



PERATURAN DIREKTUR JENDERAL PENGENDALIAN PERUBAHAN IKLIM

NOMOR : P5 / PPI / SET / KUM I / 12 / 2017

TENTANG

**PEDOMAN PENGHITUNGAN EMISI GAS RUMAH KACA
UNTUK AKSI MITIGASI PERUBAHAN IKLIM
BERBASIS MASYARAKAT**



KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN
DIREKTORAT JENDERAL PENGENDALIAN PERUBAHAN IKLIM
GEDUNG MANGGALA WANABAKTI BLOK VII LT. 12
JL. JEND. GATOT SUBROTO - JAKARTA PUSAT 10270
TELP. 021 - 5730144, FAX. 021 - 5720194
WWW.DITJENPPI.MENLHK.GO.ID
Email: setditjenppi@gmail.com atau atausetditjenppi@menlhk.go.id



**KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN
DIREKTORAT JENDERAL PENGENDALIAN PERUBAHAN IKLIM**

**PERATURAN DIREKTUR JENDERAL PENGENDALIAN
PERUBAHAN IKLIM**

NOMOR : P5 / PPI / SET / KUM I / 12 / 2017

**TENTANG
PEDOMAN PENGHITUNGAN EMISI GAS RUMAH KACA
UNTUK AKSI MITIGASI PERUBAHAN IKLIM BERBASIS
MASYARAKAT**

DIREKTUR JENDERAL PENGENDALIAN PERUBAHAN IKLIM,

- Menimbang : a. bahwa aksi mitigasi perubahan iklim dalam kerangka Proklamasi dan kegiatan lain yang berbasis masyarakat diperlukan identifikasi, penyusunan rencana aksi, pelaksanaan aksi, pemantauan dan evaluasi sumber emisi dan serapan gas rumah kaca;
- b. Sebagai pelaksanaan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor: P.60/MenLHK-Setjen/2015 Tentang Peran Masyarakat dan Pelaku Usaha dalam Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Kehutanan, bahwa kegiatan oleh masyarakat dan pelaku usaha dalam perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup dan kehutanan juga mencakup aksi mitigasi perubahan iklim;
- c. bahwa sebagaimana huruf a dan b, diperlukan pedoman penghitungan emisi gas rumah kaca untuk aksi mitigasi perubahan iklim berbasis masyarakat.

- Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan (Lembaran Negara Republik Indonesia 1999 Nomor 167);
2. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Republik Indonesia 2009 Nomor 140);



**KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN
DIREKTORAT JENDERAL PENGENDALIAN PERUBAHAN IKLIM**

3. Undang-Undang Nomor 31 Tahun 2009 tentang Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (Lembaran Negara Republik Indonesia 2009 Nomor 1303);
4. Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2016 tentang Pengesahan Paris Agreement to *The United Nations Framework Convention on Climate Change* (Persetujuan Paris atas Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-Bangsa mengenai Perubahan Iklim) (Lembaran Negara Republik Indonesia 2016 Nomor 204);
5. Peraturan Presiden Nomor 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional;
6. Peraturan Presiden Nomor 16 Tahun 2015 tentang Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Lembaran Negara Republik Indonesia 2015 Nomor 17);
7. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.60/MenLHK-Setjen/2015 Tentang Peran Masyarakat dan Pelaku Usaha dalam Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Berita Negara Republik Indonesia 2015 Nomor 1889);
8. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.84/MenLHK-Setjen/KUM.1/11/2016 tentang Program Kampung Iklim (Berita Negara Republik Indonesia 2016 Nomor 1700);
9. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.32/MenLHK/Setjen/Kum.1/3/2016 Tentang Pengendalian Kebakaran Hutan dan Lahan (Berita Negara Republik Indonesia 2016 Nomor 583);



**KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN
DIREKTORAT JENDERAL PENGENDALIAN PERUBAHAN IKLIM**

10. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.13/MenLHK/Setjen/OTL.O/1/2016 Tentang Organisasi dan Tata Kerja Balai Pengendalian Perubahan Iklim dan Kebakaran Hutan dan Lahan (Berita Negara Republik Indonesia 2016 Nomor 209);
11. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.18/MenLHK-II/2015 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Berita Negara Republik Indonesia 2015 Nomor 713);
12. Peraturan Direktur Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim Nomor P.1/PPI/Set/Kum.I/2/2017 tentang Pedoman Pelaksanaan Program Kampung Iklim.

MEMUTUSKAN:

Menetapkan : **PERATURAN DIREKTUR JENDERAL
PENGENDALIAN PERUBAHAN IKLIM TENTANG
PEDOMAN PENGHITUNGAN EMISI GAS RUMAH
KACA UNTUK AKSI MITIGASI PERUBAHAN IKLIM
BERBASIS MASYARAKAT**

**Pengertian
Pasal 1**

Dalam Peraturan ini yang dimaksud dengan :

1. Mitigasi Perubahan Iklim adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan dalam upaya menurunkan tingkat emisi gas rumah kaca sebagai bentuk upaya penanggulangan dampak perubahan iklim.
2. Masyarakat adalah orang perseorangan, kelompok orang termasuk masyarakat hukum adat, dan/atau pemangku kepentingan non pemerintah.



**KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN
DIREKTORAT JENDERAL PENGENDALIAN PERUBAHAN IKLIM**

**Tujuan
Pasal 2**

Tujuan dari peraturan ini adalah sebagai arahan dan pedoman dalam melakukan penghitungan emisi gas rumah kaca pada pelaksanaan aksi mitigasi perubahan iklim berbasis masyarakat.

**Ruang Lingkup
Pasal 3**

- (1) Ruang lingkup dari peraturan ini adalah meliputi:
 - a. Pedoman Penghitungan Emisi Gas Rumah Kaca untuk Aksi Mitigasi Perubahan Iklim Berbasis Masyarakat pada Sektor Energi;
 - b. Pedoman Penghitungan Emisi Gas Rumah Kaca untuk Aksi Mitigasi Perubahan Iklim Berbasis Masyarakat pada Sektor Kehutanan;
 - c. Pedoman Penghitungan Emisi Gas Rumah Kaca untuk Aksi Mitigasi Perubahan Iklim Berbasis Masyarakat pada Sektor Pertanian dan Peternakan;
 - d. Pedoman Penghitungan Emisi Gas Rumah Kaca untuk Aksi Mitigasi Perubahan Iklim Berbasis Masyarakat pada Sektor Limbah.
- (2) Pedoman penghitungan emisi gas rumah kaca untuk aksi mitigasi perubahan iklim berbasis masyarakat merupakan Lampiran yang tidak terpisahkan dari Peraturan Direktur Jenderal ini;

**Pelaporan
Pasal 4**

- (1) Hasil penghitungan aksi mitigasi gas rumah kaca dalam kerangka Proklamir dilaporkan melalui mekanisme Proklamir sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.84/MenLHK-Setjen/KUM.1/11/2016 tentang Program Kampung Iklim dan Peraturan Dirjen Pengendalian Perubahan Iklim Nomor P.1/PPI/Set/Kum.1/2/2017 tentang Pedoman Pelaksanaan Program Kampung Iklim;



**KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN
DIREKTORAT JENDERAL PENGENDALIAN PERUBAHAN IKLIM**

- (2) Hasil penghitungan aksi mitigasi gas rumah kaca oleh masyarakat dapat dilaporkan melalui mekanisme pelaporan Sistem Registri Nasional (SRN) Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

