambahan kapur, bikarbonat yang terbentuk selanjutnya berkembang menjadi CO₂ dan air.

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 (N₂). Dinitrogen oksida ini adalah gas antara dalam urutan reaksi

denitrifikasi dan hasil dari reaksi nitrifikasi yang lepas dari sel-sel mikroba ke dalam tanah dan akhirnya ke atmosfer. Salah satu faktor pengendali utama dalam reaksi ini adalah ketersediaan N anorganik dalam tanah.

Perkiraan emisi N_2O menggunakan penambahan N ke dalam tanah (misalnya, pupuk sintetis atau organik, deposit kotoran ternak, sisa tanaman, limbah lumpur), atau mineralisasi N dalam bahan organik tanah melalui drainase/pengelolaan tanah organik, atau budidaya/perubahan penggunaan lahan pada tanah mineral (misalnya, *Forest Land/Grass Land/Settlement* dikonversi menjadi lahan pertanian). Emisi N_2O yang dihasilkan dari penambahan N antropogenik atau mineralisasi N dapat terjadi secara langsung (yaitu, langsung dari tanah di mana N ditambahkan/dilepaskan), dan tidak langsung melalui: (i) volatilisasi NH_3 dan NO_x dari tanah yang dikelola dan dari pembakaran bahan bakar fosil serta biomassa, yang kemudian gas-gas ini berserta produknya NH_4^+ dan NO_3^- diendapkan kembali ke tanah dan air; dan (ii) pencucian dan *run off* dari N terutama sebagai NO_3^- dari tanah yang dikelola

2.3.2. Metodologi

A. Fermentasi Enterik dan Pengelolaan Kotoran Ternak

Perhitungan emisi gas metana (CH_4) dari fermentasi enterik dan pengelolaan kotoran ternak menggunakan data aktivitas yang diperlukan untuk Tier 1 yaitu populasi ternak dan faktor emisi default IPCC 2006. Data aktivitas yang dapat dikumpulkan adalah data populasi ternak per jenis ternak tahun 2010 – 2023 yang bersumber dari SKPD terkait di Kabupaten HSS, data BPS dan Pusdatin Kementan RI. Data populasi ternak sapi pedaging, sapi perah, dan kerbau dikoreksi dengan faktor koreksi struktur populasi masing-masing sebesar 0,72, 0,75, dan 0,72 (KLH, 2012c). Jenis ternak yang menghasilkan gas metana adalah kuda, sapi pedaging, sapi perah, kerbau, domba, kambing, babi, ayam negeri (ras) dan kampung (buras), ayam petelur dan bebek.

Emisi gas CH_4 dari fermentasi enterik dihitung dengan menggunakan persamaan sesuai dengan IPCC 2006 GL (KLH, 2012c):

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

di mana:

Emissions Emisi metana dari fermentasi enterik, Gg CH_4 tahun⁻¹

EF(T)	Faktor emisi populasi jenis ternak tertentu, kg CH ₄ ekor ⁻¹ tahun ⁻¹
N(T)	Jumlah populasi jenis/kategori ternak tertentu, ekor
Unit T	Jenis/kategori ternak

Estimasi emisi gas CH₄ dari pengelolaan kotoran ternak dilakukan dengan menggunakan persamaan dari IPCC (2006), sebagai berikut:

$$CH_{4\text{ manure}} = \sum_T \frac{(EF_T * N_T)}{10^6}$$

di mana:

CH ₄ manure	Emisi metana dari pengelolaan kotoran ternak, Gg CH ₄ tahun ⁻¹
EF(T)	Faktor emisi populasi jenis ternak tertentu, kg CH ₄ ekor ⁻¹ tahun ⁻¹
N(T)	Jumlah populasi jenis/kategori ternak tertentu, ekor
T	Jenis/kategori ternak

B. Emisi N₂O dari Pengelolaan Kotoran Ternak

Emisi gas N₂O dari pengelolaan kotoran ternak dapat terbentuk secara langsung dan tidak langsung selama proses penumpukan dan penyimpanan sebelum diaplikasikan ke lahan (KLH, 2012c). Perhitungan emisi terhadap kategori ini menggunakan data aktivitas populasi ternak seperti yang digunakan pada perhitungan emisi gas CH₄. Sistem pengelolaan kotoran ternak secara pukul rata diasumsikan sistem tumpuk kering (*dry slot*) untuk kategori ternak selain unggas (ruminansia), sistem penadahan untuk kategori ternak ayam ras petelur dan pedaging, dan sistem tanpa penadahan untuk kategori ternak ayam buras dan bebek (KLH, 2012c). Informasi mengenai sistem pengelolaan limbah ini akan menentukan seberapa besar fraksi nitrogen yang terlepas ke atmosfer. Sejauh ini belum pernah dilakukan survey terhadap porsi penggunaan sistem pengelolaan limbah untuk masing-masing jenis ternak, untuk itu penentuan faktor untuk parameter ini masih mengacu pada default IPCC (2006).

Perhitungan emisi langsung gas N₂O dari pengelolaan kotoran ternak dilakukan dengan persamaan berikut:

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

di mana:

N ₂ O _{D(mm)}	Emisi langsung N ₂ O dari pengelolaan kotoran ternak, kg N ₂ O tahun ⁻¹
-----------------------------------	--

$N_{(T)}$	Jumlah populasi jenis/kategori ternak tertentu, ekor ternak.
$N_{ex(T)}$	Rerata tahunan ekskresi N per ekor jenis/kategori ternak, kg N ternak ⁻¹ tahun ⁻¹ .
$MS_{(T,S)}$	Fraksi dari total ekskresi nitrogen tahunan dari jenis ternak tertentu yang dikelola pada sistem pengelolaan kotoran ternak.
$EF_{3(S)}$	Faktor emisi langsung N ₂ O dari sistem pengelolaan kotoran tertentu S, kg N ₂ O-N/kg N.
S	Sistem pengelolaan kotoran ternak.
T	Jenis/kategori ternak.
44/28	Konversi emisi (N ₂ O)-N _(mm) ke dalam bentuk N ₂ O _(mm) .

Emisi tidak langsung N₂O dari penguapan N dalam bentuk ammonia (NH₃) dan NO_x (N₂O_{G(mm)}) dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$N_2O_{G(mm)} = (N_{volatilization-MMS} * EF_4) * \frac{44}{28}$$

di mana:

$N_2O_{G(mm)}$	Emisi tidak langsung N ₂ O akibat dari penguapan N dari pengelolaan kotoran ternak, kg N ₂ O tahun ⁻¹ .
$N_{volatilization-MMS}$	Jumlah kotoran ternak yang hilang akibat volatilisasi NH ₃ dan NO _x , kg N tahun ⁻¹ .
EF_4	Faktor emisi N ₂ O dari deposisi atmosfer nitrogen di tanah dan permukaan air, kg N ₂ O-N (kg NH ₃ -N + NO _x -N tervolatilisasi) ⁻¹ .

C. Emisi CH₄ dari Persawahan Padi

Total emisi CH₄ dari persawahan padi di Kalimantan Selatan dihitung berdasarkan data aktivitas berupa luas panen lahan persawahan berdasarkan sistem pengairannya dan varietas padi yang ditanam. Faktor emisi default IPCC (2006) dikoreksi dengan faktor-faktor rejim air sebelum dan selama penanaman, jenis tanah, dan varietas padi. Belum ada informasi detil terkait dengan faktor-faktor tersebut, sehingga kondisi dan nilai faktor ini diperkirakan menurut penilaian pakar (*expert judgement*). Emisi CH₄ dihitung dengan mengalikan faktor emisi harian dengan lama budidaya padi sawah dan luas panen dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

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

di mana:

CH_{4Rice}	Emisi metan dari budidaya padi sawah, Gg CH_4 per tahun
$EF_{i,j,k}$	Faktor emisi untuk kondisi I, j, dan k; kg CH_4 per hari
$t_{i,j,k}$	Lama budidaya padi sawah untuk kondisi I, j, dan k; hari
$A_{i,j,k}$	Luas panen padi sawah untuk kondisi I, j, dan k; ha per tahun
i, j, dan k	Mewakili ekosistem berbeda. i: rezim air, j: jenis dan jumlah pengembalian bahan organik tanah, dan k: kondisi lain di mana emisi CH_4 dari padi sawah dapat bervariasi.

D. Emisi Karbon Dioksida (CO_2) dari Pengapuran Tanah Pertanian

Emisi dari kategori ini dihitung dengan metodologi Tier 1 dengan data aktivitas berupa konsumsi penggunaan kapur untuk pertanian. Data aktivitas belum tersedia secara langsung, sehingga data aktivitas perlu dibangkitkan dari jenis data yang lain. Emisi CO_2 dari penambahan kapur karbonat ke dalam tanah dapat diperkirakan dengan persamaan berikut:

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

di mana:

$CO_2\text{-Emission}$	Emisi C tahunan dari aplikasi pengapuran, ton C per tahun.
M	Jumlah atau berat dari kapur Limestones ($CaCO_3$) dan Dolomites ($CaMg (CO_3)_2$) yang diaplikasikan, ton per tahun.
EF	Faktor emisi, ton C per (limestones atau dolomites). Default IPCC (Tier 1) faktor emisi untuk limestone adalah 0.12 dan 0.13 untuk dolomite.

E. Emisi Karbon Dioksida (CO_2) dari Penggunaan Pupuk Urea

Emisi CO_2 dari kategori ini dihitung dengan metodologi Tier 1 dengan data aktivitas konsumsi pupuk urea pertanian. Jumlah pupuk urea yang digunakan dapat dihitung melalui dua pendekatan, yaitu berdasarkan data konsumsi urea nasional untuk sektor yang dikeluarkan oleh Asosiasi Produsen Pupuk Indonesia (APPI) atau berdasarkan luas tanam dan dosis rekomendasi. Pada inventarisasi GRK untuk kategori ini data aktivitasnya didekati dengan pendekatan kedua. Pupuk urea umumnya digunakan dalam budidaya tanaman pangan, hortikultura dan perkebunan. Tidak ada informasi terkait dosis pupuk urea yang dipakai pada setiap jenis tanaman, oleh karenanya dosisnya diperkirakan berdasarkan asumsi lokal. Sedangkan luas tanam digunakan data yang berasal dari SKPD terkait di Kabupaten HSS. Emisi CO_2 dari penggunaan pupuk Urea dihitung dengan persamaan berikut:

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

di mana:

CO₂-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).

F. Emisi Dinitrogen Oksida (N₂O) dari Pengelolaan Tanah

Emisi N₂O dari kategori ini dihitung dari emisi langsung (*direct* N₂O) dan tidak langsung (*indirect* N₂O) dengan metodologi Tier 1 menggunakan faktor emisi default dari IPCC. Peningkatan N-tersedia dalam tanah meningkatkan proses nitrifikasi dan denitrifikasi yang memproduksi N₂O. Peningkatan N-tersedia dapat terjadi melalui penambahan pupuk yang mengandung N atau perubahan penggunaan lahan dan atau praktek-praktek pengelolaan yang menyebabkan mineralisasi N organik tanah. Persamaan untuk menduga emisi N₂O langsung dari tanah yang dikelola adalah sebagaimana berikut ini:

$$N_2O-Direct = N_2O-N N input + N_2O-N OS + N_2O-N PRP$$

di mana:

$N_2O-N N input = \{[(FSN + FON + FCR + FSOM) \times EF1] + [(FSN + FON + FCR + FSOM) \times EF11FR]\} N_2O-NOS = \{(FOS,CG,Temp \times EF2CG,Temp) + (FOS,CG,Trop \times EF2CG,Trop) + (FOS,F,Temp,NR \times EF2F,Temp,NR) + (FOS,CG,Temp,NP \times EF2F,Temp,NP) + (FOS,F,Trop \times EF2F,Trop)\}$

$N_2O-NPRP = [(FPRP, CPP \times EF3PRP, CPP) + (FPRP, SO \times EF3PRP, SO)]$

N₂O-Direct Emisi tahunan N₂O langsung dari tanah yang dikelola, kg N₂O- N per tahun.

N₂O-N N input Emisi tahunan N₂O langsung dari input N ke tanah yang dikelola, kgN₂O-N per tahun.

N₂O-N OS Emisi tahunan N₂O langsung dari pengelolaan tanah organik, kgN₂O-N per tahun.

N₂O-N PRP Emisi tahunan N₂O langsung dari input urin atau kotoran ternak ke padang rumput atau pengembalaan, kg N₂O-N per tahun.

F_{SN} Jumlah tahunan pupuk sintetis N yang diaplikasikan ke

	tanah, kg N per tahun.
F_{ON}	Jumlah tahunan dari pupuk kandang, kompos, urin dan kotoran ternak, dan N organik lainnya yang diaplikasikan ke tanah, kg N per tahun
F_{CR}	Jumlah tahunan dari sisa tanaman (di atas tanah dan di bawah tanah), termasuk tanaman yang memfiksasi N dan dari pembaharuan hijauan atau padangrumput, kg N per tahun.
F_{SOM}	Jumlah tahunan dari N pada tanah yang dimineralisasi, yang berhubungan dengan hilangnya bahan organik tanah akibat perubahan penggunaan lahan atau pengelolaan tanah mineral, kg N per tahun.
F_{PRP}	Jumlah tahunan dari input urin dan kotoran N yang dideposit di padang rumput atau padang penggembalaan, kg N per tahun (CPP: Sapi, Unggas, dan Babi, dan SO: domba, dan ternak lain).
FOS	Luas dari tanah organik yang dikelola/didrainase, ha (CG, F, Temp, Trop, NR dan NO adalah kependekakan dari <i>Cropland</i> dan <i>Grassland</i> , <i>Forest Land</i> , <i>Temperate</i> , <i>Tropical</i> , Kaya Hara [<i>NutrientRich</i>], dan Miskin Hara [<i>Nutrient Poor</i>]).
$EF1$	Faktor emisi untuk emisi N_2O dari input N untuk lahan kering, kgN_2O-N per (kg N input).
$EF1FR$	Faktor emisi untuk emisi N_2O dari input N untuk sawah irigasi, kgN_2O-N per (kg N input).
$EF2CG,F,Temp, Trop,R,P$	Faktor emisi untuk emisi N_2O dari tanah organik yang dikelola/didrainase input N untuk sawah irigasi, $kg N_2O-N$ per (ha tahun); (CG, F, Temp, Trop, R dan P adalah kependekakan dari <i>Crop Land</i> dan <i>Grass Land</i> , <i>Forest Land</i> , <i>Temperate</i> , <i>Tropical</i> , Kaya Hara (<i>Nutrient Rich</i>), dan Miskin Hara (<i>Nutrient Poor</i>).
$EF3PRP$	Faktor emisi untuk emisi N_2O dari urin dan kotoran N yang dideposit di padang rumput atau padang penggembalaan, $kg N_2O-N$ per (kg N input); (CPP: sapi, unggas, dan babi, dan SO: domba, dan ternak lain).

Persamaan untuk menduga emisi N_2O tidak langsung dari tanah yang dikelola adalah:

$$N_2O\text{-Indirect} = (N_2O(ATD)\text{-}N + N_2O(L)\text{-}N)$$

di mana:

F_{ON}	Jumlah tahunan pupuk kandang, kompos, urin dan kotoran, dan bahan organik lain yang diaplikasikan ke tanah, kg N per tahun.
F_{PRP}	Jumlah tahunan urin dan kotoran ternak yang dideposit di

	padang rumput atau padang penggembalaan, kg N per tahun.
<i>FracGASM</i>	Fraksi pupuk organik N (FON) dan urin dan korotan ternak yang dideposit ternak (FPRP) yang tervolatilisasi sebagai NH ₃ and NO _x , kg N tervolatilisasi per kg of N yang diaplikasikan/dideposit.
<i>EF4</i>	Faktor emisi N ₂ O dari deposit N pada tanah dan permukaan air, $[kg\ N-N_2O\ per\ (kg\ NH_3-N + NO_x-N\ volatilised)]$.
<i>FCR</i>	Jumlah tahunan dari sisa tanaman (di atas tanah dan di bawah tanah), termasuk tanaman yang memfiksasi N dan dari pembaharuan hijauan atau padang rumput, kg N per tahun.
<i>FSOM</i>	Jumlah tahunan dari N pada tanah yang dimineralisasi, yang berhubungan dengan hilangnya bahan organik tanah akibat perubahan penggunaan lahan atau pengelolaan tanah mineral, kg N per tahun.
<i>Frac LEACH-(H)</i>	Fraksi dari semua N yang ditambahkan/dimineralisasi pada tanah yang dikelola di wilayah yang mengalami pencucian/aliran permukaan yang melalui pencucian dan aliran permukaan, kg N per kg of N yang ditambahkan.
<i>EF5</i>	Faktor emisi untuk emisi N ₂ O dari deposit N di atmosfer akibat pencucian dan aliran permukaan N, kg N ₂ O–N.

G. Emisi Non CO₂ dari Pembakaran Biomassa

Emisi non-CO₂ dari biomassa yang dibakar dibedakan dari pembakaran biomassa pada lahan pertanian (*cropland*) dan pembakaran biomassa dari padang rumput (*grass land*) dan perhitungannya dilakukan terpisah dengan menggunakan nilai faktor emisi default dari IPCC (Tier 1).

Persamaan untuk menghitung emisi non-CO₂ dari biomassa, baik untuk lahan pertanian (*cropland*) maupun padang rumput (*grass land*) yang dibakar adalah:

$$L_{fire} = A \cdot MB \cdot Cf \cdot Gef \cdot 10^{-3}$$

di mana:

L_{fire} Jumlah emisi GRK dari pembakaran, ton CH₄, N₂O, CO dan NO_x.

A Luas area yang dibakar, ha.

MB Massa bahan yang tersedia untuk pembakaran, ton/ha, termasuk biomassa, serasah, dan kayu mati.

- Cf Faktor pembakaran.
 Gef Faktor emisi , g/kg bahan kering yang dibakar.

2.3.3. Data Aktivitas dan Parameter Terkait

Data aktivitas dan parameter terkait yang digunakan dalam perhitungan inventarisasi GRK sektor pertanian disajikan pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4. Data aktivitas dan parameter dalam inventarisasi emisi GRK dari kegiatan pertanian dan peternakan di Kabupaten Balangan

Kategori	DA(Parameter lainnya)	Jenis Data	Cakupan Data	Sumber Data
Emisi CH ₄ Fermentasi enterik	DA	Populasi ternak	Tahun 2010-2023; meliputi 11 kategori ternak	Pusdatin Kementan; BPS Balangan
	Faktor koreksi	Faktor koreksi populasi ternak	Kategori ternak kuda, sapi potong dan sapi perah	Hasil survei BPS (2006); KLH (2012)
	Faktor emisi	Faktor emisi per kategori ternak		IPCC (2006)
Emisi CH ₄ dan N ₂ O Pengelolaan kotoran ternak	DA	Populasi ternak	Tahun 2010-2023; meliputi 11 kategori ternak	Pusdatin Kementan; BPS Balangan
		Sistem pengelolaan kotoran	Kategori ternak ruminansia; tumpuk kering	Asumsi
			Kategori ternak unggas; sistem penadahan dan tanpa penadahan	Asumsi
	Faktor koreksi	Faktor koreksi populasi ternak	Kategori ternak kuda, sapi potong dan sapi perah	Hasil survei BPS (2006); KLH (2012)
	Faktor emisi	Faktor emisi dan parameter lainnya untuk setiap kategori ternak		IPCC (2006)
Emisi CH ₄ dan N ₂ O Pengelolaan kotoran ternak	DA	Luas panen padi sawah	Tahun 2010 – 2023, data luas panen disesuaikan dengan data luas baku sawah menurut sistem pengairannya	SKPD terkait, BPS Balangan, Pusdatin Kementan
	Parameter terkait	Sistem pengairan selama penanaman	Proporsi sistem pengairan dikelompokkan menjadi: terus- menerus, intermiten, pasang surut, tadah hujan dan lebak	BPS Kalsel dan Balangan; lihat Tabel 2.6.
		Genangan air sebelum penanaman	Belum ada informasi (digunakan default 1)	IPCC (2006)
		Jenis Tanah	Padi sawah: kompleks tanah inseptisol, entisol dan ultisol	Expert judgement
		Varietas padi	Padi sawah: umumnya petani tanam varietas lokal dan varietas unggul nasional	Expert judgement
		Aplikasi bahan organik	Pupuk kandang 2 ton/ha, jerami 1,34 ton/ha	Asumsi nasional (Sign Center)
Emisi CO ₂ pengapuran	DA	Realisasi kapur	Data distribusi kapur tidak tersedia;	Expert judgement; lihat Tabel 2.6.
	Parameter	Jenis kapur	Limestone dan dolomit	IPCC (2006)

terkait				
Emisi CO ₂ penggunaan Urea	DA	Luas panen tanaman oangan dan hortikultura	Tahun 2010 – 2023	SKPD terkait, BPS Balangan, Pusdatin Kementan
	Faktor emisi	Realisasi pupuk bersubsidi	Tahun 2000 – 2022	Lihat Tabel 4.2
		Faktor emisi Urea	default	IPCC (2006)
Emisi langsung N ₂ O pengelolaan tanah	DA	Penggunaan pupuk sintetik (Urea)	Sama dengan DA emisi CO ₂ pupuk Urea, hanya saja dibagi menjadi kategori fraksi yang digunakan pada persawahan (padi sawah) dan fraksi non-sawah termasuk perkebunan sawit dan karet	Data luas panen; Expert judgement
		Pupuk kandang	Pengelolaan kotoran ternak yang digunakan ke lahan (default IPCC 2006); diasumsikan hanya diaplikasikan Worksheet 3C6_2 (IPCC, 2006) pada lahan non-sawah	Worksheet 3C6_2 (IPCC, 2006)
		Residu panen tanaman	Belum ada data	
		Perubahan penggunaan lahan	Belum ada data	
	Faktor emisi	Faktor emisi langsung N ₂ O Urea dan pupuk kandang	default	IPCC (2006)
	DA	Penggunaan pupuk sintetik (Urea)	Sama dengan DA emisi CO ₂ pupuk Urea, hanya saja yang digunakan pada fraksi non-sawah termasuk perkebunan sawit dan karet;	Data luas panen; Expert judgement
		Pupuk kandang	Pengelolaan kotoran ternak yang digunakan ke lahan (default IPCC 2006); diasumsikan hanya diaplikasikan Worksheet 3C6_2 (IPCC, 2006) pada lahan non-sawah.	Worksheet 3C6_2 (IPCC, 2006)
	Faktor emisi	Faktor emisi tidak langsung N ₂ O Urea dan pupuk kandang	default	IPCC (2006)
	DA	Jerami padi	Diasumsikan tidak ada yang dibakar petani, umumnya oleh petani dibanamkan atau dibiarkan membusuk di lahan	asumsi
	DA	Rumput / belukar yang dibakar	Tidak ada data	

2.3.4. Model dan Skenario Proyeksi Data Aktivitas

Proyeksi populasi ternak. Proyeksi data aktivitas populasi ternak hingga 2030 dihitung menggunakan model linear dengan variabel rasio berat agregat ternak dan populasi penduduk dan PDRB per kapita pada periode 2011 – 2016. Model ini digunakan dengan asumsi bahwa permintaan daging atau dengan kata lain populasi

ternak yang disediakan berkorelasi linear dengan jumlah penduduk dan PDRB per kapita. Berat agregat ternak dihitung dari berat spesifik setiap jenis ternak (default IPCC 2006) dan populasi setiap jenis ternak. Hasil perhitungan menunjukkan laju pertumbuhan berat agregat ternak sebesar 1,28% per tahun hingga tahun 2030.