Pasal 5

Peraturan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

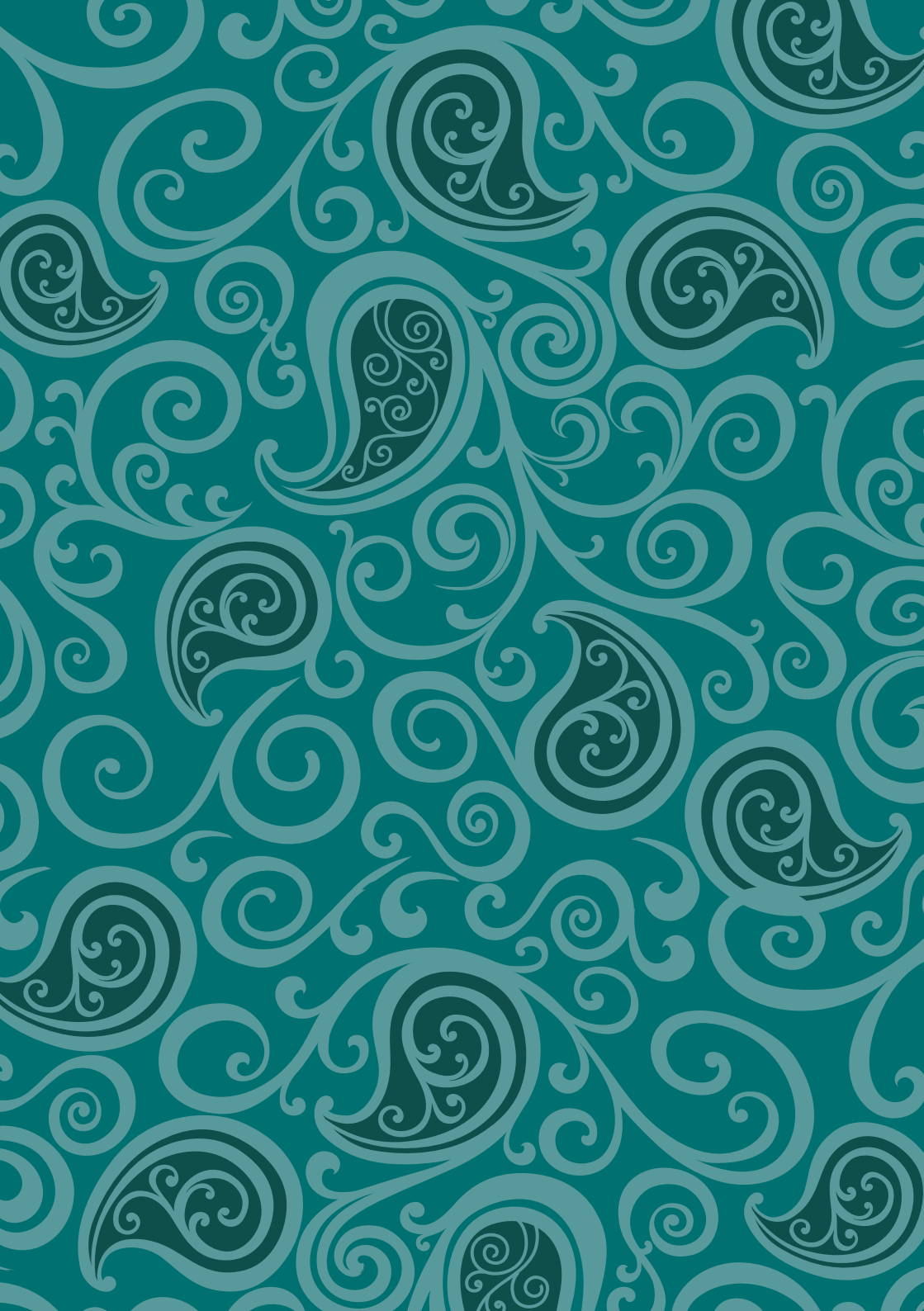
Ditetapkan di : JAKARTA
pada tanggal : 29 Desember 2017

DIREKTUR JENDERAL

Dr. Ir. NUR MASRIPATIN, M.For.Sc
NIP. 19580108 198603 2 002

Salinan Peraturan Dirjen ini disampaikan kepada Yth :

1. Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan;
2. Sekretaris Jenderal Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan;
3. Inspektur Jenderal Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan;
4. Para Direktur Jenderal lingkup Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan;
5. Sekretaris Direktur Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim;
6. Para Direktur lingkup Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim;
7. Para Kepala Balai Pengendalian Perubahan Iklim dan Kebakaran Hutan dan Lahan.





LAMPIRAN I : PERATURAN DIREKTUR JENDERAL
PENGENDALIAN PERUBAHAN IKLIM TENTANG
PEDOMAN PENGHITUNGAN EMISI GAS RUMAH
KACA UNTUK AKSI MITIGASI PERUBAHAN IKLIM
BERBASIS MASYARAKAT

NOMOR :

TANGGAL : DESEMBER 2017

**PEDOMAN PENGHITUNGAN EMISI GAS RUMAH KACA UNTUK
AKSI MITIGASI PERUBAHAN IKLIM BERBASIS MASYARAKAT
PADA SEKTOR ENERGI**

1. Pendahuluan

Aksi-aksi mitigasi perubahan iklim sektor energi adalah upaya-upaya terkait penyediaan dan pemanfaatan energi yang pada akhirnya menghasilkan penurunan emisi gas rumah kaca (GRK). Aksi mitigasi perubahan iklim berbasis masyarakat, dilaksanakan pada tingkat lokal dengan sumber emisi GRK yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, khususnya Bahan Bakar Minyak (BBM), Elpiji (LPG¹) dan briket batubara. BBM seperti minyak solar, umumnya digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik dan uap/panas pada industri/usaha skala kecil/mikro dan juga digunakan di transportasi.

Di beberapa daerah yang belum ada pasokan listrik, BBM (minyak tanah) digunakan untuk penerangan (lampu teplok atau petromax) dan bahan bakar untuk memasak. Elpiji (LPG) dan bahan bakar briket batubara umumnya digunakan untuk rumah tangga maupun di industri/usaha skala mikro/kecil.

Pemanfaatan energi baru terbarukan untuk menggantikan sumber energi yang tidak terbarukan, adalah bagian dari aksi mitigasi perubahan iklim. Jenis dari energi baru terbarukan tersebut diantaranya adalah energi tenaga surya, energi tenaga angin atau bayu, energi tenaga air, pemanfaatan gas metan dari limbah.

¹ LPG : *Liquid Petroleum Gas*

2. Ruang Lingkup dan Jenis Aksi Mitigasi

Penghitungan penurunan emisi GRK suatu aksi mitigasi memerlukan batasan ruang lingkup yang meliputi kegiatan dan aksi pembangkitan energi, penggunaan bahan bakar non-fosil untuk kegiatan rumah tangga, transportasi dan penerangan.

Tingkat emisi GRK dapat diturunkan melalui aksi mitigasi di sektor energi yang akan memberikan dampak berupa:

- a. Mengakibatkan terhindarnya pembentukan emisi GRK, misalnya melalui: pemanfaatan limbah sebagai sumber energi, atau kotoran sapi untuk produksi biogas.
- b. Kegiatan mitigasi dapat menurunkan tingkat emisi melalui penurunan besaran data aktifitas atau penurunan faktor emisi dibandingkan kondisi sebelum adanya kegiatan aksi mitigasi (*baseline*). Penurunan data aktivitas, misalnya dalam kegiatan efisiensi energi, terjadi karena jumlah energi yang digunakan lebih sedikit dibandingkan sebelum kegiatan mitigasi.
- c. Faktor emisinya lebih rendah, antara lain penggunaan LPG² (rendah emisi GRK) dan energi terbarukan (mempunyai nilai emisi GRK nol), misalnya: biogas, tenaga surya, tenaga air, tenaga angin, biomassa (berbasis limbah³) dan lain-lain.

Berdasarkan jenis sumber emisi, aksi mitigasi sektor energi berbasis masyarakat mencakup upaya-upaya menurunkan emisi secara langsung dan emisi tidak langsung. Untuk emisi yang sifatnya langsung, aksi mitigasi dilakukan melalui penghentian atau pengurangan penggunaan bahan bakar fosil (BBM, LPG, dan briket batubara) menggantikannya dengan sumber energi yang rendah emisi (LPG¹, gas alam, listrik) atau energi terbarukan yang tidak menghasilkan emisi (mikrohidro, bahan bakar nabati, biomassa² limbah pertanian, pembangkit listrik tenaga surya dan biogas). Sedangkan secara tidak langsung, apabila aksi dilakukan oleh pengguna energi dan bukan oleh pembangkitan energi, misalnya mematikan lampu yang tidak digunakan di rumah dan kantor.