Proyeksi luas panen sawah. Proyeksi data aktivitas luas panen padi sawah hingga 2030 dihitung menggunakan model linear dengan variabel rasio luas panen dan populasi penduduk dan PDRB sektor pertanian pada periode 2011 – 2016. Kebutuhan beras dan dengan sendirinya pertumbuhan luas panen tergantung pada jumlah penduduk dan tren pertumbuhan PDRB sektor pertanian. Laju pertumbuhan luas panen padi sawah sebesar 3,23% per tahun hingga 2030. Fraksi luas panen per kategori pengelolaan air dan varitas dihitung dengan menggunakan fraksi luas panen per kategori sistem pengelolaan air tahun 2015 dan fraksi varitas unggul/lokal diasumsikan tetap 0,75/0,25.

Proyeksi penggunaan kapur. Data aktivitas penggunaan kapur dibangkitkan dari data historis luas tanam sawit dan karet 2000 – 2017. Dengan demikian proyeksi penggunaan kapur hingga 2030 didekati dengan pertumbuhan luas tanam sawit dan karet, yang menurut data historis luas tanam 2014 – 2016 dan ketersediaan lahan, maka laju pertumbuhannya diasumsikan sama 1% per tahun.

Proyeksi penggunaan Urea. Data aktivitas penggunaan Urea dibangkitkan dari data historis luas panen dan luas tanam padi, tanaman pangan dan perkebunan tahun 2000 – 2019. Proyeksinya hingga 2030 didekati dengan pertumbuhan luas panen dan luas tanamnya. Pertumbuhan luas panen padi sawah dan luas tanam sawit dan karet seperti yang dijelaskan sebelumnya. Untuk pertumbuhan luas tanam tanaman pangan lainnya diasumsikan sama dan tetap 1% per tahun.

2.4. Metodologi Kehutanan

2.4.1. Kategori Sumber dan Jenis Emisi GRK

Emisi dan serapan GRK pada sektor kehutanan dan lahan gambut bersumber dari perubahan tutupan lahan dan dekomposisi gambut pada lahan gambut. Perubahan tutupan lahan dapat berbentuk deforestasi dan degradasi yang berakibat kehilangan cadangan C (*sources*), dan reforestasi yang berakibat pemendaman C (*sinks*). Resultan dari ketiga bentuk perubahan tutupan lahan tersebut dapat berdampak kehilangan C (emisi GRK) atau pemendaman C (serapan GRK), tetapi biasanya resultannya adalah kehilangan C.

Dalam keadaan alamiah, lahan gambut berfungsi sebagai penambat (*sequester*) karbon sehingga berkontribusi dalam mengurangi gas rumah kaca di atmosfer, walaupun proses penambatan berjalan sangat pelan setinggi 0 – 3 mm gambut per tahun (Parish *et al.*, 2007) atau setara dengan penambatan 0 - 5,4 ton CO₂ per ha per tahun (Agus, 2009). Apabila hutan gambut ditebang dan didrainase, maka karbon tersimpan pada gambut mudah teroksidasi menjadi gas CO₂ (salah satu gas rumah kaca terpenting). Selain itu lahan gambut juga mudah mengalami penurunan permukaan (*subsiden*) apabila hutan gambut dibuka. Oleh karena itu diperlukan kehati-hatian dan perencanaan yang matang apabila akan mengkonversi hutan gambut. Perencanaan harus mengacu pada hasil studi yang mendalam mengenai karakteristik gambut setempat dan dampaknya bila hutan gambut dikonversi.

Kegiatan inventarisasi GRK sektor kehutanan dan lahan gambut mengacu pada perubahan penggunaan lahan sesuai kategori sumber emisi menurut IPCC (2006), yaitu:

- Lahan hutan tetap lahan hutan (*FL remaining FL*)
- Lahan lain berubah lahan hutan (*land converted to FL*)
- Lahan pertanian tetap lahan pertanian (*CL remaining CL*)
- Lahan lain berubah lahan pertanian (*land converted to CL*)
- Lahan rumput tetap lahan rumput (*GL remaining GL*)
- Lahan lain berubah lahan rumput (*land converted to GL*)
- Lahan basah tetap lahan basah (*WL remaining WL*)
- Lahan lain berubah lahan basah (*land converted to WL*)
- Pemukiman tetap pemukiman (*ST remaining ST*)
- Lahan lain berubah pemukiman (*land converted to ST*)
- Lahan lainnya tetap lahan lainnya (*OL remaining OL*)
- Lahan lain berubah lahan lainnya (*land converted to OL*).

Kategori penutupan lahan menurut IPCC (2006) dapat dipadankan dengan kategori penutupan lahan menurut SNI 7645:2010 dan Kementerian Kehutanan. Padanannya ditunjukkan pada Tabel 2.5 di bawah ini. Berdasarkan kesepadanan kategori/ sub kategori penutupan lahan tersebut, maka proses perhitungan emisi dan atau serapan GRK sektor kehutanan dan lahan gambut dapat dilakukan menurut kategori / sub kategori Kementerian Kehutanan. Sesuai dengan tingkat kerinciannya, maka perhitungan GRK sektor ini dapat diarahkan pada tingkat Tier 2.

Kerincian itu terutama berkaitan dengan data aktivitas dan beberapa paramater terkait.

Tabel 2. 5. Kategorisasi penutupan lahan menurut IPCC 2006, SNI 7645:2010, dan Kementerian Kehutanan

No	Kategori IPCC 2006	Kategori Penutupan Lahan SNI 7645:2010*	Kategori Penutup Lahan Kementerian Kehutanan
		Hutan	
1	FL	1.1.2.1 Hutan Lahan Kering Primer	Hutan Lahan Kering Primer
2	FL	1.2.2.1 Hutan Lahan Basah Primer	Hutan Rawa Primer Hutan Mangrove Primer
3	FL	1.2.1.2 Hutan Lahan Kering Sekunder	Hutan Lahan Kering Sekunder
4	FL	1.2.2.2 Hutan Lahan Basah Sekunder	Hutan Rawa Sekunder Hutan Mangrove Sekunder
5	FL		Hutan Tanaman
		Areal Penggunaan Lain (APL)	
6	CL		Pertanian
7	CL	1.1.5 Perkebunan Campuran	Pertanian Campur Semak
8	CL		Transmigrasi
9	CL	Sawah Sawah Pasang Surut Ladang	Sawah
10	CL	1.1.4 Perkebunan	Perkebunan
11	GL	1.2.4 Semak dan Belukar	Belukar
12	GL	1.2.5 Padang Rumput, Alang-alang, Savanna	Rumput
13	WL	1.2.6 Rumput Rawa	Belukar Rawa
14	WL	2.3.3 Rawa	Rawa
15	WL	2.3.1 Danau/Waduk 2.3.4 Sungai	Air
16	ST	2.2.1.1 Pemukiman 2.2.1.2 Bangunan Industri 2.2.1.3 Jaringan Jalan 2.2.1.4 Jaringan Jalan Kereta Api 2.2.1.6 Pelabuhan Laut	Pemukiman
17	OL	2.1.1 Lahar dan Lava 2.1.2 Hamparan Pasir Pantai 2.1.3 Beting Pantai 2.1.4 Gumuk Pasir	Tanah Terbuka
18	OL	2.3.2 Tambak	Tambak
19	OL	2.2.1.5 Bandara	Bandara

Sumber: KLH (2012)

2.4.2. Penetapan Metodologi

Metode perhitungan GRK sektor kehutanan dan lahan gambut didekati dengan perhitungan perubahan simpanan C menurut IPCC (2006). Perubahan simpanan karbon untuk setiap transisi dari kategori penggunaan lahan merupakan penjumlahan dari perubahan simpanan karbon dari biomassa hidup di atas dan di bawah permukaan, biomassa mati, dan bahan organik tanah pada tanah mineral dan tanah organik, seperti ditunjukkan pada persamaan di bawah ini.

$$\Delta C_{LULI} = \Delta C_{AB} + \Delta C_{BB} + \Delta C_{DW} + \Delta C_{LI} + \Delta C_{SO} + \Delta C_{HWP}$$

dimana:

- ΔC_{LULI} = Perubahan simpanan karbon untuk suatu strata dari kategori penggunaan lahan
- ΔC_{AB} = Perubahan simpanan karbon dari biomassa diatas permukaan tanah
- ΔC_{BB} = Perubahan simpanan karbon dari biomassa dibawah permukaan tanah
- ΔC_{DW} = Perubahan simpanan karbon dari kayu mati
- ΔC_{LI} = Perubahan simpanan karbon dari serasah
- ΔC_{SO} = Perubahan simpanan karbon dari bahan organik tanah
- ΔC_{HWP} = Perubahan simpanan karbon dari produk kayu yang dipanen

Perubahan simpanan C pada setiap kategori penutupan lahan dihitung pada dua sub kategori lahan, yaitu:

- Lahan yang kategorinya tetap dengan kategori penggunaan lahan sebelumnya,
- Lahan yang dikonversi ke kategori penggunaan lahan lain.

A. Menghitung perubahan simpanan C biomassa

Perubahan simpanan C pada lahan yang kategorinya tetap dengan kategori penggunaan lahan sebelumnya dihitung menurut persamaan 2.9 dan 2.10 dari IPCC (2006). Yang dilaporkan hanya untuk kategori *FL remaining FL*, karena untuk kategori yang lain simpanan biomasnya habis selama tahun itu juga. Perhitungan menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta CG = \sum_{ij} (A_{ij} \{ G_{wij} \times (1+R) \}) \times CF$$

di mana:

A_{ij} Luas dari lahan FL-FL, ha

G_{wij} Rata-rata tahunan pertumbuhan biomas (riap) atas permukaan, ton per(ha tahun), 0.98;

R Fraksi/rasio biomassa bawah permukaan dan atas permukaan, 0.24

CF Fraksi karbon dalam berat kering, ton C per berat kering, 0.47

Perubahan simpanan C biomassa pada lahan dikonversi ke penggunaan lahan lain dihitung menurut persamaan IPCC (2006):

$$\Delta C_B = \Delta C_G + ((B_{AFTER} - B_{BEFORE}) * \Delta A_{TO_OTHER}) * CF - \Delta C_L$$

di mana:

ΔC_B perubahan simpanan karbon tahunan dari biomassa (termasuk Karbon Biomassa Datas dan Dibawah Permukaan), tonC per tahun

ΔC_G	peningkatan simpanan karbon akibat pertumbuhan biomassa, <i>tonC per tahun</i> . Nilainya menurut IPCC (2006) adalah 2,1 <i>ton C per tahun</i>
<i>BAFTER</i>	simpanan biomassa dari penggunaan lahan sesudah konversi lahan, <i>tonC berat kering per ha</i>
<i>BBEFORE</i>	simpanan biomassa dari penggunaan lahan sebelum konversi lahan, <i>tonC berat kering per ha</i>
ΔATO_OTHER	luas dari konversi lahan, <i>ha</i>
<i>CF</i>	fraksi karbon dalam berat kering, <i>ton C per ton berat kering</i>
ΔCL	penurunan simpanan karbon tahunan akibat kehilangan biomassa, <i>tonC pertahun</i> . Nilainya menurut IPCC (2006) adalah 26 <i>ton C per tahun</i> .

Referensi simpanan C biomassa untuk setiap kategori penggunaan lahan menggunakan referensi Baplan Indonesia seperti pada Tabel 2.6. Untuk perhitungan menurut kategori IPCC (2006) dilakukan pemadannya seperti pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 6. Faktor simpanan C pada beberapa penutupan lahan di Indonesia

Kode PL	Penutupan Lahan	Simpanan C Biomassa (ton C per ha)
2001	Hutan Lahan Kering Primer	195.4
2002	Hutan Lahan Kering Sekunder	169.7
2004	Hutan Mangrove Primer	170
2005	Hutan Rawa Primer	196
2006	Hutan Tanaman	64
2007	Semak Belukar	15
2010	Perkebunan	63
2012	Permukiman	1
2014	Tanah Terbuka	0
3000	Rumput	4.5
5001	Air	0
20041	Hutan Mangrove Sekunder	120
20051	Hutan Rawa Sekunder	155
20071	Belukar Rawa	15
20091	Pertanian Lahan Kering	8
20092	Pertanian Lahan Kering Campur	10
20093	Sawah	5
20094	Tambak	0
20121	Bandara/Pelabuhan	5
20122	Transmigrasi	10
20141	Pertambangan	0
50011	Rawa	0

Sumber: Ditjen Planologi KemenlHK

B. Menghitung perubahan simpanan C pada biomassa mati

Bahan organik mati terdiri dari kayu mati dan serasah. Pendugaan dinamika karbon dari tampungan bahan organik mati akan meningkat akurasi dalam pelaporan di mana dan kapan emisi dan serapan karbon terjadi. Misalnya, hanya beberapa karbon yang terkandung dalam biomassa mati yang dilepaskan ke atmosfer selama pembakaran biomassa. Sebagian biomassa ditambahkan ke kayu mati, serasah dan tampungan tanah (termasuk akar halus yang mati), dimana C akan diemisikan pada saat bahan organik mati terdekomposisi. Bahan organik mati di lahan sisa dalam kategori penggunaan lahan yang sama dengan tidak ada perubahan (*zero change*) dalam cadangan karbon atau emisi karbon dari tampungan tersebut.

Pada lahan yang mengalami perubahan penggunaan lahan, konvensi pelaporan menyebutkan bahwa semua perubahan simpanan karbon dan emisi gas dari non-CO₂ terkait dengan perubahan penggunaan lahan dilaporkan dalam kategori penggunaan lahan baru atau terakhir. Perubahan simpanan C pada biomassa mati pada lahan yang dikonversi ke lahan lain menggunakan persamaan dari IPCC (2006):

$$\Delta C_{DOM} = A_{on} * (C_n - C_o) / T_{on}$$

di mana:

ΔC_{DOM} perubahan tahunan simpanan C pada biomassa mati, ton C per tahun

A_{on} luas lahan yang dikonversi, ha

C_n simpanan C biomassa mati pada kategori lahan baru, *ton C per ha*. Nilainya untuk kategori lahan hutan (FL) 2,1 *ton C per ha*, sedangkan kategori lainnya diasumsikan 0 *ton C per ha*.

C_o simpanan C biomassa mati pada lahan kategori lama, *ton C per ha*

T_{on} periode waktu transisi lahan lama ke lahan baru, default 20 tahun

C. Menghitung perubahan simpanan C dalam tanah

Karbon dalam tanah dibedakan dari tanah mineral dan tanah organik, di mana tampungan karbon dari keduanya sangat dipengaruhi oleh penggunaan lahan dan jenis pengelolaan. Oleh karena itu, inventori karbon tanah mencakup estimasi perubahan simpanan karbon organik tanah untuk tanah mineral dan emisi CO₂ dari tanah organik karena peningkatan dekomposisi mikroba yang disebabkan oleh drainase dan aktivitas pengelolaan. Perubahan simpanan karbon dalam tanah dihitung berdasarkan persamaan 2.24 dan 2.25 dari IPCC (2006), untuk tanah mineral persamaannya:

$$\Delta e_{\text{Mineral}} = (\text{SOC}_0 - \text{SOC}_{(0-T)})/D$$

$$\text{SOC} = \text{SOC}_{\text{REF}} \times \text{FLU} \times \text{FMG} \times \text{FI} \times A$$

di mana:

$\Delta C_{\text{minerals}}$	Perubahan tahunan dari simpanan karbon dalam tanah mineral, <i>tonC per tahun</i>
SOC_0	Perubahan karbon organik tanah pada tahun terakhir pada suatu periode waktu inventori, <i>tonC per tahun</i>
$\text{SOC}_{(0-T)}$	Perubahan karbon organik tanah pada tahun awal pada suatu periode waktu inventori, <i>tonC per tahun</i>
D	Periode waktu transisi dari $\text{SOC}_{(0-T)}$ ke SOC_0 , <i>tahun</i> . Nilai default adalah 20 tahun.
SOC_{REF}	Simpanan karbon referensi, <i>tonC per tahun</i>
FLU	Faktor perubahan simpanan karbon untuk sistem penggunaan lahan atau sub-sistem untuk suatu penggunaan lahan tertentu
FMG	Faktor perubahan simpanan karbon untuk regim pengelolaan
FI	Faktor perubahan simpanan karbon untuk input bahan organik
A	Luas lahan pada semua strata, <i>ha</i>

Sedangkan untuk tanah organik perhitungannya dengan persamaan:

$$L_{\text{organic}} = \sum (A \times EF)$$

di mana:

L_{organics}	kehilangan karbon dari drainase tanah organik, <i>tonC per tahun</i>
A	Luas lahan dari tanah organik yang didrainase, <i>ha</i>
EF	Faktor emisi, <i>tonC per (ha tahun)</i>

Beberapa faktor terkait dengan perhitungan simpanan C dalam tanah diambil dari IPCC(2006), dan referensi lokal Indonesia (berdasarkan beberapa riset di Indonesia) untuk FE pada tanah gambut, yaitu 5,18 ton C per ha tahun. Faktor yang lainnya disajikan pada Tabel 2.7. di bawah ini.

Tabel 2. 7. Referensi C-organik tanah mineral dan faktor pengelolaan terkait dengan perubahan simpanan C pada lahan

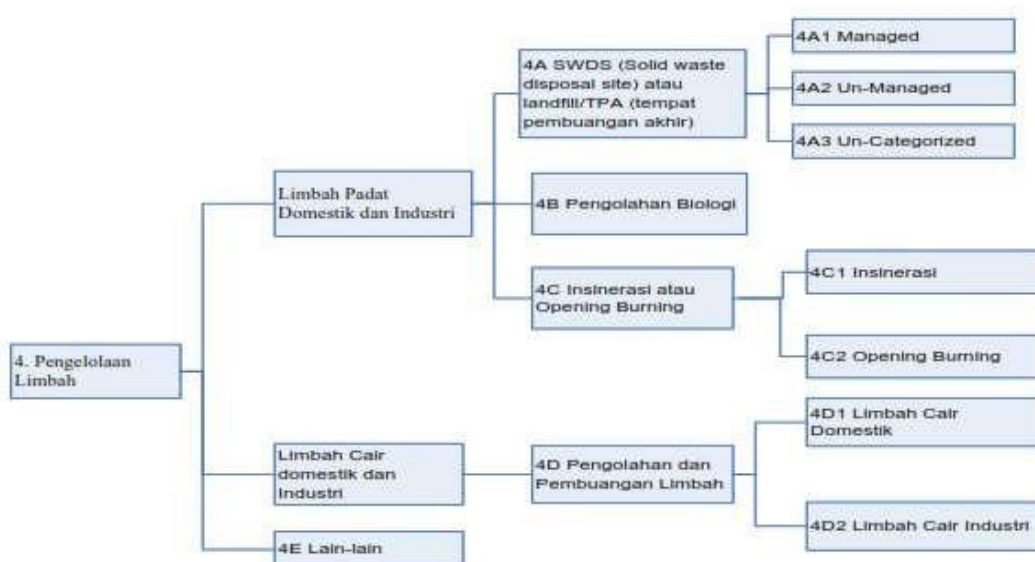
Kategori/ Sub kategori	SOC_{REF}	FLU	FMG	FI
Tanah mineral	47			
Lahan hutan (FL)		1	1	1
Lahan tanaman (CL)		1	1,15	0,92
Lahan rumput (GL)		1	0,97	1
Lahan basah(WL)		1	1	1
Pemukiman (ST)		0,8	0,8	0,8
Lahan lainnya (OL)		0	0	0

Sumber: IPCC (2006)

2.5. Metodologi Limbah

2.5.1. Kategori Sumber dan Jenis Emisi GRK

Kegiatan pengelolaan limbah merupakan salah satu kegiatan penting yang harus dimasukkan dalam inventarisasi gas rumah kaca (GRK). Menurut Peraturan Presiden No 71 tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, kegiatan pengelolaan limbah merupakan salah satu sumber emisi GRK. Hal ini mengingat bahwa dalam kegiatan pengelolaan limbah, baik padat maupun cair, terbentuk gas-gas yang dikategorikan sebagai GRK, terutama gas-gas metana (CH_4), karbondioksida (CO_2), dan dinitrogen oksida (N_2O). Sumber utama GRK dari kegiatan pengelolaan limbah, sesuai dengan IPCC (2006) dan disitasi kembali dalam KLH (2012d) secara skematis dikelompokkan sebagai berikut:



Gambar 2. 1. Struktur kategori sumber emisi GRK dari kegiatan pengelolaan limbah

A. Pengelolaan Limbah Padat di TPA

Gas metana (CH_4) dihasilkan dari dekomposisi bahan organik oleh mikroba secara anaerob di tempat pembuangan akhir (TPA) sampah padat. Gas karbondioksida (CO_2) juga dihasilkan, tetapi CO_2 yang berasal dari sumber-sumber limbah organik sudah dicakup dalam sektor AFOLU (*Agriculture, Forestry and Other Land Uses*). Pembuangan akhir sampah padat mencakup sampah padat perkotaan (*municipal solid waste*) dan limbah padat industri (*industrial solid waste*), yang rinciannya sebagai berikut:

- Sampah padat perkotaan, yang berasal dari rumah tangga, taman dan kebun, bangunan komersial, dan pasar.

b. Limbah padat industri, yang dibagi ke dalam tiga kelompok:

- [a] Limbah industri agro (Non-B3), *sludges waste water treatment* (sludge WWT), *hazardous solid waste* (limbah padat B3), dan *chemical wastes* (limbah kimia). Limbah padat industri Non-B3 mencakup cangkang sawit, kulit singkong, kulit buah-buahan, kulit kelapa dari pabrik minyak kelapa.
- [b] Limbah rumah sakit atau apotek (*clinical waste*).
- [c] Limbah-limbah padat lainnya (*other wastes*).