¹ LPG : *Liquid Petroleum Gas*

² LPG lebih rendah emisinya dibandingkan minyak tanah

³ Biomassa yang berasal dari bukan limbah tidak termasuk dalam kategori mitigasi, misalnya kayu bakar dari kegiatan menebang pohon atau hutan. Sebagai catatan biomassa yang berasal dari kegiatan peremajaan perkebunan dikategorikan sebagai limbah.

Berdasarkan kegiatannya, aksi mitigasi sektor energi dilaksanakan melalui dua pendekatan, yaitu di sisi pengguna/konsumen dan di sisi produsen. Pada aksi mitigasi di sisi pengguna dapat dilaksanakan melalui intervensi penurunan emisi per unit energi yang dikonsumsi melalui teknologi energi bersih (energi terbarukan) atau penerapan teknologi hemat energi, dan pola konsumsi energi yang lebih hemat. Di sisi suplai, aksi mitigasi dilaksanakan melalui intervensi penggunaan energi rendah/tidak menghasilkan emisi (seperti energi terbarukan), dan teknologi konversi energi yang efisien.

3. Penghitungan Capaian Mitigasi

Aksi-aksi mitigasi berbasis masyarakat dapat diterapkan di sisi penyedia maupun di sisi pengguna. Di sisi penyedia, aksi mitigasi umumnya dapat dilaksanakan melalui intervensi penggunaan energi yang rendah atau tidak menghasilkan emisi GRK (energi terbarukan) dan teknologi konversi energi yang efisien. Aksi mitigasi sektor energi berbasis masyarakat tidak mencakup intervensi penurunan emisi GRK melalui efisiensi teknologi konversi energi, terutama di pembangkit milik PLN atau usaha bisnis pembangkit energi lainnya karena di luar kewenangan kegiatan yang berbasis masyarakat. Aksi yang dapat dilakukan adalah pembangunan pembangkit listrik energi terbarukan dan penggantian genset berbahan bakar solar dengan gas alam atau biogas dari kotoran ternak, yang dioperasikan oleh warga, koperasi, karang taruna dan lain sebagainya.

Aksi mitigasi di sisi pengguna dapat dilaksanakan melalui intervensi penurunan emisi per unit energi yang dikonsumsi melalui teknologi energi bersih (energi terbarukan dan rendah emisi seperti LPG atau biogas dari kotoran ternak) atau penerapan teknologi hemat energi, serta pola konsumsi energi yang lebih hemat.

Kegiatan Sisi Penyedia

Pembangunan pembangkit listrik energi terbarukan menurunkan emisi karena adanya penghindaran terjadinya emisi GRK, contohnya pembangkit mikrohidro dan tenaga surya. Apabila pembangkit tersebut menggantikan pembangkit berbahan bakar energi fosil

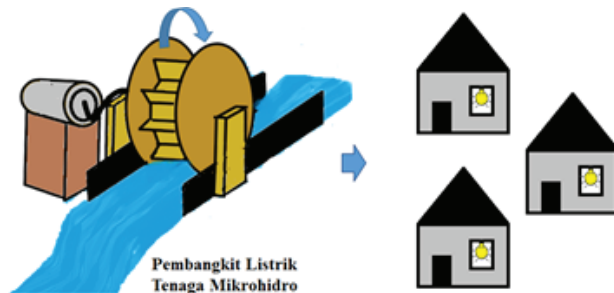
maka besarnya penurunan emisi sama dengan besarnya emisi baseline (karena emisi mitigasi bernilai nol). Penurunan emisi dari pembangkit listrik energi terbarukan dihitung dengan formula berikut:

$$\text{Penurunan emisi} = \text{Emisi Baseline} - 0 = \text{Emisi Baseline}$$

Aksi mitigasi di sektor pembangkit listrik, terdapat dua kemungkinan dalam hal penyaluran listrik yang dihasilkan yaitu skema *on-grid* dan skema *off-grid*. Skema *on-grid* yaitu pembangkit yang listriknya disalurkan melalui jaringan transmisi listrik yang telah ada di lokasi sedangkan skema *off-grid* adalah pembangkit yang listriknya disalurkan dengan jaringan listrik tersendiri. Perhitungan penurunan emisi kedua skema berbeda dalam hal besaran emisi baseline. Beberapa kegiatan aksi mitigasi perubahan iklim di sisi penyedia yang berbasis masyarakat diantaranya adalah:

a. Mikrohidro

Penggunaan tenaga air (mikrohidro) untuk suplai energi pada penerangan rumah tangga



Gambar.1 Penggunaan Mikrohidro untuk Penerangan Rumah Tangga

Apabila aksi mitigasi berupa pembangunan mikrohidro atau teknologi energi terbarukan lainnya untuk substitusi pembangkit listrik berbahan bakar solar (diesel genset), maka perhitungan penurunan emisi GRK membutuhkan data konsumsi BBM untuk pembangkit sebelum mikrohidro atau teknologi energi terbarukan lainnya dibangun. Data aktivitas yang dibutuhkan untuk kasus dimana kapasitas mikrohidro sama dengan kapasitas diesel genset yang digantikan diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai konsumsi bahan bakar sebagai data aktivitas

Jenis Bahan Bakar	Satuan	Konsumsi Bahan Bakar	Catatan
Minyak Solar	Liter/ bulan	y	Diisi berdasarkan pencatatan

Apabila kapasitas mikrohidro yang dibangun lebih besar dari kapasitas diesel genset yang digantikan maka data aktivitas untuk perhitungan baseline didasarkan pada kapasitas mikrohidro yang dibangun, dengan catatan bahwa mikrohidro dioperasikan pada kapasitasnya. Untuk kasus yang demikian, data aktivitas yang dibutuhkan adalah data pembangkitan listrik mikrohidro yang selanjutnya dikonversi menjadi ekivalen konsumsi BBM dari diesel genset. Data aktivitas yang dibutuhkan tercantum pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Data aktivitas

Indikator	Satuan	Kuantitas	Catatan
Produksi energi listrik	kWh/ bulan	x	Saat ini, diisi berdasarkan pencatatan
Konsumsi solar	liter/ bulan	y	Saat sebelum ada mikro hidro, diisi berdasarkan pencatatan

Apabila data produksi energi listrik ataupun konsumsi solar tidak tersedia, data aktivitas dapat pula diperkirakan dari data kapasitas peralatan listrik terpasang di sisi pelanggan listrik dan data jam operasi mikrohidro per hari seperti pada Tabel 3.

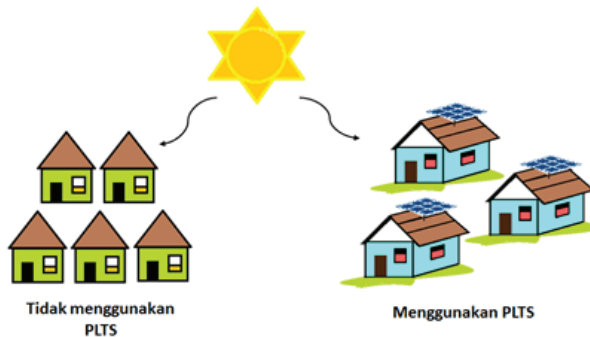
Tabel 3. Data Aktivitas peralatan listrik terpasang

Indikator	Satuan	Kuantitas	Catatan
Kapasitas peralatan terpasang di pelanggan	kW	x	Dari catatan survey oleh pengurus mikrohidro
Jam operasi mikrohidro per hari	jam	y	Dari catatan operator

Pada kategori sumber emisi GRK rumah tangga, data aktivitas yang perlu dikumpulkan adalah jumlah kepala keluarga yang menggunakan energi fosil spesifik (minyak tanah, LPG, briket batubara, briket gambut) serta besaran/jumlah yang digunakan oleh setiap kepala keluarga. Kedua data tersebut diperlukan untuk mendapatkan total konsumsi energi dari kategori sumber emisi rumah tangga.

b. Penggunaan Solar PV (Photovoltaic) untuk rumah tangga

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan pembangkit listrik yang menggunakan tenaga surya yang tidak menghasilkan emisi GRK. Capaian penurunan emisi kegiatan mitigasi PLTS dihitung dari selisih nilai emisi baseline dengan nilai emisi kegiatan mitigasi. Tingkat emisi PLTS sama dengan nol sehingga penurunan emisi yang dicapai sama dengan emisi baseline. Data aktivitas PLTS yang digunakan adalah jumlah produksi listrik yang dihasilkan selama satu tahun. Penggunaan PLTS untuk penerangan rumah tangga terlihat pada Gambar 2.