- **TPA yang dikelola**

Suatu TPA yang dikelola harus memiliki penempatan sampah yang terkendali (sampah langsung ditempatkan pada area pembuangan khusus, pengendalian terhadap kegiatan pemulung dan kebakaran) serta mencakup paling tidak: bahan penutup, kompaksi mekanik, atau perataan limbah. Kategori ini dapat dibagi lagi menjadi aerobik dan anaerobik. Mengacu pada pasal 44 ayat 2 Undang-Undang Nomor 18 tentang Pengelolaan Sampah, sejak akhir tahun 2013, penimbunan sampah terbuka (*open dumping*) harus ditutup dan diganti dengan penimbunan sampah urug berkala (*controlled landfill*) atau penimbunan sampah akhir (*sanitary landfill*).

- **TPA yang tidak dikelola atau open dumping**

TPA jenis ini merupakan TPA yang tidak termasuk pada kategori di atas yaitu TPA yang dikelola. TPA kategori ini dapat dikelompokkan ada TPA yang dalam dan TPA yang dangkal (mengacu pada ketinggian permukaan air laut).

- **TPA yang tidak dapat dikategorikan**

Emisi berasal dari tempat pembuangan sampah padat yang tidak dapat dikategorikan “dikelola” maupun “tidak dikelola”. Dalam kategori ini dimasukkan sampah yang dibuang sembarangan, di lubang tanah atau parit.

B. Pengolahan Limbah Padat Secara Biologi

Pengolahan limbah padat secara biologi mencakup pengomposan dan proses biologi lainnya. Limbah padat yang umumnya diolah dengan cara pengomposan adalah:

- a. Komponen organik sampah padat perkotaan atau *municipal solid waste* (MSW);
- b. Limbah padat industri agro (cangkang sawit/EFB).

C. Insinerasi Limbah Padat dan Pembakaran Terbuka

Pengolahan limbah padat secara termal dapat dilakukan melalui proses insinerasi dan *open burning* (pembakaran terbuka). Proses insinerasi adalah pembakaran

limbah dalam sebuah insinerator yang terkontrol 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.

D. Pengolahan dan Pembuangan Limbah Cair

Limbah cair yang dimaksud 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. Nampak bahwa *collected untreated waste water* juga merupakan sumber emisi GRK, yaitu pada sungai, danau, dan laut. Pada *collected treated waste water*, sumber emisi GRK berasal dari pengolahan melalui reaktor anaerobik dan lagoon.

Terbentuknya gas CH_4 berasal dari proses penguraian anaerobik limbah padat domestik dan industri, serta limbah lumpur (*sludge*) industri. Proses penguraian anaerobik limbah padat terjadi pada penimbunan limbah padat di TPA atau *landfill* dan pengomposan limbah padat yang mengemisikan gas-gas CO_2 , CH_4 , dan N_2O . Gas CH_4 dari air limbah perkotaan dilepaskan dari air limbah yang tidak diolah (dibuang ke laut, sungai, danau dan saluran-saluran air kotor mengalir dan tidak) dan limbah cair yang diolah (anaerobik, digester, septictank, dan laterine). Gas CH_4 dari limbah cair industri dilepaskan dari fasilitas-fasilitas pengolahan air kotor.

Terbentuknya gas N_2O berasal dari pengomposan dan pembakaran limbah padat dan proses biologi limbah cair perkotaan. Gas CO_2 terutama berasal dari pembakaran limbah padat dan gas CO_2 dari limbah cair tidak termasuk dalam inventarisasi karena terjadi secara natural (*biogenic origin*). Pada pembakaran limbah padat, umumnya digunakan bahan bakar fosil sebagai sumber energi. Pada pembakaran bahan bakar fosil dihasilkan senyawa *precursors* (GRK non CO_2) seperti CO , CH_4 , *non-methane volatile organic compounds* (NMVOC) yang teroksidasi menjadi CO_2 dan gas-gas N_2O , NO_x , NH_3 , dan SO_2 . Limbah cair baik domestik maupun industri dapat merupakan sumber emisi CH_4 jika penanganannya secara anaerob, juga sumber emisi N_2O . Sementara CO_2 dari limbah cair tidak dianggap sebagai sumber emisi GRK dalam Pedoman IPCC 2006 karena merupakan *biogenic origin* dan tidak dimasukkan ke dalam total emisi GRK secara nasional.

2.5.2. Penetapan Metodologi

A. Penetapan metodologi untuk tumpukan sampah di TPA

Metodologi yang digunakan untuk estimasi penghitungan emisi metan dari limbah padat khususnya Municipal Solid Waste (MSW) yang dibuang ke Solid Waste Disposal Site (SWDS) atau Tempat Pembuangan Akhir (TPA) adalah metode First Order Decay (FOD). Metode FOD memperhitungkan bahwa tumpukan sampah yang dibuang ke TPA pada suatu tahun tidak hanya mengeluarkan gas metan pada tahun ketika sampah tersebut masuk ke TPA, namun akan tetap mengeluarkan metan pada tahun-tahun berikutnya (setiap tahunnya). Dengan demikian metode FOD lebih akurat dalam memperhitungkan emisi gas CH_4 dibandingkan dengan Metode Neraca Massa. Penghitungan tingkat emisi GRK menggunakan software IPCC 2006 GL. Meskipun software ini menggunakan Tier 1, untuk menghitung emisi GRK digunakan Tier 2, maka template ini memerlukan modifikasi dalam hal data aktivitas.

B. Penetapan metodologi untuk limbah padat yang diolah secara biologi

Sumber emisi GRK dari pengolahan limbah padat secara biologi pada dasarnya mencakup pengomposan, anaerobic digester, dan lain-lain. Pengolahan limbah padat secara biologi di Indonesia hanya meliputi pengomposan, mengingat pengolahan limbah padat dengan jalan anaerobic biodigester dan pengolahan biologi lainnya belum ada. Pengomposan (anaerobic digester) komponen organik limbah makanan, kebun/taman, sludge/lumpur memberikan keuntungan, yaitu:

- mengurangi volume material limbah,
- stabilisasi limbah menjadi produk pupuk,
- menghancurkan bakteri patogen dalam material limbah,
- memproduksi biogas untuk penggunaan energi.

Pengomposan adalah proses aerobik komponen degradable organic carbon (DOC) dalam limbah yang terkonversi menjadi karbondioksida (CO_2). Gas CH_4 terbentuk dalam sesi anaerobik kompos, namun teroksidasi menjadi tingkat besar dalam sesi aerobik kompos. Perkiraan rentang CH_4 yang dilepaskan ke atmosfer kurang dari 1% hingga beberapa persen dari kandungan karbon awal dalam material. Gas N_2O juga dihasilkan dalam proses pengomposan. Perkiraan rentang emisinya berkisar kurang dari 0,5 – 5% dari kandungan nitrogen awal material. Penghitungan tingkat emisi GRK menggunakan software IPCC 2006 GL yang diperuntukkan untuk tingkat ketelitian Tier 1. Hanya saja software ini akan digunakan untuk menghitung

emisi GRK dengan tingkat ketelitian Tier 2 dengan memodifikasi dalam hal data aktivitas.

C. Penetapan netodologi untuk limbah padat yang dibakar terbuka

Metode yang umum 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 menkonversi produk (jumlah karbon fosil yang dioksidasi) ke CO₂. Data aktivitas adalah limbah yang diolah di insinerator atau jumlah limbah yang dibakar terbuka (open burned), dan faktor emisi didasarkan pada jumlah karbon fosil limbah yang dioksidasi. Data relevan termasuk jumlah dan komposisi limbah (data spesifik lokal), data default IPCC seperti kandungan dry matter, kandungan jumlah karbon, fraksi karbon fosil dan faktor oksidasi. Tata cara perhitungan emisi GRK dari pembakaran terbuka limbah padat mengacu pada software IPCC 2006 GL, yang terdiri dari: (1) perhitungan emisi CO₂, CH₄ dan N₂O dari proses pembakaran limbah padat.

D. Penetapan metodologi untuk limbah cair domestik

Perhitungan emisi GRK dari pengolahan/ pembuangan limbah cair domestik mengacu pada software IPCC 2006 GL. Data aktivitas limbah cair domestik berdasarkan angka jumlah penduduk yang dikonversi menjadi bobot BOD (biological oxygen demand) per kapita (angka default 14,6 kg BOD/kapita/tahun). Faktor emisi dan parameter terkait lainnya menggunakan default IPCC. Emisi GRK yang dihitung terdiri dari emisi CH₄ dan N₂O. Langkah-langkah perhitungan emisi CH₄ dari limbah cair domestik:

- Penentuan bahan organik dalam limbah cair domestik yang dapat terdegradasi.
- Pemilihan faktor emisi CH₄ untuk limbah cair domestik sesuai dengan jenis pengolahan limbah cair.
- Estimasi emisi CH₄ dari limbah cair domestik.

Langkah-langkah perhitungan emisi N₂O dari limbah cair domestik:

- Perkiraan jumlah N yang dibuang untuk setiap populasi per tahun
- Estimasi emisi N₂O dari limbah cair domestik.

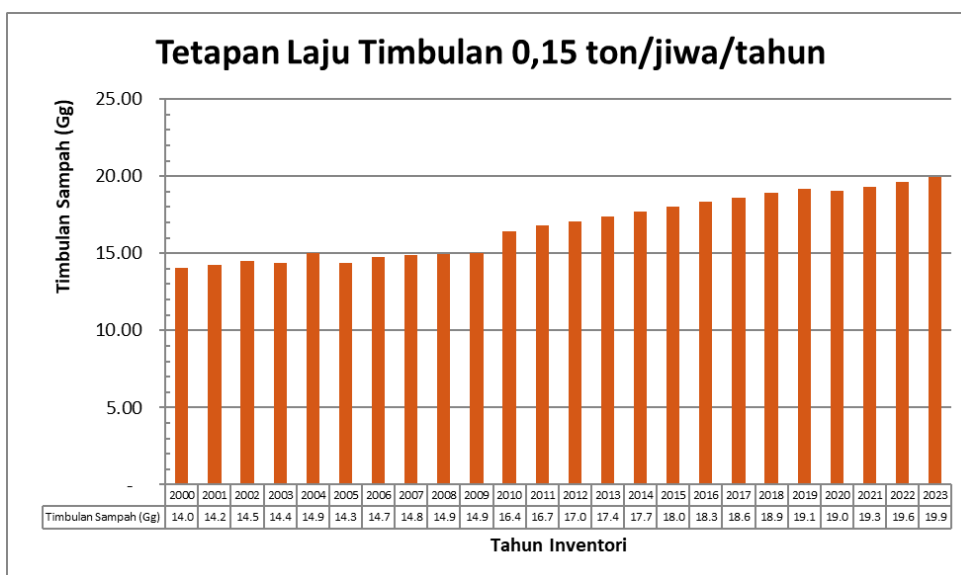
E. Penetapan metodologi untuk limbah cair industri

Perhitungan emisi GRK dari pengolahan/ pembuangan limbah cair industri mengacu pada software IPCC 2006 GL. Data aktivitas limbah cair industri berdasarkan angka produksi total industri (ton/tahun) dan jumlah limbah cair yang dihasilkan (m^3/ton produk). Total bobot limbah yang dihasilkan dikonversi menjadi bobot COD (chemical oxygen demand). Faktor emisi dan parameter terkait lainnya menggunakan default IPCC. Emisi GRK yang dihitung terdiri dari emisi CH_4 dan N_2O .

2.5.3. Pengumpulan Data Aktivitas dan Faktor Emisi

A. Limbah padat domestik

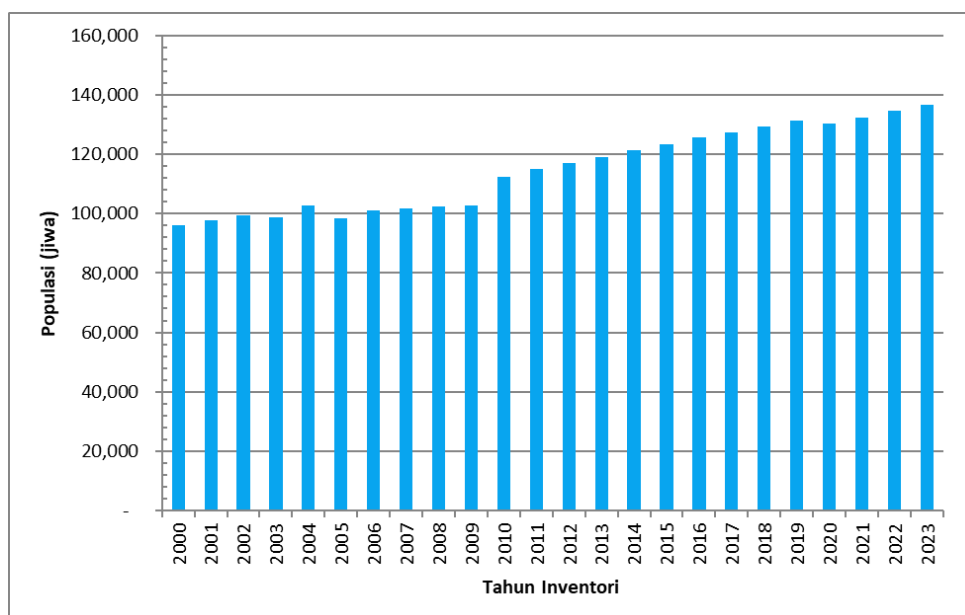
Data aktivitas utama untuk dapat menghitung emisi CH_4 dari limbah padat domestik adalah kuantitas timbulan sampah, distribusi pengelolaan sampah, komposisi dan berat kering sampah yang diangkut ke TPA. Kuantitas timbulan sampah diperkirakan datanya dari laju timbulan sampah per kapita dan populasi penduduk di Kabupaten Balangan. Laju timbulan sampah per kapita dihitung dari rata-rata tertimbang proporsi penduduk kota dan desa terhadap data estimasi timbulan sampah (ETS) yang tersedia di Kabupaten Balangan (Gambar 2.2).



Gambar 2. 2. Laju timbulan sampah di Kabupaten Balangan

Data jumlah penduduk di Kabupaten Balangan diperoleh dari data BPS selama seri waktu 2010 – 2023 (Gambar 2.3). Proyeksi jumlah penduduk hingga 2030 menggunakan tiga fase pertumbuhan periode 2016 – 2020, 2021 – 2025, dan 2026 – 2030 masing-masing dengan laju 1,53%, 1,24%, dan 1,01% (BPS Kalimantan

Selatan, 2023).



Gambar 2. 3. Populasi penduduk di Kabupaten Balangan periode 2010 – 2023

Tabel 2. 8. Distribusi pengelolaan sampah (%) di Provinsi Kalimantan Selatan

Distribusi Sampah	2000-2010	2011-2013	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Terangkut ke TPA	18,3	26,0	48,98	58,00	59,23	86,3699	66,6565	70,35
Pengomposan	0,3	0,1	7,19	9,81	9,47	0,043	0,0532	14
Daur ulang	0,0	0,0	3,30	5,57	6,10	0,019	0,0521	9
Tidak terangkut*	39,9	33,4	17,37	11,41	10,04	8,67	7,3	5,93
Dibakar terbuka	41,5	40,5	23,16	15,21	13,39	11,26	9,13	7
Insinerasi	0	0	0	0	0	0	0	0

Data distribusi pengelolaan sampah (Tabel 2.8) serta komposisi dan berat kering sampah yang diangkut ke TPA di Provinsi Kalimantan Selatan (Tabel 2.8) menggunakan hasil Riset Kesehatan Dasar 2010 dan 2013 di Kalimantan Selatan (Balitbangkes, 2010 dan 2013), masing-masing digunakan untuk menghitung GRK historis 2000-2010, GRK historis 2011-2013. Distribusi sampah tahun 2017 – 2022 menggunakan data neraca pengelolaan sampah di 13 kabupaten/ kota di Kalimantan Selatan. Sementara untuk distribusinya tahun 2014 – 2016 diperoleh melalui interpolasi data distribusinya antara tahun 2013 dan 2017.

Tabel 2. 9. Estimasi komposisi dan berat kering sampah padat diangkut ke TPA di Provinsi Kalimantan Selatan

No.	Fraksi Sampah Padat	Komposisi	Berat Kering (% berat basah)
1.	Sisa Makanan	61,7%	40%
2.	Kertas	10,7%	90%
3.	Nappies	0,0%	40%
4.	Taman	9,5%	85%
5.	kayu	0,0%	40%
6.	Tekstil	1,7%	80%
7.	Karet dan Kulit	0,8%	84%
8.	Plastik	9,8%	100%
9.	Logam	2,6%	100%
10.	Kaca	2,0%	100%
11.	Lain-lain anorganik	1,3%	90%

Sumber: Balitbangkes RI (2013)

B. Limbah cair domestik

Data aktivitas limbah cair domestik maupun limbah cair industri berbeda dengan data aktivitas limbah padat domestik maupun industri. Yang merupakan data aktivitas limbah cair adalah fraksi TOW (*Total Organically degradable material in Wastewater*). Fraksi TOW limbah cair domestik suatu wilayah adalah total BOD (*biological oxygen demand*) yang dihitung berdasarkan jumlah populasi penduduk dikalikan kg BOD perkapita. Fraksi TOW limbah cair industri adalah COD (*chemical oxygen demand*) total dari setiap jenis industri di suatu wilayah. Nilai COD setiap industri diperoleh dari konsentrasi COD (kg COD per m³) dikalikan laju pembentukan air limbah per tahun.

Data aktivitas limbah cair domestik di wilayah Kalimantan Selatan diperoleh dari data populasi penduduk dan angka default Pedoman IPCC 2006 (IPCC, 2006) untuk BOD di Indonesia (merujuk data Asia, Middle East, dan Afrika) adalah 40 gram/kapita/hari atau dalam rentang 35 – 45 gram/kapita/hari. Total limbah cair domestik wilayah Kalimantan Selatan periode 2000 – 2022 dirinci pada Tabel 2.10. Pengelolaan limbah cair dapat dikategorikan menjadi:

- Collected/uncollected untreated wastewater* adalah limbah cair yang dikumpulkan maupun tidak dikumpulkan dan tidak diolah (dibuang ke sungai, danau, dan laut),
- Collected treated wastewater* adalah limbah cair yang dikumpulkan dan diolah) di IPAL (instalasi pengolahan limbah cair) anaerobik di reaktor dan lagoon

- c. *Uncollected treated wastewater* adalah limbah cair yang diolah setempat (laterin/ septic tank limbah cair domestik dan IPAL limbah cair industri).

Berkenaan dengan limbah cair domestik, perlakuan limbah cair domestik di daerah perkotaan (urban) dan pedesaan (rural) sangat berbeda. Untuk menghitung jumlah limbah yang diolah di masing-masing jenis pengolahan (Tabel 2.13) digunakan data hasil Riskesdas 2013 (Balitbang Kesehatan, 2013) dan data BPS Kalsel.

Tabel 2. 10. Proporsi jumlah limbah cair domestik menurut sistem pengolahannya dan fraksinya (%) di Kalimantan Selatan

Sistem Pengolahan	2010	2011	2012	2013	2015	2016
Tangki septik	50,1	51,91	54,54	57,68	61,7	62,93
Sugai/ danau	31,8	30,26	25,66	25,14	21,34	17,72
Lubang tanah	16,2	16,46	18,13	16,02	15,47	17,95
Pantai/tanah lapang/kebun	1,9	1,37	1,67	1,15	1,49	1,40

Sistem Pengolahan	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Tangki septik	64,18	65,46	67,175	69,45	71,05	73,17
Sugai/ danau	14,71	12,22	10,15	9,35	8,86	8,12
Lubang tanah	19,79	21,08	21,92	13,68	13,83	8,12
Pantai/tanah lapang/kebun	1,32	1,24	1,16	0	0	0

Sumber: Data 2010 dari Balitbangkes RI (2013), 2011 – 2016 dari BPS Kalsel, 2017 dan 2018 berdasarkan laju 2015 – 2016, terakhir 2019-2022 berasal dari Kemenlhk (2023)

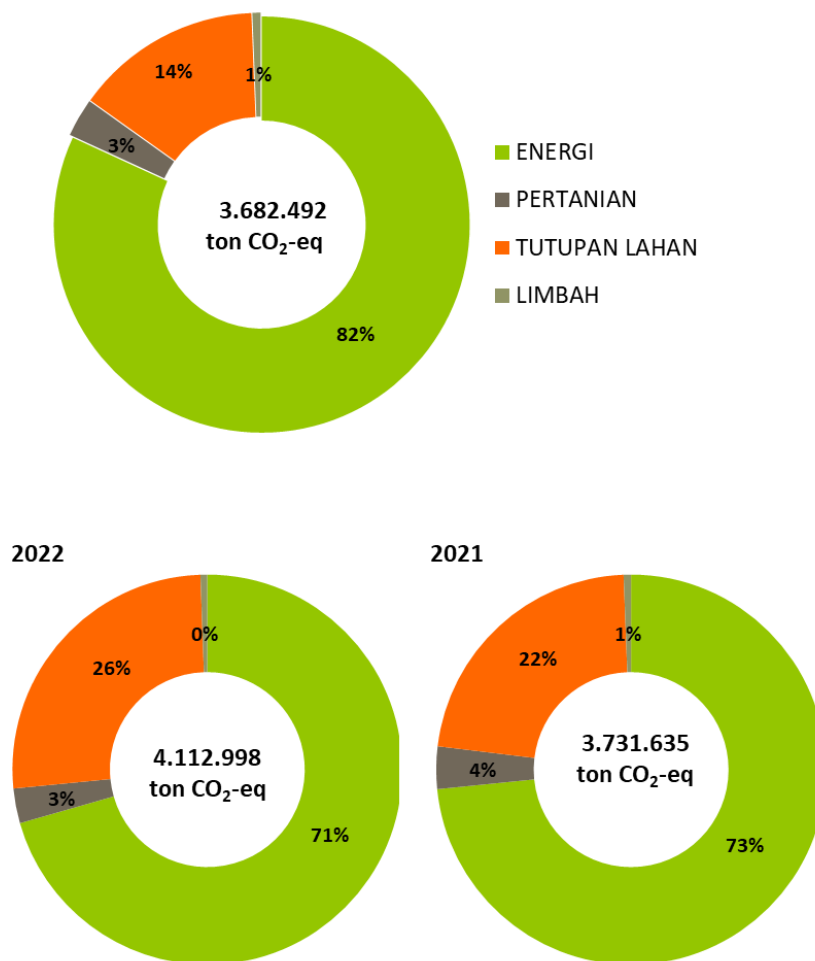
3. HASIL PERHITUNGAN

3.1. Profil Emisi GRK Kabupaten Balangan

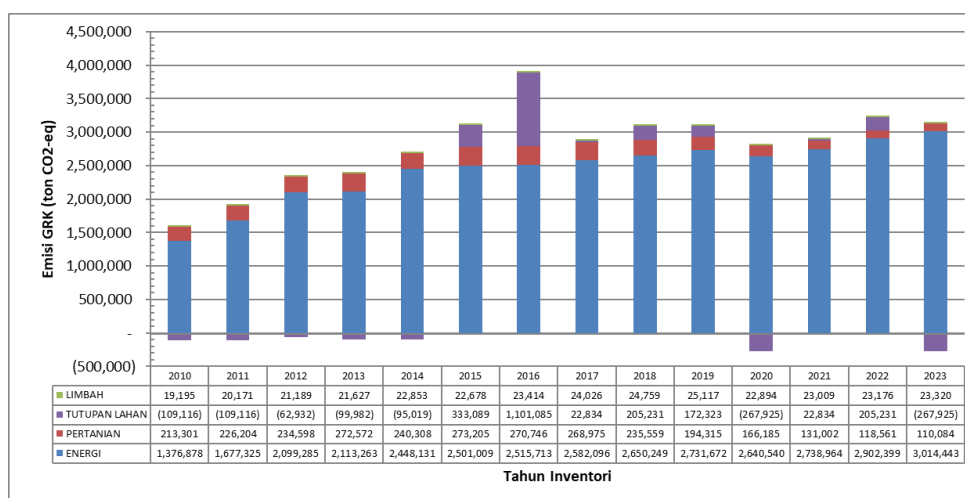
3.1.1. Tingkat, Status dan Kecenderungan GRK Kabupaten Balangan

Berdasarkan kesepakatan para pihak, sumber emisi (*source*) dan rosot (*sink*) yang masuk dalam inventarisasi GRK ialah dari 4 (empat) sektor yaitu sektor (1) pengadaan dan penggunaan energi, (2) proses industri dan penggunaan produk (*industrial process and product use/ IPPU*), (3) pertanian, kehutanan dan penggunaan lahan lainnya (*agriculture, forestry, and other land uses/ AFOLU*), dan (4) limbah (KLH, 2012a). Hanya saja menurut Peraturan Presiden No 71 tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, sektor yang dilaporkan dapat disesuaikan dengan kondisi daerah dan ketersediaan data aktivitas, atau yang menjadi kategori kunci emisi dan serapan GRK. Sektor yang dapat dilaporkan tahun inventarisasi tahun 2023 di Kabupaten Balangan meliputi sektor energi, pertanian, limbah, dan kehutanan (tutupan lahan).