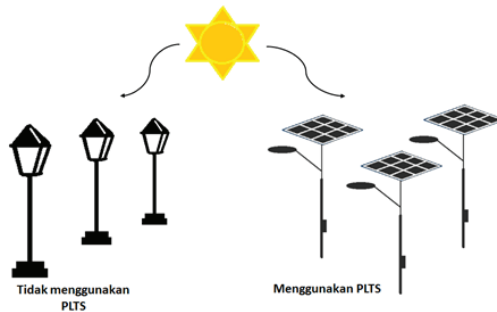


Gambar 2 Penggunaan PLTS untuk Penerangan Rumah Tangga

PLTS yang dibangun pada sektor rumah tangga maupun bangunan lainnya, menggunakan data aktivitas meliputi kapasitas PLTS yang dibangun (kwp), intensitas radiasi matahari (kwh/m²/hari), dan jumlah hari penggunaan PLTS dalam satu tahun (hari).

c. Penggunaan Solar PV untuk Penerangan Jalan Umum (PJU)

Data aktivitas yang digunakan pada kegiatan mitigasi penerangan jalan umum tenaga surya (PJU PLTS) adalah kapasitas lampu yang dipasang (watt), lama penggunaan lampu (jam), dan jumlah hari penggunaan PLTS dalam satu tahun (hari). Contoh skema penggunaan PLTS untuk penerangan jalan disampaikan pada Gambar 3.

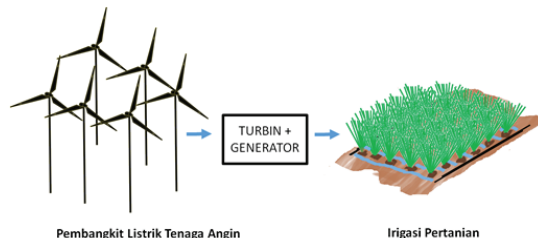


Gambar 3 Penggunaan PLTS untuk Penerangan Jalan

Faktor emisi yang digunakan pada penghitungan penurunan emisi GRK penerangan jalan umum PLTS bergantung pada pembangkit sumber listrik yang digunakan. Jika listrik yang digunakan dipasok dari grid PLN JAMALI (Jawa Madura Bali) maka faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi grid PLN JAMALI. Baseline yang digunakan adalah tingkat emisi ketika sumber listrik menggunakan bahan bakar fosil.

d. PLT Bayu (Tenaga Bayu/Angin)

Penggunaan Energi Angin (Kincir Angin) untuk irigasi/pengairan tanaman. Konsep penggunaan pembangkit listrik tenaga angin tersebut disampaikan pada Gambar 4.



Gambar 4 Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Angin untuk Irigasi Pertanian

Data aktivitas yang dibutuhkan untuk kasus dimana kapasitas pembangkit listrik tenaga angin sama dengan kapasitas diesel genset yang diperlukan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai konsumsi bahan bakar diesel

Jenis Bahan Bakar	Satuan	Konsumsi Bahan Bakar	Catatan
Minyak Solar	Liter/ bulan	y	Diisi berdasarkan pencatatan
Jam operasi mikrohidro per hari	jam	y	Dari catatan operator

Apabila kapasitas pembangkit listrik tenaga angin lebih besar dari kapasitas diesel genset yang digantikan maka perhitungan baseline didasarkan pada kapasitas pembangkit listrik tenaga angin yang dibangun, dengan catatan bahwa pembangkit listrik tenaga angin dioperasikan pada kapasitasnya. Data aktivitas yang dibutuhkan adalah data pembangkitan listrik tenaga angin yang selanjutnya dikonversi menjadi ekivalen konsumsi BBM dari diesel genset. Data aktivitas yang dibutuhkan tercantum pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Data aktivitas

Indikator	Satuan	Kuantitas	Catatan
Produksi energi listrik	kWh/ bulan	x	Saat ini, diisi berdasarkan pencatatan
Konsumsi solar	liter/ bulan	y	Saat sebelum ada Pembangkit Listrik Tenaga Angin, diisi berdasarkan pencatatan

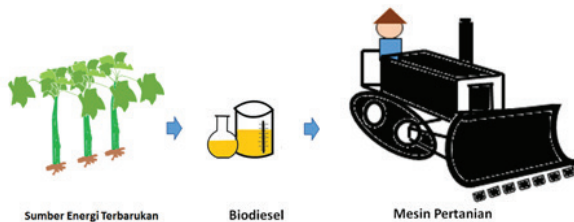
Apabila data produksi energi listrik ataupun konsumsi solar tidak tersedia, data aktivitas dapat pula diperkirakan dari data kapasitas peralatan listrik terpasang di sisi pelanggan listrik dan data jam operasi pembangkit listrik tenaga angin per hari (Tabel 6).

Tabel 6. Data aktivitas peralatan listrik terpasang

Indikator	Satuan	Kuantitas	Catatan
Kapasitas peralatan terpasang di pelanggan	kW	x	Dari catatan survey oleh pengurus PLTBayu
Jam operasi PLTBayu per hari	jam	y	Dari catatan operator

e. Gasifikasi Biomass

Penggunaan Sumber Energi Terbarukan untuk kegiatan Usaha Tani (Penggunaan Biodiesel untuk Pengoperasian alat-alat pertanian) ataupun sebagai bahan bakar untuk keperluan lainnya. Gambar 5 menampilkan diagram penggunaan biodiesel sebagai bahal bakar mesin pertanian.



Gambar 5 Penggunaan Biodisel sebagai Bahan Bakar

Kegiatan Sisi Pengguna

Aksi mitigasi melalui penggunaan energi baru terbarukan menurunkan emisi karena adanya penghindaran terjadinya emisi GRK, misalnya perubahan penggunaan LPG atau minyak tanah menjadi biogas. Apabila aksi mitigasi dilakukan melalui penggunaan energi terbarukan untuk mengganti energi fosil maka besarnya penurunan emisi sama dengan besarnya emisi baseline (karena emisi mitigasi bernilai nol).

Penurunan emisi untuk aksi mitigasi yang berupa penggunaan energi terbarukan dihitung dengan formula berikut:

$$\text{Penurunan emisi} = \text{Emisi Baseline} - 0 = \text{Emisi Baseline}$$

Contoh:

- Pemanfaatan Biogas Rumah Tangga Untuk Pengganti LPG. Dengan menggunakan Base year 2010, artinya kegiatan yang dilakukan sebelum 2010 tidak bisa diklaim sebagai aksi mitigasi.
- Penggantian kayu bakar ke biogas. Ditekankan pada pengurangan penggunaan kayu bakar akan menambah serapan.

a. Kegiatan Efisiensi Energi

Apabila masyarakat melakukan aksi mitigasi melalui penghematan energi listrik yang bersumber dari PLN, maka penurunan emisi yang terjadi adalah penurunan emisi GRK tidak langsung (penurunan emisi terjadi di pembangkit listrik PLN, bukan di lokasi aksi mitigasi). Penurunan emisi dihitung dari besarnya penurunan kWh listrik per tahun, rugi-rugi jaringan Transmisi dan Distribusi dan faktor emisi grid PLN di lokasi kegiatan mitigasi dengan formula:

Penurunan Emisi = Penurunan kWh x Faktor Emisi grid PLN

dimana Penurunan kWh = kWh Baseline – kWh Mitigasi

kWh baseline = kWh tercatat di konsumen x (1,12)

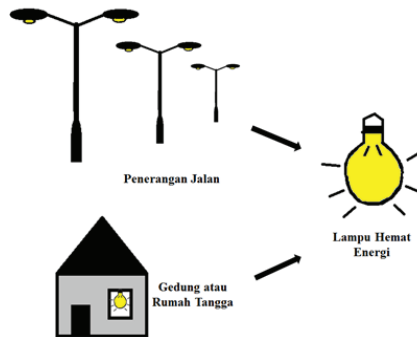
kWh mitigasi = kWh tercatat di konsumen setelah mitigasi x (1,12)

Faktor pengali 1,12 berasal dari (100%+12%) dimana 12% adalah besarnya rata-rata rugi-rugi jaringan Transmisi dan Distribusi PLN.

Keterangan: Untuk jaringan listrik yang sangat dekat atau *off-grid* rugi-rugi jaringan Transmisi dan Distribusi diasumsikan bernilai nol.

b. Lampu Hemat Energi dengan LED (Light Emitting Diode)

Aksi mitigasi lampu hemat energi dilakukan dengan penggantian lampu penerangan rumah atau penerangan jalan yang konvensional (tidak hemat energi) dengan lampu hemat energi LED (Gambar 6).



Gambar 6 Penggunaan LHE untuk Penerangan Jalan dan Rumah Tangga

Nilai penurunan emisi GRK yang dicapai dihitung berdasarkan selisih antara tingkat emisi baseline dengan tingkat emisi setelah mitigasi. Data aktivitas yang digunakan untuk penerangan jalan umum adalah konsumsi listrik selama 1 tahun yang meliputi jumlah lampu yang beroperasi, kapasitas per lampu (watt), lama operasi lampu (jam).

3.1 Penentuan Baseline

Penghitungan penurunan emisi GRK memerlukan penentuan baseline, dimana penurunan emisi GRK adalah selisih antara emisi baseline dengan emisi mitigasi. Emisi baseline adalah emisi yang terjadi apabila tidak dilakukan upaya mitigasi. Untuk kegiatan pembangkitan energi, maka aksi mitigasinya adalah penggunaan sumber energi terbarukan. Sedangkan baseline adalah sumber energi PLN, sesuai lokasi aksi mitigasi. Untuk aksi mitigasi pemanfaatan biogas, baseline adalah penggunaan minyak tanah untuk rumah tangga. Berdasarkan uraian tersebut, maka baseline yang digunakan akan berbeda dan bervariasi tergantung pada jenis aktivitas.

3.2 Metode Penghitungan Penurunan Emisi

Penghitungan angka emisi GRK dilakukan dengan menggunakan data penggunaan energi total, faktor emisi dan nilai potensi pemanasan global (GWP). Setelah mendapatkan angka penggunaan energi total, selanjutnya memasukkan data tersebut ke dalam tabel kalkulasi emisi GRK pada tabel 10 dan

11. Penghitungan total emisi GRK untuk sektor energi pada daerah aksi mitigasi berbasis masyarakat, dilakukan dengan memperhatikan beberapa ketentuan, sebagai berikut:

- a. Angka emisi GRK dari penggunaan listrik PLN (*indirect emissions*) ditujukan untuk memperlihatkan kondisi emisi GRK daerah calon daerah aksi mitigasi berbasis masyarakat sebelum adanya inisiatif Mitigasi Perubahan Iklim.
- b. Angka emisi GRK dari biogas digunakan hanya untuk melihat potensi pemanfaatan Biogas dan pengurangan konsumsi energi fosil; tidak termasuk pemanfaatan limbah ternak untuk Biogas, karena sudah dihitung di Sektor Pertanian.
- c. Selisih pengurangan emisi GRK sektor energi pada kegiatan aksi mitigasi berbasis masyarakat dilihat dari angka emisi GRK pada kondisi baseline, dikurangi dengan angka emisi GRK pada kondisi adanya inisiatif Mitigasi Perubahan Iklim.

Secara umum penurunan emisi GRK dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\text{Penurunan emisi} = \text{Emisi Baseline} - \text{Emisi Mitigasi}$$

Tingkat emisi baseline maupun tingkat emisi mitigasi dihitung dengan formula umum:

$$\text{Tingkat Emisi} = \text{Data Aktivitas} \times \text{Faktor Emisi}$$

Data aktivitas sektor energi berupa konsumsi energi per satuan waktu. Satuan data aktivitas yang digunakan pada perhitungan emisi di sektor energi adalah unit energi (*Terajoule*, TJ). Untuk merubah satuan fisik (liter untuk BBM, kg LPG, m³ gas kota dan lain-lain) diperlukan faktor konversi berupa nilai kalor dan konversi satuan lainnya (m³ ke berat atau m³ ke ft³, dan lain-lain).

Pemilihan Faktor Emisi (FE)

Setelah mengubah satuan unit setiap bahan bakar, selanjutnya adalah memilih FE dan melakukan penghitungan emisi GRK di daerah kegiatan aksi mitigasi berbasis masyarakat dengan persamaan sebagai berikut:

Emisi_{GRK,BB} = Konsumsi BB_{BB} x Faktor Emisi_{GRK,BB}	
Dimana:	
BB	: Singkatan dari Jenis Bahan Bakar (misal premium, minyak tanah)
Emisi _{GRK,BB}	: Emisi GRK jenis tertentu menurut jenis bahan bakar (kg GRK)
Konsumsi BB _{BB}	: Banyaknya bahan bakar yang dibakar menurut jenis bahan bakar (<i>Terajoule</i> (Tj))
Faktor Emisi _{GRK,BB}	: Faktor emisi GRK jenis tertentu menurut jenis bahan bakar (kg gas/Tj)

Sumber: Pedoman Inventarisasi GRK Sektor Energi (KLH, 2013)

Setelah mendapatkan angka emisi GRK total dari masing-masing tabel, selanjutnya adalah mencari selisih emisi GRK, yang merupakan hasil dari jumlah emisi GRK Baseline dikurangi dengan jumlah emisi GRK dari kegiatan inisiatif/mitigasi perubahan iklim.

Penurunan Emisi GRK	=	Jumlah emisi GRK baseline	—	Jumlah emisi GRK dari pelaksanaan inisiatif/mitigasi perubahan iklim
---------------------	---	---------------------------	---	--

Perlu dipahami bahwa setiap faktor emisi memiliki angka yang berbeda-beda untuk satu jenis sumber energi, tergantung dari senyawa GRK yang dihasilkan oleh jenis sumber energi tersebut ketika dibakar. Sebagai contoh, minyak tanah melepas senyawa emisi GRK CO₂, CH₄ dan N₂O. Masing-masing senyawa GRK dalam minyak tanah yang terbakar tersebut memiliki nilai FE: 71.900 kg CO₂/Tj; atau 3 kg CH₄/Tj; atau 0,6 kg N₂O/Tj.

Pemilihan *Global Warming Potential* (GWP)

Setiap personel yang melakukan penghitungan emisi GRK harus mengetahui *Global Warming Potential* (GWP) dari masing-masing senyawa GRK berdasarkan hasil kajian dari *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Hal ini ditujukan agar hasil akhir penghitungan emisi GRK dapat dikalkulasikan ke dalam satuan hitung karbon dioksida ekuivalen (CO₂e). Pemilihan angka GWP dalam penghitungan emisi GRK umumnya menggunakan rentang waktu per 100 tahun. Ada beberapa senyawa GRK yang nilai GWP nya sebagaimana dijabarkan dalam tabel 7, yang hanya menampilkan tiga senyawa GRK utama untuk digunakan dalam kegiatan aksi mitigasi berbasis masyarakat.

Tabel 7. GWP tiga senyawa GRK utama global

No.	Gas	GWP (CO ₂ -e)
1	CO ₂	1
2	Metana (CH ₄)	21
3	Nitrogen Oksida (N ₂ O)	310

Sumber: Second Assessment Report (SAR) for 100 years time horizon, IPCC2006

Nilai Kalor

Penghitungan emisi GRK dilakukan dengan merujuk kepada pedoman inventarisasi GRK yang dikeluarkan oleh IPCC (*Intergovernmental panel on climate change*). Pada pelaksanaan aksi mitigasi berbasis masyarakat sektor energi, beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah pemilihan nilai kalor (*heating value*) dari jenis bahan bakar/sumber energi, serta faktor emisinya (dapat menggunakan FE yang dikeluarkan IPCC, atau FE yang dimiliki nasional). Pemilihan nilai kalor dan FE akan mempengaruhi hasil akhir angka emisi GRK karena nilai kalor dan FE yang dikeluarkan oleh IPCC sering kali lebih besar dari FE nasional.