Tingkat emisi GRK tahun 2023 di Kabupaten Balangan mencapai nilai absolut 3.682.492 ton (Gambar 3.1) atau netto emisi 2.881.945 ton CO₂-eq (Gambar 3.2). Masing-masing kategori/sektor yang berkontribusi mengemisikan GRK adalah sektor energi sebesar 3.014.443 ton CO₂-eq (81,9%), sektor pertanian 110.084 ton CO₂-eq (3,0%), perubahan tutupan lahan absolut 534.645 ton CO₂-eq (14,5%) dan sektor limbah domestik 23.320 ton CO₂-eq (0,6%). Tingkat absolut emisi GRK tahun 2021 dan 2022 juga ditunjukkan masing-masing 3.731.635 dan 4.112.998 ton CO₂-eq.



Gambar 3. 1. Tingkat emisi absolut GRK tahun 2023 dan sebelumnya 2021 – 2022 di Kabupaten Balangan



Gambar 3. 2. Profil netto emisi GRK di Kabupaten Balangan sejak tahun 2010 – 2023

Profil emisi GRK di Kabupaten Balangan selama tahun 2010 – 2023 ditunjukkan pada Gambar 3.2. Selama tahun 2010 – 2016 reratanya menunjukkan peningkatan 17,6%. Kemudian turun 25,9% pada 2017 yang mengindikasikan adanya peningkatan emisi pada 2016 pada sektor perubahan tutupan lahan. Selama tahun 2017 – 2023 reratanya meningkat 0,6%. Sektor energi meningkat rata-rata 6,5%, sektor pertanian menurun rerata 4,3%, dan sektor limbah (domestik) meningkat rerata 1,5%. Tabel 3.1 dilaporkan emisi GRK Kabupaten Balangan dalam tahunan dan kumulatifnya 2010 - 2023. Emisi GRK kumulatif absolut yang berkontribusi adalah sektor energi 32.904.887 ton CO₂-eq (67,7%), sektor pertanian 2.936.876 ton CO₂-eq (6,0%), sektor tutupan lahan 12.398.931 ton CO₂-eq (25,5%), dan sektor pengelolaan limbah domestik 341.643 ton CO₂-eq (0,7%).

Tabel 3. 1. Emisi GRK tahunan dan kumulatif di Kabupaten Balangan tahun 2010 – 2023.

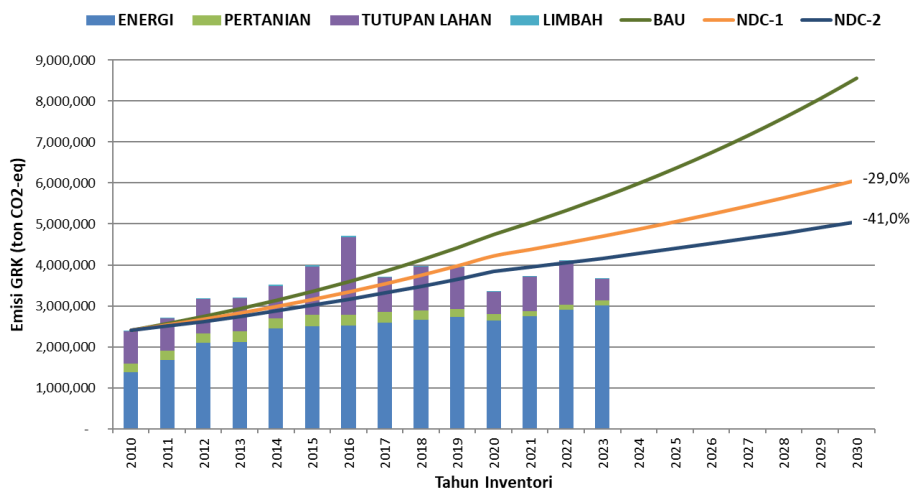
	Tahunan ton CO ₂ -eq					Kumulatif ton CO ₂ -eq				
	ENERGI	LIMBAH	PERTANIAN	TUTUPAN L	TOTAL	ENERGI	LIMBAH	PERTANIAN	TUTUPAN L	TOTAL
2010	1,376,878	19,195	213,301	792,106	2,401,479	289,799	43,411	194,563	203,235	731,007
2011	1,677,325	20,171	226,204	792,106	2,715,805	1,967,123	63,581	420,767	995,341	3,446,812
2012	2,099,285	21,189	234,598	832,270	3,187,343	4,066,409	84,771	655,365	1,827,611	6,634,155
2013	2,113,263	21,627	272,572	795,220	3,202,683	6,179,672	106,398	927,937	2,622,832	9,836,839
2014	2,448,131	22,853	240,308	799,887	3,511,180	8,627,803	129,251	1,168,245	3,422,719	13,348,019
2015	2,501,009	22,678	273,205	1,188,036	3,984,928	11,128,812	151,929	1,441,449	4,610,755	17,332,946
2016	2,515,713	23,414	270,746	1,895,601	4,705,474	13,644,525	175,343	1,712,195	6,506,357	22,038,420
2017	2,582,096	24,026	268,975	838,660	3,713,757	16,226,621	199,369	1,981,170	7,345,017	25,752,177
2018	2,650,249	24,759	235,559	1,068,862	3,979,429	18,876,870	224,128	2,216,729	8,413,879	29,731,606
2019	2,731,672	25,117	194,315	1,008,239	3,959,343	21,608,542	249,244	2,411,044	9,422,118	33,690,949
2020	2,640,540	22,894	166,185	534,645	3,364,263	24,249,082	272,138	2,577,229	9,956,763	37,055,212
2021	2,738,964	23,009	131,002	838,660	3,731,635	26,988,045	295,147	2,708,231	10,795,424	40,786,847
2022	2,902,399	23,176	118,561	1,068,862	4,112,998	29,890,444	318,322	2,826,792	11,864,286	44,899,844
2023	3,014,443	23,320	110,084	534,645	3,682,492	32,904,887	341,643	2,936,876	12,398,931	48,582,336
						67.7%	0.7%	6.0%	25.5%	

Keterangan: Data primer dilaporkan pada [TABEL Target Pelaporan-Balangan 2024.xlsx](#), dengan satuan desimal menunjukkan ribuan.

3.1.2. Interpretasi Proyeksi Penurunan Emisi GRK

Emisi GRK di Kabupaten Balangan diproyeksikan hingga tahun 2030. Proyeksinya dibuat dalam tiga skenario. Skenario pertama adalah kondisi *business as usual* (BAU), yaitu kondisi dimana tidak terdapat aksi mitigasi selain aksi mitigasi yang telah berjalan sebelumnya. Skenario kedua adalah *Nationally Determined Contribution* (NDC) yang merupakan bagian dari Persetujuan Paris (*Paris Agreement*). Persetujuan Paris bertujuan untuk menguatkan respon global terhadap ancaman perubahan iklim dengan menjaga kenaikan pemanasan global kurang dari 2°C dibandingkan masa pra-industrialisasi. Pada skenario kedua (NDC-1) Indonesia berkomitmen melakukan penurunan emisi GRK

sebesar 29% tanpa syarat (dengan usaha sendiri), serta skenario ketiga (NDC-2) dengan penurunan emisi GRK sebesar 41% bersyarat (dengan dukungan internasional yang memadai) pada tahun 2030. Proyeksinya dimulai dari tahun dasar yang disepakati tahun 2010, yaitu tahun dimulainya atau diperhitungkannya aksi mitigasi.



Gambar 3.3. Tingkat absolut dan proyeksi GRK tahun 2010–2030 berdasarkan BAU, NDC-1 dan NDC-2 pada tahun 2030 di Kabupaten Balangan

Gambar 3.3 menggambarkan proyeksi emisi GRK pada skenario BAU dan skenario NDC-1 dan NDC-2 sampai dengan tahun 2030. Tingkat emisi GRK tahun 2030 pada skenario BAU diproyeksikan mencapai 8.553.570 ton CO₂-eq, sementara pada skenario NDC-1 dan NDC-2 diproyeksikan mencapai 6.070.670 dan 5.044.515 ton CO₂-eq. Skenario ini bahwa tingkat emisi GRK di Kabupaten Balangan akan sejalan dengan komitmen Pemerintah Indonesia untuk menurunkan emisi GRK sebesar 29% (NDC-1) dan 41% (NDC-2) pada tahun 2030. Pertumbuhan proyeksi tingkat emisi GRK tahun 2023 pada skenario BAU, NDC-1 dan NDC-2 masing-masing mencapai 5.647.584, 4.701.731 dan 4.166.688 ton CO₂-eq, sedangkan Inventarisasi GRK realisasinya sebesar 3.682.492 ton CO₂-eq, dengan kata lain terjadi penurunan emisi GRK sebesar 34,8% dan targetnya 16,7% di NDC-1 dan 26,2% di NDC-2 (dibanding BAU). Inventarisasi GRK tahun 2023 melampaui NDC-1 dan NDC-2.

Secara rinci proyeksi penurunan emisi GRK di Kabupaten Balangan selama periode 2011–2030 ditunjukkan pada Tabel 3.2. Berdasarkan tabel ini menunjukkan bahwa sektor energi dan sektor perubahan tutupan lahan di masa akan datang berkontribusi sangat penting dalam hal penurunan emisi GRK absolut dan kumulatifnya (Tabel

3.1 di Kabupaten Balangan. Pada periode akan datang diharapkan perubahan tutupan lahan akan menghasilkan serapan netto C.

Deskripsi masing-masing skenario BAU, NDC-1 dan NDC-2 untuk setiap sektor dan atau sub sektor diuraikan pada bab-bab berikutnya. Berdasarkan skenario Aksi Mitigasi yang dirancang pada setiap sektor dan sub sektor kegiatan yang menyumbang emisi GRK di Kabupaten Balangan, dapat dirumuskan beberapa upaya mitigasi yang dapat dilakukan, yaitu:

a. Sektor Energi:

- (1) Pengurangan penggunaan bahan bakar fosil untuk pembangkit listrik terutama pembangkit listrik swasta dan batubara dengan mendorong proses peningkatan efisiensi penggunaan energi. Bauran energi baru terbarukan harus dilakukan agar terjadi penurunan bahan bakar fosil. Skenario aksinya diuraikan secara rinci pada bagian pelaporan inventarisasi GRK sektor energi.
- (2) Efisiensi pemakaian bahan bakar untuk transportasi dengan mendorong pemakaian bahan bakar bernilai RON lebih tinggi, dan pengaturan alur transportasi darat dalam kota dan luar kota. Skenario aksinya diuraikan secara rinci pada bagian pelaporan inventarisasi GRK sektor energi.
- (3) Peningkatan efisiensi pemakaian bahan bakar pada kegiatan manufaktur, industri, komersial dan institusi, rumah tangga dan kegiatan lainnya seperti pemakaian bahan bakar pada pertambangan, pertanian dan infrastruktur. Skenario aksinya diuraikan secara rinci pada bagian pelaporan inventarisasi GRK sektor energi.

b. Sektor Pertanian dan Kehutanan:

- (1) Penguatan gerakan revolusi hijau
- (2) Peningkatan efisiensi energi dan bahan dalam pengelolaan tanah seperti pemakaian air, pupuk sintetis terutama urea, dan kapur.
- (3) Pengembangan budidaya padi sawah rendah emisi GRK melalui penerapan tata kelola hemat air dan varietas rendah emisi.
- (4) Peningkatan efisiensi energi dan bahan dalam pengelolaan ternak, terutama ternak sapi melalui pengembangan unit-unit biodigester untuk memanfaatkan gas metan, dan pengembangan pakan ternak rendah metan.

Tabel 3. 2. Perubahan emisi GRK historis 2011 - 2023, dan target penurunan emisi dan serapan GRK sektoral dan agregatnya di Kabupaten Balangan hingga tahun 2030

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Historis (ton CO ₂ -eq)	2,715,805	3,187,343	3,202,683	3,511,180	3,984,928	4,705,474	3,713,757	3,979,429	3,959,343	3,364,263
BAU (ton CO ₂ -eq)	2,563,869	2,738,856	2,927,498	3,130,946	3,350,450	3,587,371	3,843,189	4,119,514	4,418,096	4,740,841
NDC-1 (ton CO ₂ -eq)	2,532,041	2,671,822	2,821,534	2,981,948	3,153,894	3,338,269	3,536,040	3,748,253	3,976,035	4,220,604
NDC-2 (ton CO ₂ -eq)	2,508,535	2,622,449	2,743,694	2,872,777	3,010,240	3,156,663	3,312,665	3,478,911	3,656,110	3,845,023
Target NDC-1										
Energi	-0.9%	-1.8%	-2.7%	-3.6%	-4.5%	-5.4%	-6.2%	-7.1%	-8.0%	-8.8%
Pertanian	-1.7%	-3.3%	-5.0%	-6.6%	-8.2%	-9.7%	-11.2%	-12.7%	-14.2%	-15.6%
Kehutanan	-1.7%	-3.4%	-5.0%	-6.6%	-8.2%	-9.8%	-11.3%	-12.8%	-14.3%	-15.8%
Limbah	-1.7%	-3.4%	-5.1%	-6.7%	-8.4%	-9.9%	-11.5%	-13.0%	-14.5%	-16.0%
Agregat	-0.9%	-1.8%	-2.8%	-3.7%	-4.6%	-5.4%	-6.3%	-7.2%	-8.0%	-8.9%
Target NDC-2										
Energi	-1.8%	-3.6%	-5.4%	-7.1%	-8.8%	-10.5%	-12.2%	-13.8%	-15.4%	-16.9%
Pertanian	-2.7%	-5.2%	-7.7%	-10.2%	-12.6%	-14.9%	-17.1%	-19.3%	-21.5%	-23.6%
Kehutanan	-2.6%	-5.1%	-7.6%	-10.0%	-12.4%	-14.6%	-16.9%	-19.0%	-21.1%	-23.2%
Limbah	-2.6%	-5.2%	-7.7%	-10.2%	-12.5%	-14.9%	-17.1%	-19.3%	-21.4%	-23.5%
Agregat	-2.2%	-4.3%	-6.3%	-8.2%	-10.2%	-12.0%	-13.8%	-15.6%	-17.2%	-18.9%
Realisasi										
Energi	11.8%	28.3%	18.5%	26.0%	18.1%	8.9%	2.6%	-3.4%	-8.7%	-19.0%
Pertanian	2.2%	2.2%	14.4%	-2.8%	6.6%	1.8%	-2.5%	-17.7%	-34.6%	-46.1%
Kehutanan	-3.6%	-2.4%	-10.1%	-12.8%	24.8%	91.9%	-18.2%	0.5%	-8.6%	-53.3%
Limbah	1.0%	2.1%	0.2%	1.8%	-2.9%	-3.6%	-4.9%	-5.7%	-8.1%	-19.4%
Agregat	5.9%	16.4%	9.4%	12.1%	18.9%	31.2%	-3.4%	-3.4%	-10.4%	-29.0%
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Historis (ton CO ₂ -eq)	3,731,635	4,112,998	3,682,492	-	-	-	-	-	-	-
BAU (ton CO ₂ -eq)	5,024,629	5,326,478	5,647,584	5,989,225	6,352,764	6,739,660	7,151,469	7,589,853	8,056,587	8,553,570
NDC-1 (ton CO ₂ -eq)	4,374,774	4,535,065	4,701,731	4,875,037	5,055,261	5,242,689	5,437,624	5,640,379	5,851,280	6,070,670
NDC-2 (ton CO ₂ -eq)	3,948,954	4,056,140	4,166,688	4,280,710	4,398,320	4,519,639	4,644,788	4,773,896	4,907,093	5,044,515
Target NDC-1										
Energi	-11.1%	-13.3%	-15.4%	-17.5%	-19.6%	-21.5%	-23.5%	-25.4%	-27.2%	-29.0%
Pertanian	-17.1%	-18.5%	-19.8%	-21.2%	-22.5%	-23.8%	-25.1%	-26.4%	-27.6%	-28.8%
Kehutanan	-17.2%	-18.6%	-20.0%	-21.4%	-22.7%	-24.0%	-25.3%	-26.6%	-27.8%	-29.0%
Limbah	-17.5%	-18.9%	-20.3%	-21.7%	-23.0%	-24.4%	-25.7%	-27.0%	-28.2%	-29.5%
Agregat	-12.9%	-14.9%	-16.7%	-18.6%	-20.4%	-22.2%	-24.0%	-25.7%	-27.4%	-29.0%
Target NDC-2										
Energi	-19.7%	-22.4%	-25.0%	-27.5%	-30.0%	-32.3%	-34.6%	-36.8%	-38.9%	-41.0%
Pertanian	-25.6%	-27.6%	-29.5%	-31.3%	-33.2%	-34.9%	-36.7%	-38.3%	-40.0%	-41.6%
Kehutanan	-25.2%	-27.1%	-29.0%	-30.9%	-32.7%	-34.4%	-36.1%	-37.8%	-39.4%	-41.0%
Limbah	-25.5%	-27.5%	-29.4%	-31.3%	-33.1%	-34.9%	-36.6%	-38.3%	-39.9%	-41.5%
Agregat	-21.4%	-23.8%	-26.2%	-28.5%	-30.8%	-32.9%	-35.1%	-37.1%	-39.1%	-41.0%
Realisasi										
Energi	-21.5%	-22.2%	-24.5%							
Pertanian	-59.0%	-64.3%	-68.0%							
Kehutanan	-29.4%	-13.2%	-58.2%							
Limbah	-22.1%	-24.6%	-27.0%							
Agregat	-25.7%	-22.8%	-34.8%							

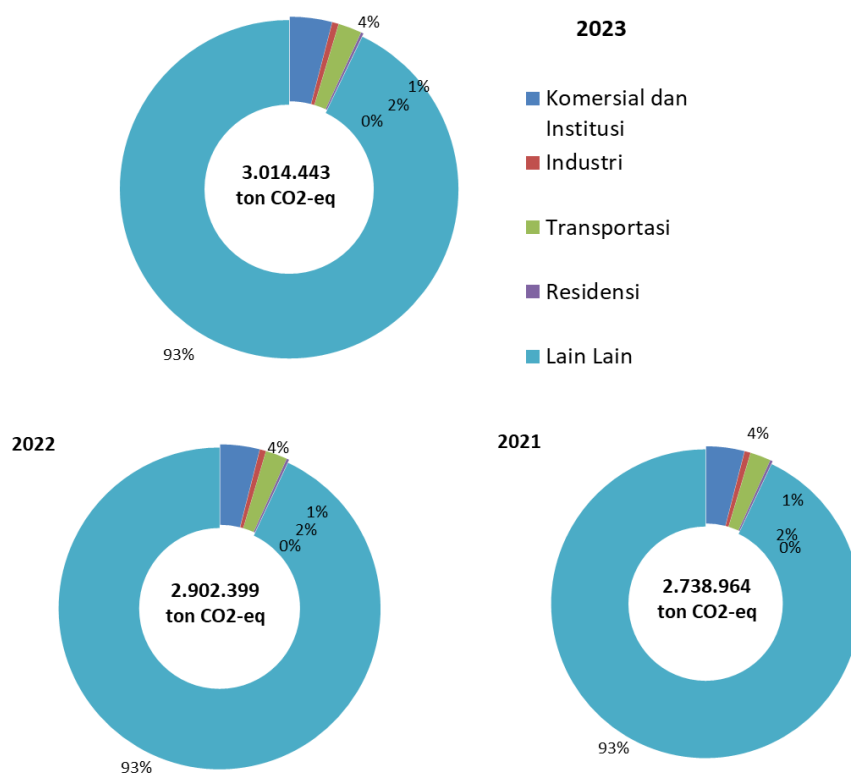
c. Sektor Limbah:

- (1) Peningkatan fasilitas TPA dan pengembangan kegiatan 3R baik yang berbasis masyarakat maupun kelembagaan, sehingga mengurangi sampah yang dibakar dan dibuang sembarangan, serta mengurangi timbunan sampah di TPA.
- (2) Pengembangan sistem pengolah air limbah (IPAL) aerob dan *septic tank* komunal yang dilengkapi dengan biodigester untuk menangkap gas metan yang diemisikan.
- (3) Pengelolaan limbah industri pengolahan CPO dan karet remah melalui skema aplikasi ke lahan (*land application*) dan produksi energi gas metan.