Nilai kalor digunakan untuk mengubah satuan unit bahan bakar (liter, kg, m³) ke dalam satuan energi (*Joule*). Setiap jenis bahan bakar akan memiliki nilai kalor yang berbeda-

beda. Pedoman ini menggunakan nilai kalor yang dikeluarkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM), kecuali untuk Biogas. Tabel 8 menyajikan nilai kalor yang digunakan terhadap bahan bakar spesifik untuk kegiatan aksi mitigasi berbasis masyarakat.

Tabel 8. Nilai kalor bahan bakar spesifik

Aktivitas (Sumber Utama Emisi GRK)	Penggunaan Energi	Satuan Energi yang ada	Nilai Kalor
Emisi Langsung			
a. Energi Rumah Tangga (RT)	Energi Fosil		
	Minyak Tanah	Liter	3,62E-05
	LPG	kg	5,20E-05
	Briket Batubara	kg	2,17E-05
	Briket gambut	kg	1,55E-05
	Energi Terbarukan		
	Biomassa (kayu, limbah)		
	- Arang kayu	kg	3,03E-05
	- Kayu bakar	kg	1,40E-05
	Biogas	m ³	2,00E-05
b. Pembangkitan Listrik (Diesel/ Genset)	Energi Fosil		
	Minyak Diesel (HSD)/IDO	Liter	4,07E-05
	Minyak Solar (ADO)	Liter	3,96E-05
	Fuel Oil (Minyak Bakar)	Liter	4,25E-05
	Energi Terbarukan		
	Biomassa (kayu bakar)	kg	1,40E-05

Aktivitas (Sumber Utama Emisi GRK)	Penggunaan Energi	Satuan Energi yang ada	Nilai Kalor
Emisi Langsung			
	Biogas	m3	
	Mikrohidro	kWh	1,54E-05
	Panel Surya (PV/SHS)	kWh	3,13E-06
	Kincir Angin (<i>wind energy</i>)	kWh	3,13E-06
Emisi Tidak Langsung			
a. Energi Rumah Tangga (RT)	Listrik PLN	kWh	3,13E-06

Langkah berikutnya adalah menggunakan nilai kalor dalam Tabel 8 dan mengkalikan dengan total konsumsi energi dalam satuan fisik (liter atau Kg), sehingga didapat angka energi dalam satuan energi (*Terajoule*), merupakan total konsumsi energi yang sudah dikonversi ke dalam satuan energi. Satuan unit energi yang digunakan dalam pedoman ini adalah “*Terajoule*” (TJ), untuk mempermudah penghitungan emisi GRK dimana satuan unit energi tersebut dikalikan dengan faktor emisi spesifik dengan satuan unit (contoh: kg CO₂/TJ; kg CH₄/TJ).

3.3 Pengumpulan Data

Untuk dapat menghitung penurunan emisi sebagaimana dijabarkan di Sub-bab 3.2 diperlukan data aktivitas, baik sebelum dilakukan mitigasi (terkait emisi baseline) maupun data aktivitas yang terkait dengan aksi mitigasi. Pada aksi mitigasi berbasis masyarakat pengumpulan data aktivitas bukanlah suatu yang mudah karena pada umumnya masyarakat tidak melakukan pencatatan data aktivitas (liter minyak tanah, kg LPG, kg kayu bakar dan lain-lain). Oleh karena itu penanggungjawab aksi perlu menyusun strategi pengumpulan data aktivitas misalnya melalui survei wawancara dengan masyarakat yang terkait dengan aksi mitigasi atau penelusuran data yang terdokumentasi pada kantor administrasi setempat, maupun

dari komunitas masyarakat dimana lokasi aksi berada. Setiap data aktivitas dikumpulkan dengan satuan ukur tertentu untuk mempermudah penghitungan total emisi GRK.

Tabel 9. Sumber emisi GRK tingkat rumah tangga/komunitas

Jenis Bahan Bakar	Satuan	Konsumsi Bahan Bakar			Catatan
		Jumlah KK	Konsumsi per KK	Total Konsumsi	
Minyak tanah	liter/bulan	A	B	$C = A \times B$	
LPG	Kg/bulan	E	F	$G = E \times F$	

Pada kategori sumber emisi GRK pembangkitan listrik, yang perlu diperhatikan adalah jumlah unit pembangkit yang tersedia dan digunakan pada daerah aksi, serta jumlah konsumsi energi fosil pada masing-masing unit pembangkit listrik tersebut.

Tabel 10. Data yang dibutuhkan untuk perhitungan mitigasi dari sumber emisi GRK **tidak langsung**

Aktivitas (Sumber Utama Emisi GRK)	Penggunaan Energi	Satuan Energi yang ada	Baseline		
			Konsumsi dalam satuan energi yang ada		
			Jumlah KK atau unit	Konsumsi per KK atau per unit	Total Konsumsi
Emisi Tidak Langsung					
a. Energi Rumah Tangga	Listrik PLN*	kWh	A	B	C = A x B

Note: *Pengumpulan data aktivitas dari supply energi listrik PLN yang terpasang diperlukan dalam hal pengembangan baseline emisi GRK pada daerah kegiatan aksi mitigasi berbasis masyarakat.

Tabel 11. Data yang dibutuhkan untuk penghitungan mitigasi dari sumber emisi GRK langsung

Aktivitas (Sumber Utama Emisi GRK)	Penggunaan Energi	Satuan Energi yang ada	MITIGASI		
			Konsumsi dalam satuan energi yang ada		
			Jumlah KK atau unit	Konsumsi per KK atau per unit	Total Konsumsi
Emisi Langsung					
a. Energi Rumah Tangga	Energi Fosil				
	Minyak Tanah	Liter	X	Y	Z = X x Y
	LPG	kg			
	Briket Batubara	kg			
	Briket gambut	kg			
	Energi Terbarukan				
	Biomassa (kayu, limbah)				
	- Arang kayu	kg			
	- Kayu bakar	kg			
	Biogas	m3			

Pada kategori kegiatan mitigasi perubahan iklim pembangkit listrik (Diesel/Genset), yang perlu diperhatikan adalah sumber energi yang digunakan pada pembangkit listrik tersebut, apakah berasal dari biomassa, biogas, mikrohidro, ataupun sumber energi terbarukan lainnya.

Perlu diperhatikan bahwa dalam pengumpulan data pada setiap kegiatan dalam inisiatif harus dapat memperlihatkan:

- Substitusi atau pengurangan pemanfaatan bahan bakar minyak (contoh: pengurangan konsumsi minyak tanah dengan beralih kepada biogas); dan/atau
- Pengurangan emisi GRK dari limbah (contoh: pemanfaatan kotoran ternak untuk biogas).

3.4 Contoh Penghitungan

Tabel 12. Contoh konsumsi energi baseline

Aktivitas (Sumber Utama Emisi GRK)	Penggunaan Energi	Satuan Energi yang ada	Baseline				
			Konsumsi dalam satuan energi yang ada			Nilai Kalor	Konsumsi
			Jumlah KK atau unit	Konsumsi per KK atau per unit	Total Konsumsi		
			A	B	C = A x B	D	TJ
E = C x D							
Emisi Langsung							
a. Energi Rumah Tangga	Energi Fosil						
	Minyak Tanah	Liter	20	182.5	3650	3,62E-05	1,32E-01
	LPG	Kgram	50	182.5	9125	5,20E-05	4,75E-01
	Briket Batubara	Kgram				2,17E-05	
	Briket gambut	Kgram				1,55E-05	
b. Pembangkitan Listrik (Diesel/ Genset)							
	Energi Fosil						
	Minyak Diesel (HSD)/ IDO	Liter				4,07E-05	
	Minyak Solar (ADO)	Liter	1	48	48	3,96E-05	1,90E-03
	Fuel Oil (Minyak Bakar)	Liter				4,25E-05	
Emisi Tidak Langsung							
a. Energi Rumah Tangga	Listrik PLN	kWh	70	2400	168.000	3 13E-06	9,20E-01

Keterangan:

Angka yang tercantum dalam Kolom A dan B adalah contoh dan digunakan untuk menghitung pada Kolom C, D dan E