3.2. Profil Emisi GRK Sektor Energi

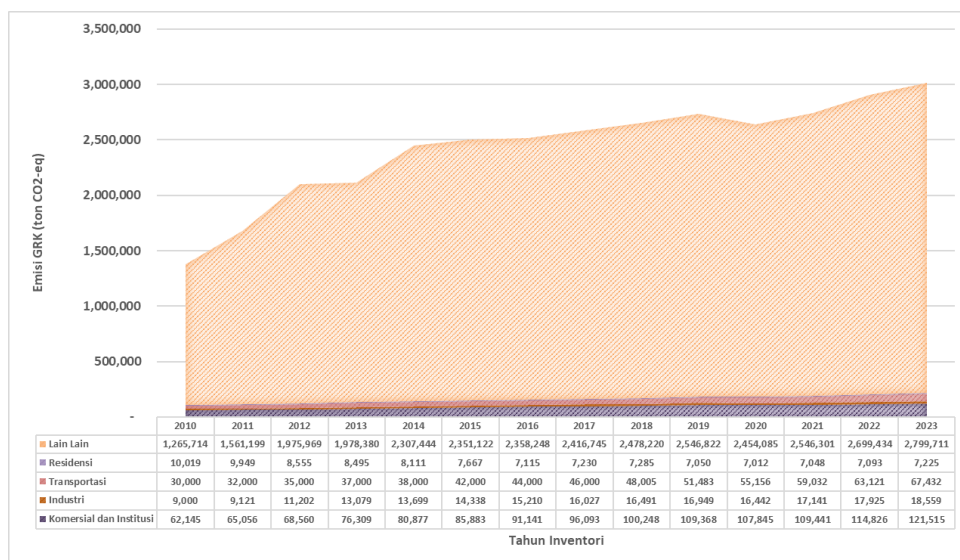
3.2.1. Emisi GRK Saat Ini

Berdasarkan data historis energi final dapat dihitung emisi GRK yang dihasilkan untuk setiap jenis energi dan sub sektor penggunaannya. Inventarisasi GRK tahun 2023 di Kabupaten Balangan pada sektor energi mencapai 3.014.443 ton CO₂-eq (Gambar 3.4). Pangsa emisi ini bersumber dari penggunaan bahan bakar komersial dan institusi sebesar 121.515 ton CO₂-eq (4,0%), penggunaan bahan bakar pada industri sebesar 18.559 ton CO₂-eq (0,6%), penggunaan bahan bakar pada transportasi 67.432 ton CO₂-eq (2,2%), penggunaan bahan bakar pada residensi sebesar 7.225 ton CO₂-eq (0,2%), , dan pemakaian bahan bakar pada kegiatan lain lain seperti pertambangan, pertanian dan konstruksi sebesar 2.799.711 ton CO₂-eq (92,9%). Tingkat emisi GRK tahun 2021 dan 2022 juga ditunjukkan masing-masing 2.738.964 dan 2.902.399 ton CO₂-eq.



Gambar 3. 4. Tingkat emisi GRK tahun 2023 dan sebelumnya 2021–2022 dari sektor energi berdasarkan sub sektor penggunaannya di Kabupaten Balangan

Tingkat dan status emisi per sub kategori pada tahun 2010 – 2023 ditunjukkan pada Gambar 3.5. Status emisi GRK sektor energi mengalami peningkatan sebesar 7,6% selama periode 2010 – 2023. Peningkatan emisi ini bersumber dari pemakaian bahan bakar kegiatan komersial dan institusi, industri, transportasi, residensi, dan lain-lain (penambangan, infrastruktur dan pertanian).



Gambar 3.5. Tingkat dan status emisi GRK sektor energi berdasarkan sub sektor penggunaannya selama periode 2010 - 2023 di Kabupaten Balangan

Tabel 3.3. Emisi GRK sektor energi tahunan dan kumulatif di Kabupaten Balangan tahun 2010 - 2023

	Tahunan ton CO ₂ -eq					Kumulatif ton CO ₂ -eq				
	Komersial	Industri	Transportasi	Rumah Tang	Lain-Lain	Komersial	Industri	Transportasi	Rumah Tang	Lain-Lain
2010	62,145	9,000	30,000	10,019	1,265,714	82,468	23,331	17,874	10,019	156,106
2011	65,056	9,121	32,000	9,949	1,561,199	147,524	32,452	49,874	19,968	1,717,305
2012	68,560	11,202	35,000	8,555	1,975,969	216,083	43,654	84,874	28,523	3,693,274
2013	76,309	13,079	37,000	8,495	1,978,380	292,393	56,733	121,874	37,018	5,671,654
2014	80,877	13,699	38,000	8,111	2,307,444	373,270	70,432	159,874	45,129	7,979,098
2015	85,883	14,338	42,000	7,667	2,351,122	459,152	84,770	201,874	52,796	10,330,220
2016	91,141	15,210	44,000	7,115	2,358,248	550,293	99,980	245,874	59,910	12,688,468
2017	96,093	16,027	46,000	7,230	2,416,745	646,387	116,007	291,874	67,141	15,105,213
2018	100,248	16,491	48,005	7,285	2,478,220	746,634	132,499	339,879	74,426	17,583,432
2019	109,368	16,949	51,483	7,050	2,546,822	856,002	149,447	391,362	81,476	20,130,254
2020	107,845	16,442	55,156	7,012	2,454,085	963,848	165,889	446,518	88,488	22,584,339
2021	109,441	17,141	59,032	7,048	2,546,301	1,073,289	183,030	505,551	95,535	25,130,640
2022	114,826	17,925	63,121	7,093	2,699,434	1,188,115	200,955	568,672	102,629	27,830,073
2023	121,515	18,559	67,432	7,225	2,799,711	1,309,630	219,514	636,104	109,854	30,629,785
	4.0%					0.7%				

Keterangan: Data primer terlaporkan pada [TABEL Target Pelaporan-Balangan 2024.xlsx](#), dengan satuan desimal menunjukkan ribuan.

Tabel 3.3 melaporkan emisi GRK sektor energi di Kabupaten Balangan dalam tahunan dan kumulatifnya 2010 - 2023. Emisi GRK kumulatif sektor energi berkontribusi sebesar 32.904.887 ton CO₂-eq. Sub sektornya terdiri dari yang

terbesar kegiatan lain-lain kumulatifnya 30.629.785 ton CO₂-eq (93,1%), kegiatan komersial dan institusi kumulatifnya 1.309.630 ton CO₂-eq (4,0%), transportasi kumulatifnya 636,104 ton CO₂-eq (1,9%), industri kumulatifnya 219.514 ton CO₂-eq (0,7%) dan rumah tangga kumulatifnya 109.854 ton CO₂-eq (0,3%).

3.2.2. Proyeksi Emisi GRK

Emisi GRK sektor energi yang akan diproyeksikan hingga tahun 2030 dibuat dalam tiga skenario. Skenario pertama adalah kondisi *business as usual* (BAU), yaitu kondisi di mana tidak terdapat aksi mitigasi selain aksi mitigasi yang telah berjalan sebelumnya. Skenario kedua (NDC-1) Indonesia berkomitmen melakukan penurunan emisi GRK sebesar 29% tanpa syarat (dengan usaha sendiri), serta skenario ketiga (NDC-2) dengan penurunan emisi GRK sebesar 41% bersyarat (dengan dukungan internasional yang memadai) pada tahun 2030. Tahun dasar diasumsikan tahun 2010, yaitu tahun setelahnya dimulai atau diperhitungkan sebagai tahun aksi mitigasi.

Proyeksi penggunaan energi untuk setiap sub sektor pada skenario *Nationally Determined Contributions* dilakukan secara normatif, dengan mempertimbangkan beberapa kebijakan nasional terkait penggunaan energi. Beberapa kegiatan aksi mitigasi, tidak termasuk kegiatan penggunaan energi listrik, yang dikondisikan untuk menghitung besaran emisi GRK di masa depan antara lain:

a. *Energy Efficiency* (Efisiensi Energi):

- Penerapan mandatori manajemen.
- Peningkatan bauran bahan bakar biofuel pada kegiatan pertambangan, konstruksi dan perkebunan.
- Peningkatan efisiensi peralatan rumah tangga
- Pembangunan PJU Retrofitting Lampu LED

b. Pengurangan penggunaan bahan bakar untuk transportasi melalui program manajemen kebutuhan transportasi dan peningkatan efisiensi penggunaan bahan bakar: *Fuel switching* BBM Transportasi (RON 88 ke RON 90, 92, 98+)

c. Penuntasan konversi penggunaan minyak tanah ke LPG pada kegiatan rumah tangga, sehingga tidak ada lagi yang menggunakan minyak tanah.

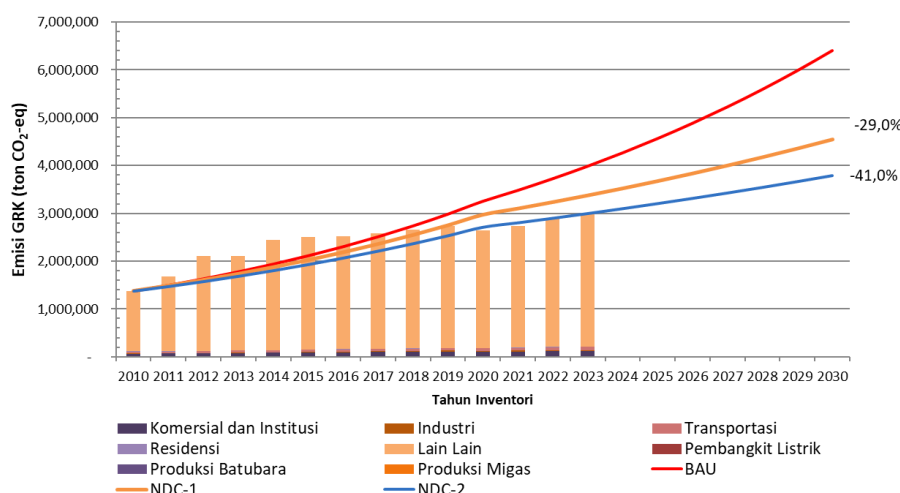
d. Reklamasi lahan pasca tambang.

e. Sub sektor transportasi:

- Mendorong pembinaan dan Pengembangan Sistem Transit – Bus

Rapid Transit (BRT) / Semi BRT

- Pemanfaatan Teknologi Lalu Lintas untuk Kelancaran Lalu Lintas di Jalan Nasional / (Area Traffic Control System/ ATCS)
- Manajemen parkir



Gambar 3. 6. Historis dan proyeksi emisi GRK sektor energi skenario BAU, NDC-1 dan NDC-2 selama periode 2010-2030 di Kabupaten Balangan

Gambar 3.6 menunjukkan emisi historis dan proyeksinya dengan skenario BAU, NDC-1 dan NDC-2 hingga tahun 2030. Referensi BAU tingkat emisi GRK sektor energi pada tahun 2030 diproyeksikan mencapai 6.412.070 ton CO₂-eq dan dengan adanya upaya mitigasi seperti diuraikan sebelumnya, tingkat emisi GRK sektor energi pada tahun 2030 diproyeksikan mencapai 4.550.484 ton CO₂-eq pada NDC-1 29,0% dan 3.783.891 ton CO₂-eq pada NDC-2 41%. Pada tahun 2023 inventarisasi GRK sektor energi mencapai 3.014.443 ton CO₂-eq yang terdiri atas sub sektor kegiatan lain-lain (kegiatan pertambangan, konstruksi dan pertanian) sebesar 2.799.711 ton CO₂-eq (92,9%), kegiatan komersial dan institusi 121.515 ton CO₂-eq (4,0%), transportasi 67,432 ton CO₂-eq (2,2%), industri 18.559 ton CO₂-eq (0,6%) dan rumah tangga 7.225 ton CO₂-eq (0,2%).

Tabel 3. 4. Perubahan emisi GRK historis 2011 - 2023, dan target penurunannya dari sektor energi di Kabupaten Balangan hingga tahun 2030

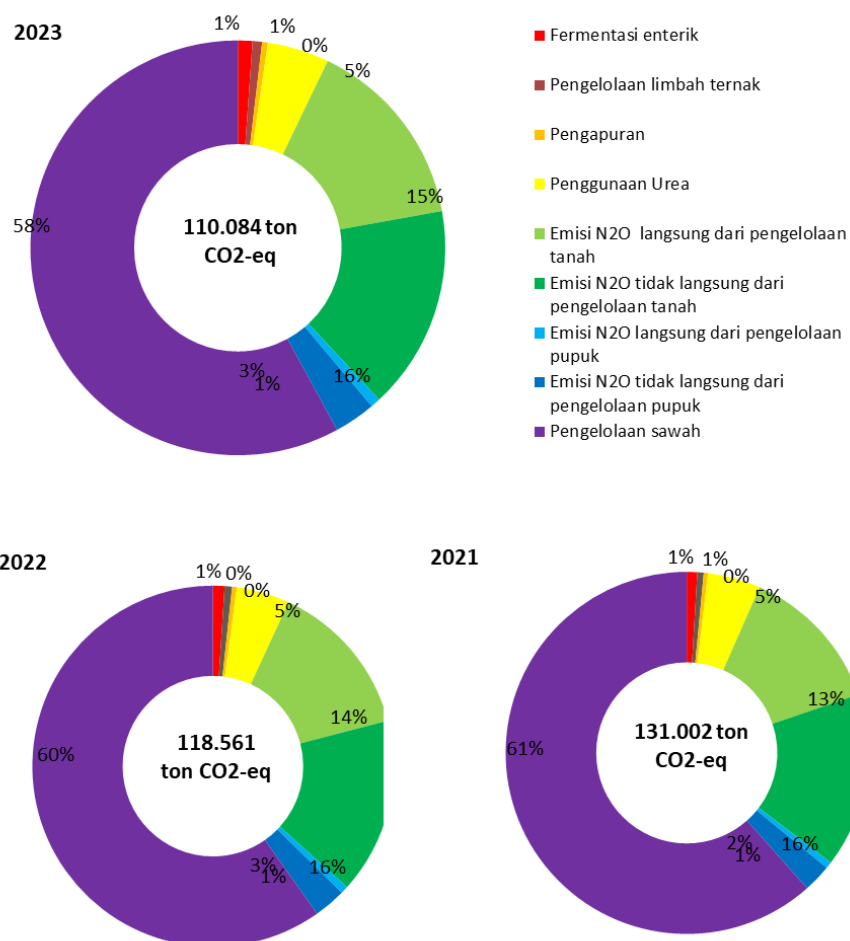
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Historis (ton CO ₂ -eq)	1,677,325	2,099,285	2,113,263	2,448,131	2,501,009	2,515,713	2,582,096	2,650,249	2,731,672	2,640,540
BAU (ton CO ₂ -eq)	1,500,797	1,635,869	1,783,097	1,943,576	2,118,498	2,309,162	2,516,987	2,743,516	2,990,432	3,259,571
NDC-1 (ton CO ₂ -eq)	1,487,028	1,605,991	1,734,470	1,873,228	2,023,086	2,184,933	2,359,727	2,548,505	2,752,386	2,972,577
NDC-2 (ton CO ₂ -eq)	1,473,260	1,576,388	1,686,735	1,804,806	1,931,143	2,066,323	2,210,965	2,365,733	2,531,334	2,708,528
Target NDC-1	-0.9%	-1.8%	-2.7%	-3.6%	-4.5%	-5.4%	-6.2%	-7.1%	-8.0%	-8.8%
Target NDC-2	-1.8%	-3.6%	-5.4%	-7.1%	-8.8%	-10.5%	-12.2%	-13.8%	-15.4%	-16.9%
Realisasi	11.8%	28.3%	18.5%	26.0%	18.1%	8.9%	2.6%	-3.4%	-8.7%	-19.0%
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Historis (ton CO ₂ -eq)	2,738,964	2,902,399	3,014,443							
BAU (ton CO ₂ -eq)	3,487,741	3,731,883	3,993,115	4,272,633	4,571,717	4,891,738	5,234,159	5,600,550	5,992,589	6,412,070
NDC-1 (ton CO ₂ -eq)	3,101,884	3,236,816	3,377,617	3,524,544	3,677,861	3,837,848	4,004,795	4,179,003	4,360,790	4,550,484
NDC-2 (ton CO ₂ -eq)	2,800,618	2,895,839	2,994,297	3,096,103	3,201,371	3,310,217	3,422,765	3,539,139	3,659,470	3,783,891
Target NDC-1	-11.1%	-13.3%	-15.4%	-17.5%	-19.6%	-21.5%	-23.5%	-25.4%	-27.2%	-29.0%
Target NDC-2	-19.7%	-22.4%	-25.0%	-27.5%	-30.0%	-32.3%	-34.6%	-36.8%	-38.9%	-41.0%
Realisasi	-21.5%	-22.2%	-24.5%							

Jika menggunakan skenario BAU, maka tingkat emisi GRK tahun 2023 mencapai 3.993.115 ton CO₂-eq. Hal ini berarti ada penurunan emisi Inventarisasi GRK sebesar 24,5% pada tahun 2023. Jika dibandingkan dengan target penurunan pada NDC 1, maka penurunan IGRK tersebut lebih tinggi daripada yang ditargetkan 15,4%. Sementara pada NDC 2 ditargetkan 25,0% (Tabel 3.4). Emisi GRK historis 2011 – 2023 menunjukkan peningkatan emisi GRK. Mempertimbangan perbandingan antara tingkat capaian dan target, maka target penurunan emisi GRK dari sektor energi hingga tahun 2030 dapat tercapai dengan margin $\pm 1,0\%$.

3.3. Profil Emisi GRK Sektor Pertanian

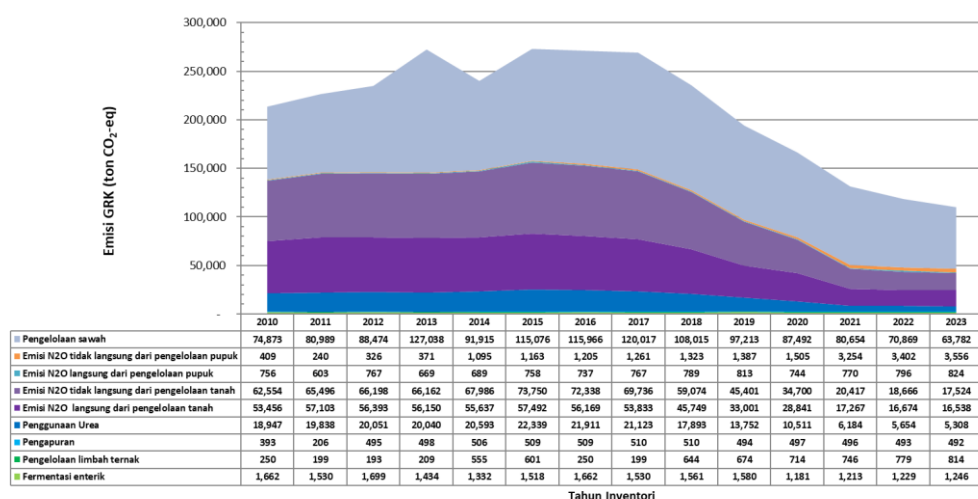
3.3.1. Emisi GRK Saat Ini

Tingkat emisi GRK dari kegiatan sektor pertanian di Kabupaten Balangan pada IGRK tahun 2023 mencapai 110.084 ton CO₂-eq (Gambar 3.7). Pangsa utama bersumber dari emisi gas CH₄ dari pengelolaan sawah sebesar 63.782 ton CO₂-eq (57,9%), emisi gas N₂O langsung dan tidak langsung pengelolaan tanah sebesar 34.062 ton CO₂-eq (30,9%), emisi gas CH₄ dan N₂O dari peternakan sebesar 6.440 ton CO₂-eq (5,8%), emisi CO₂ penggunaan pupuk Urea 5.308 ton CO₂-eq (4,8%) dan emisi CO₂ pemakaian kapur 492 ton CO₂-eq (0,4%). Tingkat emisi IGRK tahun 2021 dan 2022 juga ditunjukkan masing-masing 131.002 dan 118.561ton CO₂-eq.



Gambar 3. 7. Tingkat emisi GRK tahun 2023 dan sebelumnya 2021–2022 dari sektor pertanian di Kabupaten Balangan

Status emisi GRK sektor pertanian selama periode 2010 – 2023 ditunjukkan pada Gambar 3.8. Status emisi GRK sektor pertanian selama periode 2010 – 2017 meningkat rata-rata 3,7% per tahun. Setelah tahun 2017 terjadi penurunan status emisi GRK sektor pertanian selama periode 2018 – 2023 sebesar 13,7% per tahunnya.



Gambar 3. 8. Tingkat dan status emisi GRK sektor pertanian berdasarkan sub kategorinya selama periode 2010 - 2023 di Kabupaten Balangan

Perubahan tingkat emisi GRK sektor pertanian selama periode 2011 – 2023 disebabkan terutama oleh emisi gas N₂O dari kegiatan pengelolaan tanah seperti pemakaian pupuk urea, residu tanaman dan pupuk kandang pada lahan pertanian baik sawah maupun non-sawah. Sebab lainnya yang memiliki dampak adalah pengelolaan sawah dalam pengaturan tata muka air, pemilihan varietas, penggunaan pola tanam. Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata kontribusi tahunan selama 2011 – 2023, maka kegiatan yang menjadi kategori kunci adalah kegiatan pertanaman padi sawah, kegiatan pengelolaan tanah pada pertanaman padi, tanaman pangan, dan tanaman perkebunan.