Tabel 13. Konsumsi energi inisiatif mitigasi perubahan iklim

Aktivitas (Sumber Utama Emisi GRK)	Penggunaan Energi	Satuan Energi yang ada	Baseline				
			Konsumsi dalam satuan energi yang ada			Nilai Kalor	Konsumsi
			Jumlah KK atau unit	Konsumsi per KK atau per unit	Total Konsumsi		
Emisi Langsung							
a. Energi Rumah Tangga	Energi Fosil						
	Minyak Tanah	Liter	3,62E-05	0			
	LPG	kg	5,20E-05	50	182,5	9125	4,75E-01
	Briket Batubara	Kgram	2,17E-05				
	Briket gambut	Kgram	1,55E-05				
	Energi Terbarukan						
	Biomassa (kayu, limbah)						
	- Arang kayu	Kgram	3,03E-05				
	- Kayu bakar	Kgram	1,40E-05				
	Biogas	M3	2,00E-05	20	100	2000	4,00E-02

b. Pembangkitan Listrik (Diesel/ Genset)	Energi Fosil					
	Minyak Diesel (HSD)/ IDO	Liter	4,07E-05			
	Minyak Solar (ADO)	Liter	3,96E-05	1	48	1,90E-03
	Fuel Oil (Minyak Bakar)	Liter	4,25E-05			
Emisi Tidak Langsung						
a. Energi Rumah Tangga	Listrik PLN	kWh	3,13E-06	70	4200	294.000 9,20E-01

Keterangan:

Angka yang tercantum dalam Kolom D adalah hasil penghitungan dari Tabel 8

E = Eksponen.

Tabel 14 Kalkulasi angka emisi GRK baseline

Aktivitas (Sumber Utama Emisi GRK)	Penggunaan Energi	Faktor Emisi			Konsumsi Energi, TJ	Tingkat Emisi Baseline, KGram GRK			
		FE, kGram CO ₂ /TJ	FE, kGram CH ₄ /TJ	FE, kGram N ₂ O/TJ		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ -e
		FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O					
					e	g CO ₂ = FE CO ₂ x e	g CH ₄ = EF CH ₄ x e	g N ₂ O = EF N ₂ O x e	g CO ₂ -e = g CO ₂ + (21* g CH ₄) + (310* g N ₂ O)
Emisi Langsung									
a. Energi Rumah Tangga	Energi Fosil								
	Minyak Tanah	71900	3	0,6	1,32E-01	71900 x A	3 x A	0,6 x A	9,52E+03
	LPG	63100	1	0,1	4,75E-01	63100 x B	1 x B	0,1 x B	3,42E+04

Aktivitas (Sumber Utama Emisi GRK)	Penggunaan Energi	Faktor Emisi			Konsumsi Energi, TJ	Tingkat Emisi Baseline, KGram GRK			
		FE, kGram CO ₂ /TJ	FE, kGram CH ₄ /TJ	FE, kGram N ₂ O/TJ		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ -e
		FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	e	$g\text{ CO}_2 = \frac{FE\text{ CO}_2}{x} \times e$	$g\text{ CH}_4 = \frac{FE\text{ CH}_4}{x} \times e$	$g\text{ N}_2\text{O} = \frac{FE\text{ N}_2\text{O}}{x} \times e$	$g\text{ CO}_2\text{-e} = g\text{ CO}_2 + (21 \times g\text{ CH}_4) + (310 \times g\text{ N}_2\text{O})$
	Briket Batubara (brown coal bricket)	97500	10	1,5					
	Briket Gambut	106000	10	1,4					
Energi Fosil									
b. Pembangkitan Listrik (Diesel/ Genset)	Minyak Diesel (HSD)	74100	3	0,6					
	Minya Solar (ADO)								
	Fuel Oil (Minyak Bakar)	77400	3	0,6					
Aktivitas (Sumber Utama Emisi GRK)	Penggunaan Energi	FE CO ₂ -eq Kgram/Tj			Konsumsi Energi (TJ)		CO ₂ -eq FE*(TJ)		
Emisi Tidak Langsung	Listrik PLN (Baseline faktor emisi CDM 2010)								

Aktivitas (Sumber Utama Emisi GRK)	Penggunaan Energi	Faktor Emisi			Konsumsi Energi, TJ	Tingkat Emisi Baseline, KGram GRK			
		FE, kGram CO ₂ /TJ	FE, kGram CH ₄ /TJ	FE, kGram N ₂ O/TJ		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ -e
		FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O		$\text{g CO}_2 = \frac{\text{FE CO}_2}{\text{FE CO}_2} \times e$	$\text{g CH}_4 = \frac{\text{FE CH}_4}{\text{CH}_4} \times e$	$\text{g N}_2\text{O} = \frac{\text{FE N}_2\text{O}}{\text{N}_2\text{O}} \times e$	$\text{g CO}_2\text{-e} = \text{g CO}_2 + (21 \times \text{g CH}_4) + (310 \times \text{g N}_2\text{O})$
a. Energi Rumah Tangga	Jamali	0,891				9,20E-01		8,20E-01	
	Kalimantan Timur	0,742							
	Kalimantan Barat	0,775							
	Kalimantan tengah dan selatan	1,273							
	Sulawesi Utara, Tengah dan Gorontalo	0,161							
	Sulawesi Selatan, Barat dan Tenggara	0,269							
	Sumatera	0,743							

Tabel 15. Penghitungan angka emisi GRK inisiatif mitigasi perubahan iklim

Aktivitas (Sumber Utama Emisi GRK)	Penggunaan Energi	Faktor Emisi			Konsumsi Energi, TJ	Tingkat Emisi Baseline, KGram GRK			
		FE, kGram CO ₂ /TJ	FE, kGram CH ₄ /TJ	FE, kGram N ₂ O/TJ		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ -e
		FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	f	f CO ₂ = FE CO ₂ x e	f CH ₄ = EF CH ₄ x e	f N ₂ O = EF N ₂ O x e	f CO ₂ -e = f CO ₂ + (21*f CH ₄) + (310*f N ₂ O)
Emisi Langsung									
a. Energi Rumah Tangga									
Energi Fosil	Minyak Tanah	71900	3	0,6	0	0	0	0	0
	LPG	63100	1	0,1					
	Briket Batubara (brown coal bricket)	97500	10	1,5					
	Briket Gambut	106000	10	1,4					
	Energi Terbarukan								
	Biomass (kayu bakar)	112000	300	4					
	Biomass Charcoal (arang kayu)	112000	200	1					
	Biogas (landfill gas/LFG; Sludge Gas; Other Biogas)	54600	5	0,1	9,20E-01	2,18E+03	2,00E-01	4,00E-03	2,19E+03

Jumlah emisi GRK baseline	—	Jumlah emisi GRK dari pelaksanaan inisiatif/mitigasi perubahan iklim	=	Penurunan emisi GRK (Kgram/Thn)
Minyak Tanah (9,52E+03) + LPG (3,42E+04) + PLN (8,20E-01)	—	Minyak Tanah (Nol) + LPG (3,42E+04) + PLN (8,20E-01)	=	9520

Beberapa faktor konversi yang digunakan dalam penghitungan emisi GRK sektor energi adalah sebagai berikut:

Tabel 16 Nilai Kalor

Penggunaan Energi	Satuan Fisik	Nilai Kalor (TJ/Satuan Fisik)
Arang kayu	Kgram	3,03E-05
Biomassa (kayu bakar)	Kgram	1,40E-05
Briket Batubara	Kgram	2,17E-05
Briket Gambut	Kgram	1,55E-05
Biogas	M3	2,00E-05
LPG	Kgram	5.20E-05
Minyak Tanah	Liter	3.62E-05
Minyak Diesel (HSD)/IDO	Liter	4,07E-05
Minyak Bakar (<i>Fuel Oil</i>)	Liter	4,25E-05
Minyak Solar (ADO)	Liter	3,96E-05
Bio-Diesel	Liter	
Bio-Ethanol	Liter	

Tabel 17 Faktor Emisi Bahan Bakar untuk Penggunaan Sumber Stasioner (kg/TJ)

Penggunaan Energi	CO2	CH4	N2O
RUMAH TANGGA			
Energi Fosil			
LPG	63100	1	0.1
Minyak Tanah	71900	3	0.6