Tabel 3. 5. Emisi GRK sektor pertanian tahunan dan kumulatif di Kabupaten Balangan tahun 2010 - 2023

	Tahunan ton CO ₂ -eq					Kumulatif ton CO ₂ -eq				
	Sawah	Pengelola Urea	Peternakan Kapur			Sawah	Pengelolaan Urea	Peternakan	Kapur	
2010	74,873	116,010	18,947	3,078	393	74,873	116,010	18,947	3,078	393
2011	80,989	122,599	19,838	2,572	206	155,862	238,608	38,786	5,650	599
2012	88,474	122,592	20,051	2,986	495	244,336	361,200	58,837	8,635	1,094
2013	127,038	122,312	20,040	2,684	498	371,374	483,512	78,877	11,319	1,592
2014	91,915	123,623	20,593	3,671	506	463,289	607,136	99,470	14,990	2,097
2015	115,076	131,242	22,339	4,040	509	578,365	738,378	121,809	19,030	2,606
2016	115,966	128,507	21,911	3,853	509	694,331	866,885	143,719	22,883	3,115
2017	120,017	123,568	21,123	3,757	510	814,347	990,453	164,842	26,640	3,625
2018	108,015	104,823	17,893	4,318	510	922,362	1,095,276	182,735	30,958	4,135
2019	97,213	78,403	13,752	4,453	494	1,019,576	1,173,678	196,487	35,411	4,630
2020	87,492	63,541	10,511	4,144	497	1,107,068	1,237,220	206,998	39,555	5,126
2021	80,654	37,684	6,184	5,984	496	1,187,722	1,274,904	213,182	45,539	5,622
2022	70,869	35,340	5,654	6,206	493	1,258,590	1,310,244	218,836	51,745	6,115
2023	63,782	34,062	5,308	6,440	492	1,322,372	1,344,306	224,144	58,184	6,607
						45.0%	45.8%	7.6%	2.0%	0.2%

Keterangan: Data primer terlaporkan [TABEL Target Pelaporan-Balangan 2024.xlsx](#) , dengan satuan desimal menunjukkan ribuan.

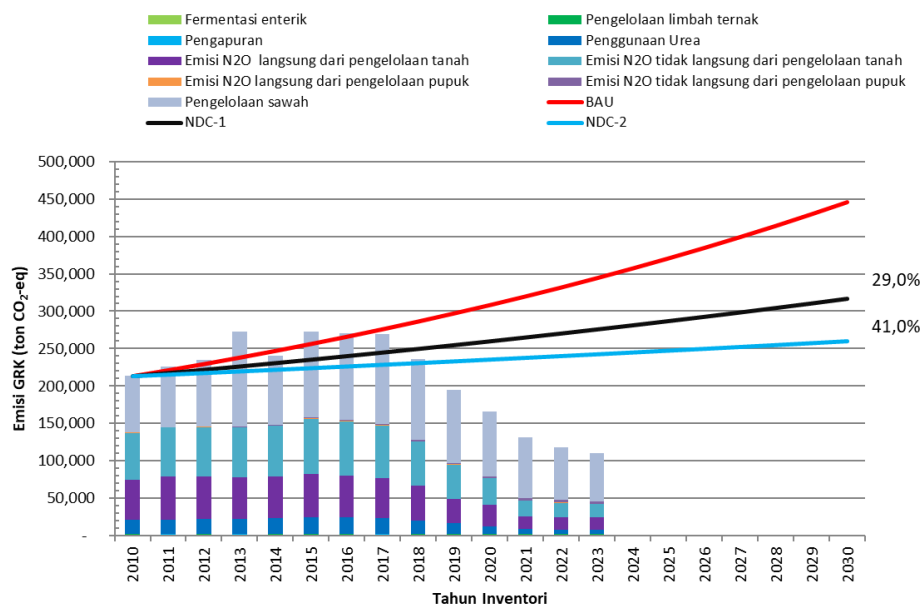
Tabel 3.5 melaporkan emisi GRK sektor pertanian di Kabupaten Balangan dalam tahunan dan kumulatifnya 2010 - 2023. Emisi GRK kumulatif sektor pertanian berkontribusi sebesar 2.936.876 ton CO₂-eq. Sub sektornnya terdiri dari kegiatan sawah kumulatifnya 1.322.372 ton CO₂-eq (45,0%), pengelolaan tanah kumulatifnya 1.344.306 ton CO₂-eq (45,8%), pemakaian Urea kumulatifnya 224.144 ton CO₂-eq (7,6%), peternakan kumulatifnya 58.184 ton CO₂-eq (2,0%), dan penggunaan kapur kumulatifnya 6.607 ton CO₂-eq (0,2%).

3.3.2. Proyeksi Emisi GRK

Emisi GRK sektor pertanian yang akan diproyeksikan hingga tahun 2030 dibuat dalam tiga skenario. Skenario pertama adalah kondisi *business as usual* (BAU), yaitu kondisi di mana tidak terdapat aksi mitigasi selain aksi mitigasi yang telah berjalan sebelumnya. Skenario kedua (NDC-1) Indonesia berkomitmen melakukan penurunan emisi GRK sebesar 29% tanpa syarat (dengan usaha sendiri), serta skenario ketiga (NDC-2) dengan penurunan emisi GRK sebesar 41% bersyarat (dengan dukungan internasional yang memadai) pada tahun 2030. Tahun dasar diasumsikan tahun 2010, yaitu tahun setelahnya dimulai atau diperhitungkan sebagai tahun aksi mitigasi.

Proyeksi aksi mitigasi kegiatan sektor pertanian dilakukan secara normatif dengan mempertimbangkan beberapa kebijakan nasional dan daerah terkait kegiatan pertanian. Beberapa kegiatan aksi mitigasi, yang dikondisikan untuk menghitung besaran emisi GRK di masa depan antara lain:

1. Penerapan teknologi budidaya tanaman (SLPTT, STI, Varietas Rendah Emisi)
2. Mitigasi emisi CH₄ dari pengelolaan lahan sawah melalui pengaturan rezim air dan varietas padi
3. Pemanfaatan pupuk organik dan biopestisida (UPPO)
4. Pemanfaatan kotoran/urin ternak dan limbah pertanian untuk biogas (BATAMAS)
5. Perbaikan kualitas pakan,
6. Pemupukan berimbang
7. Pengelolaan muka air tanah (MAT) lahan gambut



Gambar 3. 9. Historis dan proyeksi emisi GRK sektor pertanian skenario BAU, NDC-1 dan NDC-2 selama periode 2010 - 2030 di Kabupaten Balangan

Gambar 3.9 menunjukkan emisi historis dan proyeksinya dengan skenario BAU NDC-1 dan NDC-2 hingga tahun 2030. Tingkat emisi GRK sektor pertanian pada tahun 2030 diproyeksikan BAU mencapai 445.404 ton CO₂-eq dan dengan adanya upaya mitigasi yang telah dijelaskan, tingkat emisi GRK sektor pertanian pada tahun 2030 diproyeksikan mencapai 316.953 ton CO₂-eq pada NDC1 29% dan 260.267 ton CO₂-eq pada NDC2 41%. Pada tahun 2023 tingkat emisi GRK sektor pertanian dalam kondisi BAU mencapai 344.221 ton CO₂-eq, sedangkan realisasinya sebesar 110.084 ton CO₂-eq yang berarti sudah terjadi penurunan emisi GRK sebesar 68,0% dari BAU.

Proyeksi penurunan emisi GRK dari kegiatan sektor pertanian digambarkan pada Tabel 3.6. Realisasi penurunan emisi GRK sektor pertanian pada tahun 2023 mencapai 68,0% lebih tinggi daripada yang ditargetkan pada NDC1 dan NDC2 masing-masing 19,8% dan 29,5%. Realisasi dan target penurunan emisi GRK dari kegiatan sektor pertanian selama periode 2011 – 2023 ditunjukkan pada Tabel 3.6. Mempertimbangan perbandingan antara tingkat capaian dan target, maka target penurunan emisi GRK dari sektor pertanian hingga tahun 2030 dapat tercapai dengan margin $\pm 1,5\%$.

Tabel 3. 6. Perubahan emisi GRK historis 2011 - 2023, dan target penurunannya dari sektor pertanian di Kabupaten Balangan hingga tahun 2030

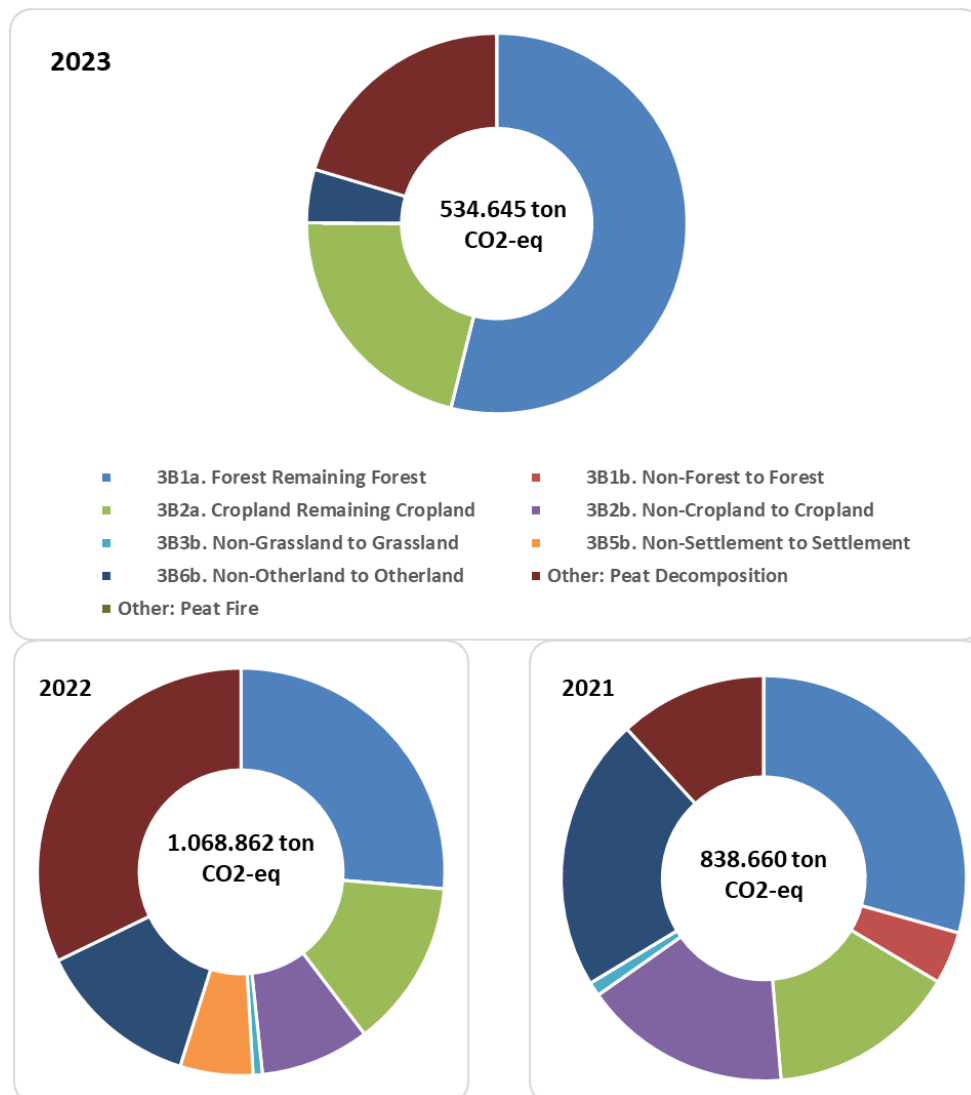
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Historis (ton CO ₂ -eq)	226,204	234,598	272,572	240,308	273,205	270,746	268,975	235,559	194,315	166,185
BAU (ton CO ₂ -eq)	221,299	229,598	238,208	247,141	256,409	266,024	276,000	286,350	297,088	308,229
NDC-1 (ton CO ₂ -eq)	217,567	221,918	226,356	230,883	235,501	240,211	245,015	249,916	254,914	260,012
NDC-2 (ton CO ₂ -eq)	215,434	217,588	219,764	221,961	224,181	226,423	228,687	230,974	233,284	235,617
Target NDC-1	-1.7%	-3.3%	-5.0%	-6.6%	-8.2%	-9.7%	-11.2%	-12.7%	-14.2%	-15.6%
Target NDC-2	-2.7%	-5.2%	-7.7%	-10.2%	-12.6%	-14.9%	-17.1%	-19.3%	-21.5%	-23.6%
Realisasi	2.2%	2.2%	14.4%	-2.8%	6.6%	1.8%	-2.5%	-17.7%	-34.6%	-46.1%
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Historis (ton CO ₂ -eq)	131,002	118,561	110,084							
BAU (ton CO ₂ -eq)	319,787	331,779	344,221	357,129	370,522	384,416	398,832	413,788	429,305	445,404
NDC-1 (ton CO ₂ -eq)	265,212	270,517	275,927	281,446	287,075	292,816	298,672	304,646	310,739	316,953
NDC-2 (ton CO ₂ -eq)	237,973	240,352	242,756	245,184	247,635	250,112	252,613	255,139	257,690	260,267
Target NDC-1	-17.1%	-18.5%	-19.8%	-21.2%	-22.5%	-23.8%	-25.1%	-26.4%	-27.6%	-28.8%
Target NDC-2	-25.6%	-27.6%	-29.5%	-31.3%	-33.2%	-34.9%	-36.7%	-38.3%	-40.0%	-41.6%
Realisasi	-59.0%	-64.3%	-68.0%							

3.4. Profil Emisi GRK Sektor Kehutanan

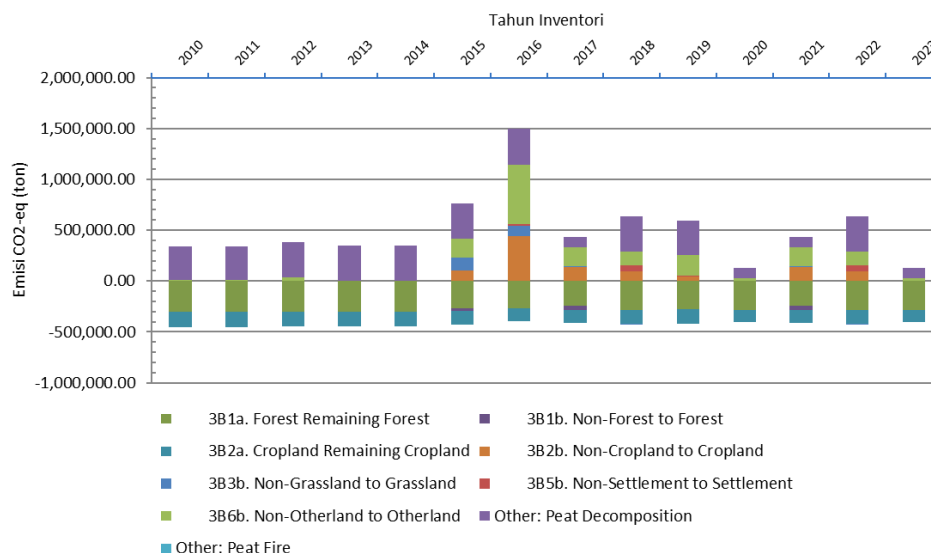
3.4.1. Hasil Inventarisasi GRK Kehutanan dan Lahan Gambut

Inventarisasi GRK Kabupaten Balangan pada sektor kehutanan dan lahan dibedakan menjadi yang pada lahan mineral dan lahan gambut. Pada lahan gambut, emisi dan serapan GRK tidak hanya bersumber pada pertumbuhan tutupan lahan dan perubahan pemanfaatan lahan, tetapi juga bersumber pada proses dekomposisi gambut. Tingkat emisi dan serapan GRK di Kabupaten Balangan pada tahun 2023 dari kegiatan kehutanan dan lahan gambut (tutupan lahan) menghasilkan emisi dan serapan absolut GRK sebesar 534.645 ton CO₂-eq (Gambar 3.10).

Emisi absolut diperoleh dari serapan dan emisi GRK akibat perubahan tutupan lahan dan dekomposisi gambut. Serapan GRK bersumber dari pertumbuhan biomassa hutan (*FL to FL*) dan pertumbuhan agrokomplek (*CL to CL*) masing-masing menghasilkan serapan sebesar 288.100 dan 113.184 ton CO₂-eq. Sedangkan emisi GRK terutama bersumber dari perubahan dekomposisi gambut sebesar 109.066 ton CO₂-eq dan perubahan lahan ke lahan lainnya (*NL to OL*) 24.264 ton CO₂-eq. Pembanding tingkat emisi dan serapan GRK juga diberikan pada tahun 2021 dan 2022 masing-masing absolut emisi-serapan 838.660 dan 1.068.862 ton CO₂-eq.



Gambar 3. 10. Tingkat emisi dan serapan GRK perubahan tutupan lahan pada tahun 2023 dan pembandingnya pada tahun 2021 dan 2022 di Kabupaten Balangan



Gambar 3. 11. Tingkat dan status emisi dan serapan GRK perubahan tutupan lahan selama periode 2010 – 2023 di Kabupaten Balangan

Gambar 3.11 menunjukkan status (kecenderungan) emisi dan serapan GRK sektor kehutanan dan lahan selama tahun 2010 –2023 di Kabupaten Balangan. Status emisi GRK selama periode 2010 – 2023 akibat perubahan tutupan lahan ialah berfluktuasi. Pada fase 2010–2014, cenderung terjadi netto serapan GRK, sementara pada fase 2015 – 2019 trennya netto emisi. Secara khusus pada tahun 2015 – 2016 terjadi emisi sangat tinggi pada perubahan lahan non-agrokomplek ke lahan agrokomplek (*NL to CL*) dan perubahan lahan ke lahan lainnya. Secara keseluruhan dengan mempertimbangkan pola perubahan tutupan lahan yang ada, selama 5 tahun terakhir telah terjadi perbaikan tutupan lahan sehingga emisi C berkurang. Kecenderungan ini digunakan untuk memproyeksikan perubahan emisi dan serapan GRK akibat perubahan tutupan lahan di masa yang akan datang. Berdasarkan hasil perhitungan kumulatif selama 2010 – 2023 (Tabel 3.7), maka kategori kunci perubahan lahan adalah pertumbuhan biomassa hutan (*FL to FL*) dan (*NF to FL*) 32,6%, dekomposisi lahan gambut 31,0%, perubahan agrokomplek (*CL to CL*) dan (*NC to CL*) 23,9%), perubahan ke lahan lainnya (*NL to OL*) 13,8%, dan sisanya perubahan lahan lainnya ke lahan rawa (*OL to GL*) 2,2% dan perubahan lahan lainnya ke perumahan (*OL to SL*) 1,3%.

Tabel 3. 7. Emisi GRK sektor tutupan lahan tahunan dan kumulatif di Kabupaten Balangan tahun 2010 - 2023

Tahunan ton CO2-eq								
	3B1a	3B1b	3B2a	3B2b	3B3b	3B5b	3B6b	t Decomposi
2010	303,598	-	147,012	-	-	-	13,126	328,369
2011	303,598	-	147,012	-	-	-	13,126	328,369
2012	300,589	-	147,012	-	-	-	37,050	347,619
2013	300,589	-	147,012	-	-	-	-	347,619
2014	300,445	-	147,008	-	4,326	489	-	347,619
2015	266,480	23,784	137,209	106,655	125,688	222	180,314	347,684
2016	265,751	-	131,507	438,059	102,129	22,967	580,267	354,921
2017	246,197	35,074	126,642	139,138	9,430	-	183,214	98,965
2018	281,410	-	142,452	92,675	7,955	61,689	138,722	343,960
2019	279,620	-	138,337	46,316	1,850	9,102	199,515	333,498
2020	288,100	-	113,185	-	-	-	24,294	109,066
2021	246,197	35,074	126,642	139,138	9,430	-	183,214	98,965
2022	281,410	-	142,452	92,675	7,955	61,689	138,722	343,960
2023	288,100	-	113,185	-	-	-	24,294	109,066

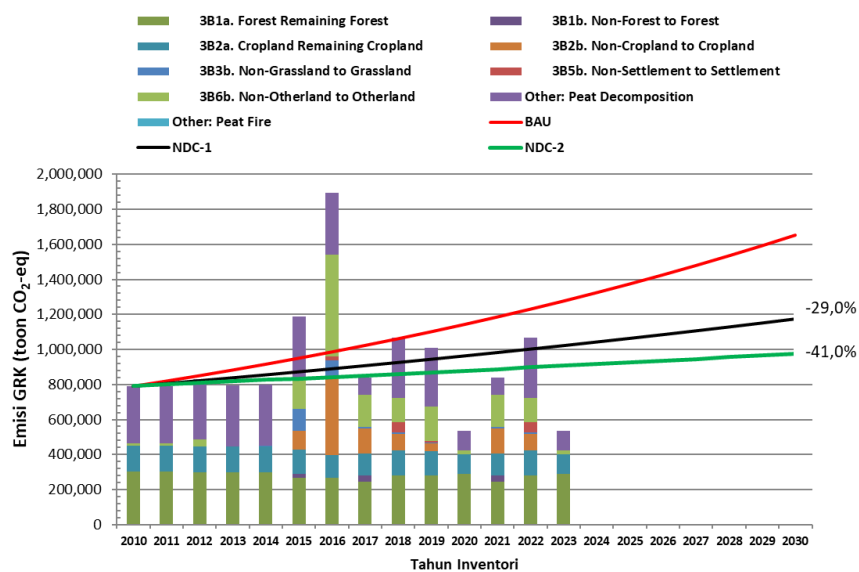
Kumulatif ton CO2-eq								
3B1a	3B1b	3B2a	3B2b	3B3b	3B5b	3B6b	t Decomposi	
303,598	-	147,012	-	-	-	13,126	328,369	
607,197	-	294,025	-	-	-	26,252	656,738	
907,786	-	441,037	-	-	-	63,302	1,004,357	
1,208,374	-	588,050	-	-	-	63,302	1,351,976	
1,508,820	-	735,058	-	4,326	489	63,302	1,699,596	
1,775,300	23,784	872,267	106,655	130,014	710	243,616	2,047,280	
2,041,051	23,784	1,003,774	544,714	232,143	23,678	823,884	2,402,201	
2,287,248	58,858	1,130,416	683,852	241,573	23,678	1,007,098	2,501,166	
2,568,658	58,858	1,272,868	776,527	249,528	85,367	1,145,820	2,845,126	
2,848,278	58,858	1,411,205	822,843	251,378	94,469	1,345,335	3,178,624	
3,136,378	58,858	1,524,390	822,843	251,378	94,469	1,369,629	3,287,690	
3,382,575	93,931	1,651,032	961,981	260,807	94,469	1,552,843	3,386,655	
3,663,985	93,931	1,793,484	1,054,656	268,762	156,158	1,691,565	3,730,615	
3,952,085	93,931	1,906,668	1,054,656	268,762	156,158	1,715,860	3,839,682	
31.9%	0.8%	15.4%	8.5%	2.2%	1.3%	13.8%	31.0%	

3.4.2. Proyeksi Emisi GRK

Proyeksi penurunan emisi GRK di Kabupaten Balangan dari perubahan tutupan lahan ditunjukkan pada Gambar 3.12. Rencana aksi/kegiatan yang dilakukan sektor kehutanan setelah tahun 2014 mengacu kepada skenario aksi/kegiatan mitigasi dalam upaya pengurangan emisi GRK dan/atau peningkatan serapan GRK sektor kehutanan sebagai strategi pencapaian target NDC1 dan NDC2, yaitu meliputi:

1. Penurunan deforestasi
2. Penurunan degradasi hutan
3. Pengelolaan hutan lestari (SFM)

- a. Penerapan teknik Reduce Impact Logging (RIL)
 - b. Penerapan teknik pengelolaan hutan lestari
 - c. Permudaan alami
 - d. Penerapan hutan kota
4. Peningkatan cadangan karbon
 - a. Rehabilitasi lahan
 - b. Penanaman pengayaan (enrichment planting)
 - c. Penanaman hutan tanaman



Gambar 3. 12. Historis dan proyeksi emisi GRK perubahan tutupan lahan hingga 2030 di Kabupaten Balangan

Skenario BAU memproyeksikan absolut emisi dan serapan sebesar 1.654.038 ton CO₂-eq, sedangkan skenario NDC-1 dan NDC-2 diproyeksi sebesar 1.173.571 dan 975.748 ton CO₂-eq pada tahun 2030. Status penurunan emisi GRK pada perubahan tutupan lahan selama periode 2011 – 2023 ditunjukkan pada Tabel 3.8.

Tabel 3. 8. Perubahan emisi GRK historis 2011 - 2023, dan target penurunannya dari sektor tutupan lahan di Kabupaten Balangan hingga tahun 2030

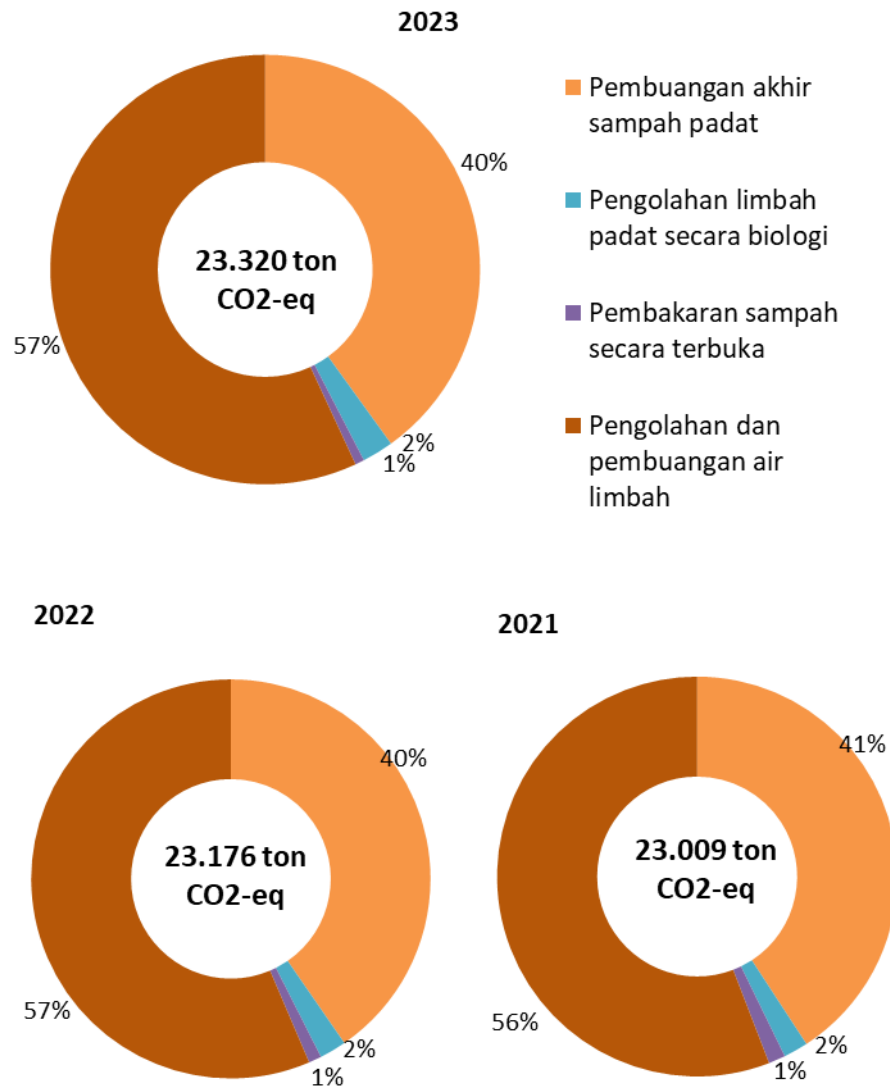
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Historis (ton CO ₂ -eq)	792,106	832,270	795,220	799,887	1,188,036	1,895,601	838,660	1,068,862	1,008,239	534,645
BAU (ton CO ₂ -eq)	821,810	852,628	884,601	917,774	952,190	987,898	1,024,944	1,063,379	1,103,256	1,144,628
NDC-1 (ton CO ₂ -eq)	807,829	823,865	840,218	856,897	873,906	891,253	908,945	926,987	945,388	964,154
NDC-2 (ton CO ₂ -eq)	800,407	808,796	817,272	825,837	834,491	843,237	852,074	861,004	870,027	879,145
Target NDC-1	1.7%	3.4%	5.0%	6.6%	8.2%	9.8%	11.3%	12.8%	85.7%	-15.8%
Target NDC-2	2.6%	5.1%	7.6%	10.0%	12.4%	14.6%	16.9%	19.0%	78.9%	-23.2%
Realisasi	-96.4%	-97.6%	-89.9%	-87.2%	-124.8%	-191.9%	-81.8%	-100.5%	-8.6%	-53.3%
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Historis (ton CO ₂ -eq)	838,660	1,068,862	534,645							
BAU (ton CO ₂ -eq)	1,187,552	1,232,085	1,278,288	1,326,224	1,375,957	1,427,555	1,481,089	1,536,630	1,594,253	1,654,038
NDC-1 (ton CO ₂ -eq)	983,292	1,002,811	1,022,716	1,043,017	1,063,721	1,084,836	1,106,370	1,128,331	1,150,729	1,173,571
NDC-2 (ton CO ₂ -eq)	888,358	897,668	907,076	916,582	926,188	935,894	945,703	955,614	965,628	975,748
Target NDC-1	-17.2%	-18.6%	-20.0%	-21.4%	-22.7%	-24.0%	-25.3%	-26.6%	-27.8%	-29.0%
Target NDC-2	-25.2%	-27.1%	-29.0%	-30.9%	-32.7%	-34.4%	-36.1%	-37.8%	-39.4%	-41.0%
Realisasi	-29.4%	-13.2%	-58.2%							

3.5. Profil Emisi Sektor Limbah

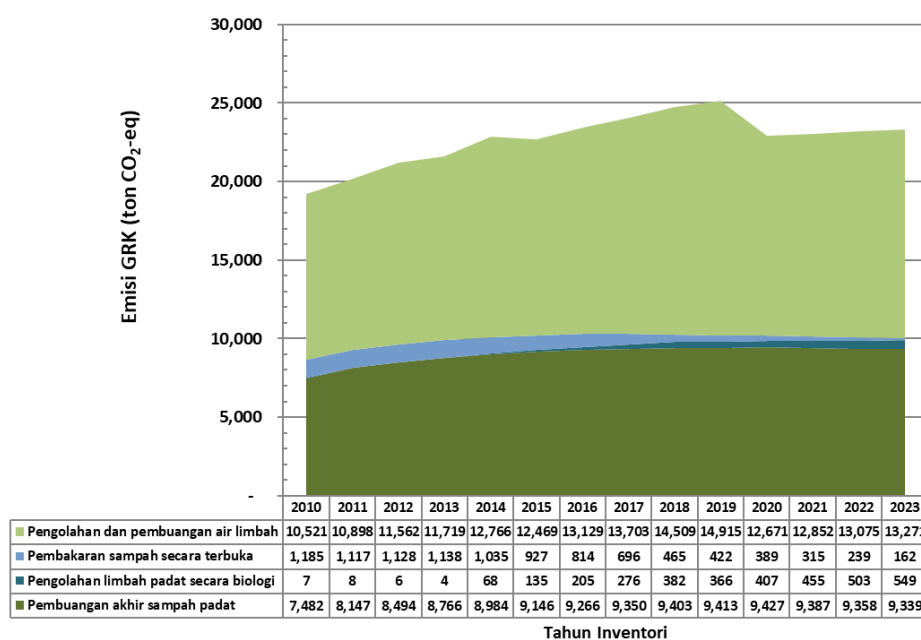
3.5.1. Emisi GRK Saat Ini

Pengelolaan limbah terdiri atas limbah domestik dan limbah industri. Limbah domestik terdiri limbah padat domestik dan limbah cair domestik. Limbah industri ada yang dalam bentuk padat dan cair. Inventarisasi GRK sektor limbah di Kabupaten Balangan dilaporkan untuk limbah padat domestik dan limbah cair domestik. Sementara itu berkaitan dengan kegiatan inventarisasi emisi GRK dari pengelolaan limbah padat domestik, ada tiga tipe pengelolaan yang secara signifikan menyumbang emisi GRK (IPCC, 2006; KLH, 2012d), yaitu TPA, pengomposan, dan pembakaran. Gambar 3.13 menunjukkan tingkat emisi GRK tahun 2023 dari ketiga tipe pengelolaan limbah padat dan pengelolaan limbah cair domestik.

Tingkat emisi GRK dari pengelolaan limbah domestik tahun 2023 mencapai 23.320 ton CO₂-eq yang terdiri dari pengelolaan limbah padat domestik dan pengelolaan limbah cair domestik masing-masing 10.050 ton CO₂-eq (43,1%) dan 13.271 ton CO₂-eq (56,9%). Pada limbah domestik padat yang terdiri pengelolaan TPA sebesar 9.339 ton CO₂-eq, pembakaran terbuka sebesar 162 ton CO₂-eq, dan pengomposan 549 ton CO₂-eq. Tingkat emisi GRK sektor limbah domestik juga ditujukan pada tahun 2021 dan 2022, yang masing-masing sebesar 23.009 dan 23.176 ton CO₂-eq (Gambar 3.13).



Gambar 3. 13. Tingkat emisi GRK tahun 2023 dan tahun sebelumnya 2021-2022 dari sektor pengelolaan limbah di Kabupaten Balangan



Gambar 3. 14. Tingkat dan status emisi GRK dari kegiatan pengelolaan limbah selama tahun 2010–2023 di Kabupaten Balangan

Tingkat dan status emisi GRK dari kegiatan pengelolaan limbah selama periode 2010–2023 ditunjukkan pada Gambar 3.14. Selama tahun 2010 – 2019 sektor limbah meningkat rata-rata 3,1% per tahun, namun laju peningkatan emisi GRK sektor limbah menurun selama 2019 – 2023 dengan rata-rata 1,7% per tahun. Penurunan ini berkaitan dengan adanya upaya perbaikan pengelolaan limbah padat di TPA selama tahun 2019 – 2023 menurun rerata 0,2%, sementara sebelumnya selama 2010 – 2019 di TPA meningkat rerata 2,6%. Sampah yang dibakar langsung menurun selama 2010 – 2023 rerata 13,5%.

Tabel 3. 9. Emisi GRK sektor limbah tahunan dan kumulatif di Kabupaten Balangan tahun 2010 - 2023

	Tahunan ton CO ₂ -eq					Kumulatif ton CO ₂ -eq				
	TPA	Kompos	Terbakat	Cair	TOTAL	TPA	Kompos	Terbakat	Cair	TOTAL
2010	7,482	7	1,185	10,521	19,195	15,201	13	8,254	19,943	43,411
2011	8,147	8	1,117	10,898	20,171	23,348	21	9,371	30,841	63,581
2012	8,494	6	1,128	11,562	21,189	31,842	27	10,499	42,403	84,771
2013	8,766	4	1,138	11,719	21,627	40,609	31	11,637	54,122	106,398
2014	8,984	68	1,035	12,766	22,853	49,592	99	12,672	66,888	129,251
2015	9,146	135	927	12,469	22,678	58,739	235	13,599	79,357	151,929
2016	9,266	205	814	13,129	23,414	68,005	439	14,413	92,486	175,343
2017	9,350	276	696	13,703	24,026	77,355	715	15,109	106,189	199,369
2018	9,403	382	465	14,509	24,759	86,759	1,098	15,574	120,698	224,128
2019	9,413	366	422	14,915	25,117	96,172	1,463	15,996	135,613	249,244
2020	9,427	407	389	12,671	22,894	105,599	1,870	16,385	148,284	272,138
2021	9,387	455	315	12,852	23,009	114,986	2,325	16,700	161,136	295,147
2022	9,358	503	239	13,075	23,176	124,344	2,828	16,939	174,211	318,322
2023	9,339	549	162	13,271	23,320	133,683	3,377	17,101	187,482	341,643
						39.1%	1.0%	5.0%	54.9%	

Tabel 3.9 melaporkan emisi GRK sektor limbah domestik di Kabupaten Balangan dalam tahunan dan kumulatifnya 2010 - 2023. Emisi GRK kumulatif sektor limbah domestik berkontribusi sebesar 341.643 ton CO₂-eq. Sub sektornya terdiri dari kegiatan TPA kumulatifnya 133.683 ton CO₂-eq (39,1%), pengomposan kumulatifnya 3.377 ton CO₂-eq (1,0%), bakar langsung kumulatifnya 17.101 ton CO₂-eq (5,0%), dan limbah cair domestik kumulatifnya 187.482 ton CO₂-eq (54,9%). Limbah cair domestik memiliki potensi sangat signifikan jika dapat dikelola dengan baik.

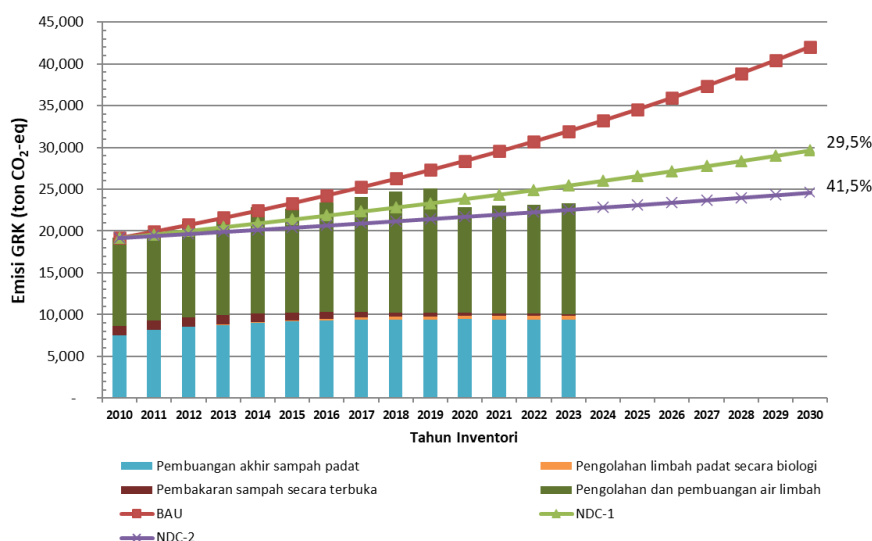
3.5.2. Proyeksi Emisi GRK

Emisi GRK sub sektor limbah domestik yang akan diproyeksikan hingga tahun 2030 dibuat dalam tiga skenario. Skenario pertama adalah kondisi business as usual (BAU), yaitu kondisi di mana tidak terdapat aksi mitigasi selain aksi mitigasi yang telah berjalan sebelumnya. Skenario kedua (NDC-1) Indonesia berkomitmen melakukan penurunan emisi GRK sebesar 29% tanpa syarat (dengan usaha sendiri), serta skenario ketiga (NDC-2) dengan penurunan emisi GRK sebesar 41% bersyarat (dengan dukungan internasional yang memadai) pada tahun 2030. Tahun dasar diasumsikan tahun 2010, yaitu tahun setelahnya dimulai atau diperhitungkan sebagai tahun aksi mitigasi.

Proyeksi besaran kegiatan sub sektor limbah domestik pada skenario BAU telah dijelaskan sebelumnya pada bagian metodologi. Proyeksi aksi mitigasi kegiatan sektor limbah dilakukan secara normatif dengan mempertimbangkan beberapa kebijakan nasional dan daerah terkait kegiatan pengelolaan limbah. Beberapa kegiatan aksi mitigasi, yang dikondisikan untuk menghitung besaran emisi GRK di masa depan antara lain:

1. Limbah padat domestik:
 - Pengomposan
 - 3R kertas
 - Pemanfaatan PLT Sampah
2. Limbah cair domestik:
 - Penggunaan IPAL Terpadu
 - Penggunaan Biodigester
 - Penggunaan IPAL (Statistik)
3. Perbaikan sanitasi pengelolaan limbah cair domestik melalui pengembangan

septic tank komunal dan IPAL komunal sehingga dapat melayani pada tahun 2030.



Gambar 3.15. Histori dan proyeksi emisi GRK sektor limbah skenario BAU dan Mitigasi selama periode 2010 - 2030 di Kabupaten Balangan

Jika menggunakan skenario BAU, maka tingkat emisi GRK tahun 2030 dari pengelolaan limbah domestik mencapai 42.058 ton CO₂-eq dan kumulatif 2010 – 2030 berpotensi 341.643 ton CO₂-eq. Seperti ditunjukkan sebelumnya bahwa tingkat emisi GRK historis dari pengelolaan limbah domestik pada tahun 2023 mencapai 23.320 ton CO₂-eq. Jika menggunakan skenario BAU, maka tingkat emisi GRK tahun 2023 mencapai 31.960 ton CO₂-eq. Hal ini berarti ada penurunan emisi GRK sebesar 27,0% pada tahun 2023 (Gambar 3.15) melampaui NDC-1 20,3% tetapi kurang dari NDC-2 29,4%. Proyeksi penurunan emisi GRK dari pengelolaan limbah domestik ditunjukkan pada Tabel 3.10.

Tabel 3.10. Perubahan emisi GRK historis 2011 - 2023, dan target penurunannya dari pengelolaan limbah di Kabupaten Balangan hingga tahun 2030

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Historis (ton CO ₂ -eq)	20,171	21,189	21,627	22,853	22,678	23,414	24,026	24,759	25,117	22,894
BAU (ton CO ₂ -eq)	19,962	20,761	21,591	22,455	23,353	24,287	25,259	26,269	27,320	28,413
NDC-1 (ton CO ₂ -eq)	19,617	20,048	20,489	20,940	21,401	21,872	22,353	22,845	23,347	23,861
NDC-2 (ton CO ₂ -eq)	19,434	19,677	19,923	20,172	20,425	20,680	20,938	21,200	21,465	21,733
Target NDC-1	-1.7%	-3.4%	-5.1%	-6.7%	-8.4%	-9.9%	-11.5%	-13.0%	-14.5%	-16.0%
Target NDC-2	-2.6%	-5.2%	-7.7%	-10.2%	-12.5%	-14.9%	-17.1%	-19.3%	-21.4%	-23.5%
Realisasi	1.0%	2.1%	0.2%	1.8%	-2.9%	-3.6%	-4.9%	-5.7%	-8.1%	-19.4%
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Historis (ton CO ₂ -eq)	23,009	23,176	23,320							
BAU (ton CO ₂ -eq)	29,549	30,731	31,960	33,239	34,568	35,951	37,389	38,885	40,440	42,058
NDC-1 (ton CO ₂ -eq)	24,386	24,922	25,471	26,031	26,604	27,189	27,787	28,398	29,023	29,662
NDC-2 (ton CO ₂ -eq)	22,005	22,280	22,559	22,841	23,126	23,415	23,708	24,004	24,304	24,608
Target NDC-1	-17.5%	-18.9%	-20.3%	-21.7%	-23.0%	-24.4%	-25.7%	-27.0%	-28.2%	-29.5%
Target NDC-2	-25.5%	-27.5%	-29.4%	-31.3%	-33.1%	-34.9%	-36.6%	-38.3%	-39.9%	-41.5%
Realisasi	-22.1%	-24.6%	-27.0%							

4. ANALISIS KETIDAKPASTIAN & KATEGORI KUNCI

4.1. Analisis Ketidakpastian

Ketidakpastian (*uncertainty*) adalah komponen penting inventarisasi GRK. Kegunaannya adalah untuk membantu meningkatkan akurasi inventarisasi seiring berjalannya waktu dengan memandu keputusan pilihan metodologis dan prioritas penyempurnaan hasil inventarisasi. Ketidakpastian estimasi tidak digunakan untuk mempertanyakan validitas estimasi emisi dalam inventarisasi GRK. Penilaian tersebut dilakukan melalui kajian proses penilaian teknis. Estimasi dan komunikasi ketidakpastian harus bisa dipertahankan baik secara praktis maupun ilmiah. Misalnya, pendekatan praktis mengakui bahwa menghasilkan estimasi ketidakpastian kuantitatif akan bergantung pada ketidakpastian yang terkuantifikasi secara statistik selain juga penilaian pakar.

Mengidentifikasi sumber ketidakpastian adalah langkah pertama estimasi ketidakpastian. Sumber ini biasanya terpilah menjadi ketidakpastian terkait emisi dan serapan (misal biomassa awal, pertumbuhan, peralihan, dan kecepatan dekomposisi) dan ketidakpastian terkait data aktivitas (yakni area tempat emisi terjadi). Kerangka kerja INCAS (*Indonesian National Carbon Accounting System*) dirancang untuk menggunakan data terbaik yang tersedia untuk tiap masukan. INCAS adalah pendekatan sistematis dalam Mengukur, Melaporkan dan Verifikasi (MRV) emisi GRK, termasuk aktivitas REDD+. INCAS juga dirancang untuk mendukung Indonesia memenuhi persyaratan lebih luas Konvensi Kerangka Kerja Perubahan Iklim PBB (UNFCCC). Termasuk pula pelaporan GRK untuk sektor Pertanian, Kehutanan dan Pemanfaatan Lahan Lain (AFOLU), serta melacak kemajuan pencapaian target reduksi emisi nasional. Segala upaya telah dilakukan untuk mengurangi ketidakpastian tiap variabel masukan dan langkah pemodelan melalui proses pengendalian mutu dan penjaminan mutu.

Penyelenggaraan inventarisasi GRK tahun 2023 di Kabupaten Balangan telah menggunakan beberapa asumsi. Penggunaan asumsi tidak dapat dihindari karena diperlukan dalam membangkit data atau membuat data yang tidak tersedia dari jenis

data lain yang tersedia, menentukan batas wilayah yang dapat diwakili oleh data yang digunakan dalam inventarisasi GRK (misalnya satu nilai faktor emisi dianggap dapat mewakili seluruh wilayah dan seluruh kurun waktu inventarisasi), pemilihan metode dan lain-lain. Ketidakpastian hasil inventarisasi GRK bersumber pada kuantitas dan kualitas data aktivitas dan model emisi atau serapan GRK yang digunakan.

4.2. Analisis Kategori Kunci

Kategori kunci merupakan sumber/roset yang menjadi prioritas dalam sistem inventarisasi GRK karena memiliki besar emisi/serapan berpengaruh signifikan terhadap keseluruhan inventarisasi baik dari nilai absolut, tren, dan tingkat ketidakpastian. Kementerian Lingkungan Hidup (2011) mensitasi IPCC (2006) membagi kategori utama dalam inventarisasi GRK menjadi 4 kategori yaitu: penggunaan dan produksi energi, proses industri dan penggunaan produk (IPPU), pertanian, kehutanan dan penggunaan lahan (AFOLU) dan pengelolaan limbah. Keempat kategori tersebut akan memunculkan intensitas berbeda terhadap keseluruhan emisi maupun pada sektor-sektor di dalamnya tergantung pada karakteristik wilayah kabupaten/kota, provinsi, dan nasional.

Analisis kategori kunci (*key category analysis*) yang dilakukan terhadap sub kategori berdasarkan IPCC 2006, diperoleh hasil sebagaimana Tabel 4.1. Terdapat 7 sub kategori emisi/serapan yang menjadi kunci utama kumulatif hingga 95% dari total emisi dan serapan GRK di Kabupaten Balangan pada tahun 2023. Kategori energi terdiri atas 3 sub kategori, pertanian 1 sub kategori, dan kehutanan dan penggunaan lahan (FOLU) dengan 3 sub kategori.

Tabel 4. 1. Analisis Kategori Kunci tahun 2023 yang dapat berkontribusi emisi dan serapan GRK di Kabupaten Balangan

No.	Sektor	Source Category	Total Absolute	Assessment include LULUCF (%)	Cumulative include LULUCF (%)
1	ENERGY	Lain Lain	2,799,711.31	76.0%	76.0%
2	FORESTRY	3B1a. Forest Remaining Forest	288,100.27	7.8%	83.9%
3	ENERGY	Komersial dan Institusi	121,515.28	3.3%	87.2%
4	FORESTRY	3B2a. Cropland Remaining Cropland	113,184.63	3.1%	90.2%
5	FORESTRY	Other: Peat Decomposition	109,066.10	3.0%	93.2%
6	ENERGY	Transportasi	67,431.93	1.8%	95.0%
7	AGRICULTURE	Pengelolaan sawah	63,781.70	1.7%	96.7%
8	FORESTRY	3B6b. Non-Otherland to Otherland	24,294.09	0.7%	97.4%
9	ENERGY	Industri	18,559.13	0.5%	97.9%
10	AGRICULTURE	Emisi N2O tidak langsung dari pengelolaan tanah	17,524.21	0.5%	98.4%
11	AGRICULTURE	Emisi N2O langsung dari pengelolaan tanah	16,537.85	0.4%	98.8%
12	WASTE	Pengolahan dan pembuangan air limbah	13,270.51	0.4%	99.2%
13	WASTE	Pembuangan akhir sampah padat	9,339.27	0.3%	99.5%
14	ENERGY	Residensi	7,225.43	0.2%	99.6%
15	AGRICULTURE	Penggunaan Urea	5,308.02	0.1%	99.8%
16	AGRICULTURE	Emisi N2O tidak langsung dari pengelolaan pupuk	3,556.13	0.1%	99.9%
17	AGRICULTURE	Fermentasi enterik	1,246.20	0.0%	99.9%
18	AGRICULTURE	Emisi N2O langsung dari pengelolaan pupuk	823.68	0.0%	99.9%
19	AGRICULTURE	Pengelolaan limbah ternak	813.81	0.0%	100.0%
20	WASTE	Pengolahan limbah padat secara biologi	548.76	0.0%	100.0%
21	AGRICULTURE	Pengapuran	492.04	0.0%	100.0%
22	WASTE	Pembakaran sampah secara terbuka	161.60	0.0%	100.0%
23	FORESTRY	3B1b. Non-Forest to Forest	0.00	0.0%	100.0%
24	FORESTRY	3B2b. Non-Cropland to Cropland	0.00	0.0%	100.0%
25	FORESTRY	3B3b. Non-Grassland to Grassland	0.00	0.0%	100.0%
26	FORESTRY	3B5b. Non-Settlement to Settlement	0.00	0.0%	100.0%
Total			3,682,491.96		

Selanjutnya per kategori diuraikan sebagai berikut. Pertama kategori energi GRK di Kabupaten Balangan pada tahun 2023 ialah terdiri dari pemakaian bahan bakar kegiatan lain-lain (pertambangan, konstruksi dan pertanian) pangsanya 92,9%, kegiatan komersial dan institusi pangsanya 4,0%, kegiatan transportasi pangsanya 2,2%, kegiatan industri pangsanya 0,6% dan rumah tangga pangsanya 0,2%. Kategori kunci energi ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2. Analisis kategori kunci sector energi tahun 2023 di Kabupaten Balangan

No.	Sektor	Source Category	Total Absolute	Assessment include LULUCF (%)	Cumulative include LULUCF (%)
10	ENERGY	Lain Lain	2,799,711.31	92.9%	92.9%
11	ENERGY	Komersial dan Institusi	121,515.28	4.0%	96.9%
12	ENERGY	Transportasi	67,431.93	2.2%	99.1%
13	ENERGY	Industri	18,559.13	0.6%	99.8%
14	ENERGY	Residensi	7,225.43	0.2%	100.0%

Kedua kategori sektor kehutanan yang berkontribusi GRK di Kabupaten Balangan pada tahun 2023 ialah terdiri dari menjaga hutan tetap hutan serapan C (53,9%), menjaga lahan pertanian tetap pertanian (21,2%), dekomposisi lahan gambut (20,4%) dan perubahan lahan lainnya 4,5% (seperti perumahan dan kantor).

Tabel 4. 3. Analisis kategori kunci sektor kehutanan tahun 2023 di Kabupaten Balangan

No.	Sektor	Source Category	Total Absolute	Assessment include LULUCF (%)	Cumulative include LULUCF (%)
15	FORESTRY	3B1a. Forest Remaining Forest	288,100.27	53.9%	53.9%
16	FORESTRY	3B2a. Cropland Remaining Cropland	113,184.63	21.2%	75.1%
17	FORESTRY	Other: Peat Decomposition	109,066.10	20.4%	95.5%
18	FORESTRY	3B6b. Non-Otherland to Otherland	24,294.09	4.5%	100.0%
19	FORESTRY	3B1b. Non-Forest to Forest	0.00	0.0%	100.0%
20	FORESTRY	3B2b. Non-Cropland to Cropland	0.00	0.0%	100.0%
21	FORESTRY	3B3b. Non-Grassland to Grassland	0.00	0.0%	100.0%
22	FORESTRY	3B5b. Non-Settlement to Settlement	0.00	0.0%	100.0%

Ketiga kategori sektor pertanian yang berkontribusi GRK di Kabupaten Balangan pada tahun 2023 ialah terdiri dari pengelolaan sawah kontribusinya 57,9,9%, pengolahan langsung dan tidak langsung tanah pertanian 30,9%, penggunaan urea 4,8%, pengelolaan pupuk kandang 3,2% dan pengelolaan ternak 1,8%.

Tabel 4. 4. Analisis kategori kunci sektor pertanian tahun 2023 di Kabupaten Balangan

No.	Sektor	Source Category	Total Absolute	Assessment include LULUCF (%)	Cumulative include LULUCF (%)
1	AGRICULTURE	Pengelolaan sawah	63,781.70	57.9%	57.9%
2	AGRICULTURE	Emisi N2O tidak langsung dari pengelolaan tanah	17,524.21	15.9%	73.9%
3	AGRICULTURE	Emisi N2O langsung dari pengelolaan tanah	16,537.85	15.0%	88.9%
4	AGRICULTURE	Penggunaan Urea	5,308.02	4.8%	93.7%
5	AGRICULTURE	Emisi N2O tidak langsung dari pengelolaan pupuk	3,556.13	3.2%	96.9%
6	AGRICULTURE	Fermentasi enterik	1,246.20	1.1%	98.1%
7	AGRICULTURE	Emisi N2O langsung dari pengelolaan pupuk	823.68	0.7%	98.8%
8	AGRICULTURE	Pengelolaan limbah ternak	813.81	0.7%	99.6%
9	AGRICULTURE	Pengapuran	492.04	0.4%	100.0%

Keempat kategori sektor limbah yang berkontribusi GRK di Kabupaten Balangan pada tahun 2023 ialah terdiri dari limbah cair domestic emisi CH₄ (56,9%), pengelolaan limbah padat TPA emisi CH₄ (40,0%), pengomposan limbah padat domestik (2,4%) dan sisanya pembakaran langsung emisi CO₂ (0,7%).

Tabel 4. 5. Analisis kategori kunci sektor limbah tahun 2023 di Kabupaten Balangan

No.	Sektor	Source Category	Total Absolute	Assessment include LULUCF (%)	Cumulative include LULUCF (%)
23	WASTE	Pengolahan dan pembuangan air limbah	13,270.51	56.9%	56.9%
24	WASTE	Pembuangan akhir sampah padat	9,339.27	40.0%	97.0%
25	WASTE	Pengolahan limbah padat secara biologi	548.76	2.4%	99.3%
26	WASTE	Pembakaran sampah secara terbuka	161.60	0.7%	100.0%

5. PENGENDALIAN & PENJAMINAN MUTU

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.

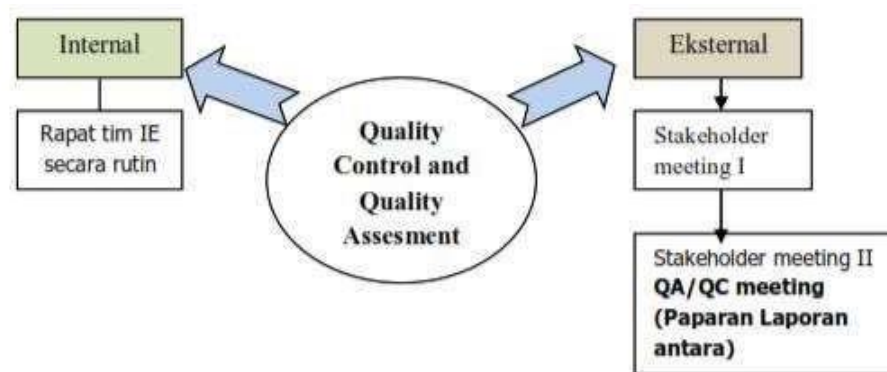
Kegiatan review akan memverifikasi bahwa penyelenggaraan inventarisasi GRK sudah sesuai prosedur dan standar yang berlaku dan menggunakan metode terbaik sesuai dengan perkembangan pengetahuan terkini dan ketersediaan data. Pengendalian dan penjaminan mutu dilakukan untuk memastikan kualitas dua variabel yaitu data aktivitas dan hasil hitungan beban emisi. Pentingnya pengendalian mutu dilakukan sejak pelaksanaan yaitu secara internal. Pengendalian mutu (QC) internal disertakan dalam perencanaan awal inventarisasi meliputi:

- Menyediakan mekanisme pengecekan rutin dan konsisten agar data yang dikumpulkan memiliki integritas, benar dan lengkap;
- Mengidentifikasi dan mengatasi kesalahan dan kehilangan data dan
- Mendokumentasikan dan menyimpan semua data dan informasi untuk IGRK dan mencatat semua aktivitas pengendalian mutu yang dilakukan.

Pengendalian mutu secara internal dilakukan dengan penyelenggaraan rapat atau koordinasi antar personel tim inventarisasi termasuk di dalamnya surveyor secara berkala per minggunya. Pelaksanaan pemangku kepentingan dengan instansi atau pihak pemilik data adalah untuk menggaransi penjaminan mutu data. Artinya data

yang diperoleh nantinya merupakan benar benar data sekunder yang dimiliki, diketahui atau disediakan oleh pihak yang berkompeten.

Kendali mutu secara eksternal dilakukan sebelum dan pasca perhitungan beban emisi GRK keseluruhan diselesaikan melalui QA/QC perlu dikembangkan para pihak pertemuan yang berperan menyamakan visi dan misi terhadap pelaksanaan inventarisasi GRK. Pada pihak terkait juga dilakukan pengendalian mutu khususnya terhadap sumber-sumber emisi potensial wilayah perkotaan. Pada hal lainnya dilaksanakan dengan kembali melibatkan pihak-pihak pemilik data. Tujuannya untuk melakukan pengecekan silang terhadap data yang digunakan dan mengecek perhitungan beban emisi secara bersama-sama.



Gambar 5. 1. Pengendalian dan penjaminan mutu IGRK secara berkelanjutan

Penjaminan mutu (QA) adalah suatu sistem yang dikembangkan untuk melakukan review yang dilaksanakan oleh seseorang yang secara langsung tidak terlibat dalam penyelenggaraan inventarisasi GRK. 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 Sub Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Balangan setempat sebagai penanggung jawab dan pada paparan akhir dengan melibatkan keseluruhan para pihak. Kedua kegiatan juga berperan sebagai pengendalian mutu (QC). Penjaminan mutu terutama akan difokuskan pada kategori kunci sebagai penanda atau milestone bagi upaya manajemen kualitas udara setempat yang akan dirumuskan berbasis hasil inventarisasi.

6. PERBAIKAN IGRK BERKELANJUTAN

6.1. Perbaikan Dokumentasi dan Koordinasi Data Lokal

Provinsi Kalimantan Selatan memiliki data aktivitas yang tersebar pada beberapa pemangku kepentingan lingkungan, bersifat *shareholders* lokal dengan cakupan lokal maupun *stakeholders* regional dan nasional. Penyusunan dokumen Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) Kabupaten Balangan 2023 diharapkan menjadi kegiatan berkelanjutan, dapat diterapkan sebagai *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 II.

Time series data untuk keperluan pemodelan, secara statistik, tentu saja tidak hanya dalam rentang pendek tiga sampai lima tahun, namun pada rentang periode dokumentasi lebih panjang hingga satu atau dua dekade. Pemilik data yaitu *shareholders* lingkungan Kabupaten Balangan merupakan elemen terpenting dari inventraisasi GRK, terutama apabila mempertahankan pendekatan *top down* yang simpel. Oleh sebab itu kesepahaman visi, kesatuan maksud dan tujuan antar *shareholders* penting untuk diciptakan. Kesepahaman dan kesatuan tersebut hanya dapat terjadi ketika koordinasi antar instansi telah berjalan dengan baik. Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Balangan wajib mengambil peran sebagai pusat koordinasi termasuk dalam penyatuan visi tentang data aktivitas. Koordinasi yang

telah terjalin pada pengumpulan data tahun dasar semestinya dipertahankan dan disempurnakan. Jumlah instansi maupun elemen *shareholders* sebisa mungkin ditambah agar 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 *shareholders* 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. 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.

6.2. Perbaikan Metode Koleksi Data

Koleksi data dengan metode *top down* dirasa beresiko tinggi terhadap terjadinya ketidakpastian. Artinya, hasil dari estimasi emisi kemungkinan besar akan berada pada posisi (*over or under estimated*) 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 akan mengabaikan kondisi kota sebagai wilayah transit atau pusat kegiatan.

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* atau 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 *point* yang dapat dikejar adalah penyediaan data aktivitas yang lebih kompleks untuk menggapai Tier yang lebih tinggi.

Analisis data dalam inventarisasi GRK 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, kajian pembandingan pada kota lain, *expert judgement* maupun studi literatur terkait. Hal tersebut tentunya akan membantu perencanaan manajemen kualitas udara dalam rangka reduksi emisi.

6.4. Perbaikan Quality Assessment (QA)

Kegiatan inventarisasi GRK pada tahun dasar di Kabupaten Balangan mengandalkan pertemuan para pihak terkait dan pertemuan internal sebagai sarana *quality assessment*. Pada masa mendatang hal ini harus dilakukan dengan melibatkan ahli atau expert dalam inventarisasi emisi yang bersifat independen. Artinya adalah expert tersebut tidak mengambil peran dalam inventarisasi atau perhitungan bahkan jika mungkin expert yang berasal dari luar wilayah.

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. Dampak GRK nyatanya 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. Harus ada usaha berkelanjutan secara terus menerus untuk menjaga kualitas pelaporan IGRK di Kabupaten Balangan.

7. KESIMPULAN & REKOMENDASI

7.1. Kesimpulan

- (1) Kategori yang dilaporkan Inventarisasi GRK di Kabupaten Balangan meliputi: **(1) sektor energi** yang terdiri atas: manufaktur dan industri (1A2), transportasi (1A3), komersial dan institusi (1A4a), rumah tangga (1A4b), dan sektor lain-lain (pertambangan, pertanian dan konstruksi) (1A4c); **(2) sektor pertanian dan peternakan** yang terdiri atas: peternakan (3A), pengapuran (3C2), pemupukan urea (3C3), emisi langsung dan tidak langsung N₂O dari tanah terkelola (3C4 dan 3C5), emisi langsung N₂O dari pengelolaan kotoran ternak pada ladang penggembalaan ternak (3C6) dan emisi dari persawahan padi (3C7); **(3) kehutanan dan penggunaan lahan lainnya** (3B); dan **(4) pengelolaan limbah domestik** yang terdiri atas: pembuangan TPA (4A1), pengomposan (4B), pembakaran terbuka (4C) dan pembuangan air limbah domestik (4D1).
- (2) Terdapat 7 sub kategori emisi/serapan yang menjadi kunci utama kumulatif hingga 95% dari total emisi dan serapan GRK di Kabupaten Balangan pada tahun 2023. Kategori energi terdiri atas 3 sub kategori, pertanian 1 sub kategori, dan kehutanan dan penggunaan lahan (FOLU) dengan 3 sub kategori.
- (3) Hasil analisis terhadap data inventarisasi GRK Kabupaten Balangan pada tahun 2023 menunjukkan bahwa absolut emisi GRK sebesar 3.682.492 ton atau netto emisi 2.881.945 ton CO₂-eq. Capaian penurunan GRK sebesar 34,8% dan targetnya 16,7% di NDC-1 dan 26,2% di NDC-2 (dibanding BAU). Inventarisasi GRK tahun 2023 melampaui NDC-1 dan NDC-2.
- (4) Tingkat emisi IGRK per sektor sebagai berikut:
 - a. Tingkat emisi inventarisasi GRK sektor energi mencapai 3.014.443 ton CO₂-eq. Capaian penurunan IGRK sektor energi ialah 24,5% berbasis BAU tahun yang sama.
 - b. Tingkat emisi IGRK sektor pertanian pada tahun 2023 mencapai 110.084 ton CO₂-eq. Capaian penurunan IGRK sektor pertanian ialah 68,0% berbasis BAU tahun yang sama.
 - c. Tingkat emisi dan serapan IGRK tahun 2023 dari kegiatan kehutanan dan lahan gambut (tutupan lahan) menghasilkan absolut IGRK sebesar

534.645 ton CO₂-eq. Capaian penurunan IGRK sektor tutupan lahan ialah 58,2% berbasis BAU tahun yang sama.

- d. Tingkat emisi IGRK sektor pengelolaan limbah domestik tahun 2023 mencapai 23.320 ton CO₂-eq. Capaian penurunan IGRK sektor limbah domestik ialah 27,0% berbasis BAU tahun yang sama.

7.2. Rekomendasi

- (1) Bahwa yang dilaporkan pada dokumen IGRK ini ialah potensi emisi GRK pada tahun inventarisasi 2023. Penurunannya dapat dilaporkan pada tahun ke tahun terhadap nilai BAU pada tahun ke tahun yang sama. Hanya saja capaian penurunan emisi GRK harus dilaporkan melalui monitoring, pelaporan, dan verifikasi (MRV) pada setiap aksi mitigasi. Rekomendasikan agar Dokumen IGRK ini harus ditindaklanjuti dengan Dokumen Rencana Aksi Daerah.
- (2) Kelompok Kerja IGRK dan RAD GRK harus dikembangkan sehingga potensi pengurangan emisi GRK Kabupaten Balangan dapat di-MRV melalui Pokja yang unsur-unsurnya berasal dari SKPD dan para pihak.
- (3) Dokumen Perencanaan Pembangunan Kabupaten Balangan harus selaras dengan rencana aksi mitigasi GRK. Setiap SKPD harus berkontribusi untuk pencapaian penurunan emisi GRK pada setiap perencanaan, pelaksanaan, evaluasi dan tindak-lanjut. Capaian kinerja utama dalam rangka upaya mitigasi perubahan iklim dapat tercapai.

DAFTAR PUSTAKA

- IPCC. 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 1, General Guidance and Reporting, the Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Japan.
- Republik Indonesia. 2011. Peraturan Presiden Nomor 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Jakarta.
- Kementerian Pertanian. 2014. Pemantauan, Evaluasi, dan Pelaporan Pelaksanaan Rencana Aksi Nasional (RAN) Pengurangan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Sektor Pertanian.
- Kementerian Lingkungan dan Kehutanan. 2019. Panduan sistem inventarisasi gas rumah kaca nasional sederhana, mudah, akurat, ringkas dan transparan (SIGN- SMART). Jakarta.
- Kementerian Lingkungan dan Kehutanan. 2022. Laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) dan Monitoring, Pelaporan, Verifikasi (MPV). Jakarta.
- KLH. 2012a. Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, Buku I: Pedoman Umum, Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- KLH. 2012b. Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, Buku II, Volume 1: Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca, Pengadaan dan Penggunaan Energi. Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- KLH. 2012c. Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, Buku II, Volume 3: Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi dan Penyerapan Gas Rumah Kaca, Pertanian, Kehutanan, dan Penggunaan Lahan Lainnya. Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- KLH. 2012d. Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, Buku II, Volume 4: Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca, Pengelolaan Limbah. Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Puslitbang Lemigas. 2014. Kajian Perhitungan Faktor Emisi Lokal pada Jenis Bahan Bakar Minyak. Dipresentasikan pada Seminar Nasional Faktor Emisi CO₂. Bandung. Badan Penelitian dan Pengembangan ESDM.
- Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara. 2016. Perhitungan Faktor Emisi CO₂ Nasional (Specific Country Tier 2) dari Batubara. Bandung. Badan Penelitian dan Pengembangan ESDM
- Sterman, John. 2000. Business Dynamics Systems Thinking and Modeling for A Complex World. USA. The McGraw-Hill Companies, Inc.