Briket Batubara (<i>brown coal bricket</i>)	97500	10	1.5
Briket Gambut	106000	10	1.4
Energi Terbarukan			
Biomassa (kayu bakar)	112000	300	4
Biomassa Charcoal (arang kayu)	112000	200	1
Biogas (<i>landfill gas/LFG, sludge gas, other biogas</i>)	54600	5	0.1
PEMBANGKIT/GENSET			
Energi Fosil			
Minyak Diesel (HSD)	74100	3	0.6
Fuel Oil (Minyak Bakar)	77400	3	0.6
Energi Terbarukan			
Biomassa (kayu bakar)	112000	300	4
Biomassa Charcoal (arang kayu)	112000	200	1
Biogas (<i>landfill gas/LFG, sludge gas, other biogas</i>)	54600	5	0.1
BioDiesel/Biogasoline	70800	10	0.6
PLTSa (Pembangkit Listrik Tenaga Sampah) - municipal waste	100000	300	4

Tabel 17 Faktor Emisi Bahan Bakar untuk Penggunaan Sumber Stasioner (kg/TJ)

Provinsi	2010		2011		2012		2013		2014	
	FE On Grid	FE Off Grid	FE On Grid	FE Off Grid	FE On Grid	FE Off Grid	FE On Grid	FE Off Grid	FE On Grid	FE Off Grid
Aceh	0,749	0,708	0,724	0,712	0,687	0,711	0,668	0,689	0,668	0,689
Sumatera Utara	0,749	0,708	0,724	0,712	0,687	0,711	0,668	0,689	0,668	0,689
Sumatera Barat	0,749	0,708	0,724	0,712	0,687	0,711	0,668	0,689	0,668	0,689
Riau	0,749	0,708	0,724	0,712	0,687	0,711	0,668	0,689	0,668	0,689
Jambi	0,749	0,708	0,724	0,712	0,687	0,711	0,668	0,689	0,668	0,689
Sumatera Selatan	0,749	0,708	0,724	0,712	0,687	0,711	0,668	0,689	0,668	0,689
Bengkulu	0,749	0,708	0,724	0,712	0,687	0,711	0,668	0,689	0,668	0,689
Lampung	0,749	0,708	0,724	0,712	0,687	0,711	0,668	0,689	0,668	0,689
Kep. Bangka Belitung	0,749	0,708	0,724	0,712	0,687	0,711	0,668	0,689	0,668	0,689
Kepulauan Riau	0,549	0,738	0,722	0,714	0,714	0,713	1,328	1,070	1,328	1,070
DKI Jakarta	0,730	0,744	0,778	0,686	0,823	0,701	0,855	0,703	0,855	0,703
Jawa Barat	0,730	0,744	0,778	0,686	0,823	0,701	0,855	0,703	0,855	0,703
Jawa Tengah	0,730	0,744	0,778	0,686	0,823	0,701	0,855	0,703	0,855	0,703
DI Yogyakarta	0,730	0,744	0,778	0,686	0,823	0,701	0,855	0,703	0,855	0,703
Jawa Timur	0,730	0,744	0,778	0,686	0,823	0,701	0,855	0,703	0,855	0,703
Banten	0,730	0,744	0,778	0,686	0,823	0,701	0,855	0,703	0,855	0,703
Bali	0,730	0,744	0,778	0,686	0,823	0,701	0,855	0,703	0,855	0,703
NTB-Lombok	0,742	0,742	0,716	0,721	0,720	0,722	0,844	0,736	0,844	0,736
NTB-Bima	0,742	0,742	0,779	0,776	0,736	0,739	0,788	0,789	0,788	0,789
NTB-Sumbawa	0,742	0,742	0,733	0,737	0,749	0,754	0,620	0,525	0,620	0,525
NTT-Kupang	0,752	0,752	0,732	0,731	0,760	0,785	0,753	0,755	0,753	0,755
NTT-Ende	0,752	0,752	0,735	0,738	0,750	0,752	0,730	0,737	0,730	0,737
NTT-Maumere	0,752	0,752	0,728	0,727	0,699	0,701	0,734	0,732	0,734	0,732
NTT-Waingapu	0,752	0,752	0,974	0,970	0,737	0,741	0,742	0,744	0,742	0,744
Kalimantan Barat	0,733	0,720	0,726	0,726	0,732	0,727	0,725	0,720	0,725	0,720
Kalimantan Tengah	0,960	0,749	0,888	0,740	0,900	0,720	1,220	0,679	1,220	0,679
Kalimantan Selatan	0,960	0,749	0,888	0,740	0,900	0,720	1,220	0,679	1,220	0,679
Kalimantan Timur	0,861	0,734	0,959	0,779	1,069	0,731	1,198	0,696	1,198	0,696
Sulawesi Utara	0,332	0,691	0,480	0,735	0,600	0,725	0,737	0,725	0,737	0,725
Sulawesi Tengah	0,332	0,691	0,480	0,735	0,600	0,725	0,737	0,725	0,737	0,725
Sulawesi Selatan	0,605	0,740	0,364	0,475	0,746	0,706	0,868	0,782	0,868	0,782
Sulawesi Tenggara	0,605	0,740	0,364	0,475	0,746	0,706	0,868	0,782	0,868	0,782
Gorontalo	0,332	0,691	0,480	0,735	0,600	0,725	0,737	0,725	0,737	0,725
Sulawesi Barat	0,605	0,740	0,364	0,475	0,746	0,706	0,868	0,782	0,868	0,782
Maluku-Ambon	0,752	0,752	0,736	0,761	0,735	0,751	0,735	0,736	0,735	0,736
Maluku-Tual	0,752	0,752	0,772	0,771	0,730	0,739	0,741	0,748	0,741	0,748
Maluku-Masohi	0,752	0,752	0,735	0,721	0,739	0,735	0,759	0,755	0,759	0,755
Maluku Utara	0,752	0,752	0,737	0,743	0,746	0,746	0,738	0,738	0,738	0,738
Papua Barat	0,752	0,752	0,690	0,690	0,719	0,719	0,717	0,717	0,717	0,717
Papua	0,752	0,752	0,690	0,690	0,719	0,719	0,717	0,717	0,717	0,717

Sumber: Ditjen Ketenagalistrikan, 2014

Contoh Kasus 1

Suatu daerah dengan populasi 70 Kepala Keluarga (KK) mengkonsumsi energi fosil yang terdiri dari:

1. Minyak tanah, digunakan oleh 20 KK, masing-masing KK menggunakan 0,5 liter/hari.
2. LPG, digunakan oleh 50 KK, masing-masing KK menggunakan 0,5 kg/hari.
3. Satu unit Genset, mengkonsumsi minyak solar rata-rata 4 liter/bulan.
4. Sebanyak 70 rumah dengan kapasitas listrik masing-masing 450 kWh, dengan konsumsi per KK masing-masing 200 kWh/bulan (dapat dilihat dari biaya bulanan PLN).

Data aktivitas angka 1 sampai dengan 4 selanjutnya disebut sebagai data baseline.

Selanjutnya, daerah tersebut melakukan kegiatan mitigasi perubahan iklim melalui:

5. Pemasangan instalasi biogas dengan besaran variatif dengan total 100 m³. Gas dari instalasi biogas ini dimanfaatkan oleh 20 KK untuk memasak. Sehingga minyak tanah disubsitusi dengan gas dari instalasi Biogas pada daerah tersebut.

Data aktivitas angka 5 selanjutnya disebut sebagai data mitigasi perubahan iklim.

Beberapa hal yang perlu digaris bawahi dalam mengumpulkan data aktivitas:

- Pengumpulan data penggunaan energi fosil harus dihitung sebelum ada inisiatif kegiatan mitigasi perubahan iklim. Data yang terkumpul tersebut selanjutnya disebut sebagai Data *Baseline*;
- Pengumpulan data penggunaan energi baru terbarukan melalui inisiatif kegiatan mitigasi perubahan iklim dilakukan sejak kegiatan mitigasi mulai beroperasi. Data yang terkumpul tersebut selanjutnya disebut sebagai Data Mitigasi;

- Total KK sebelum adanya inisiatif kegiatan mitigasi perubahan iklim pada daerah tersebut harus sama dengan Total KK setelah ada inisiatif kegiatan mitigasi perubahan iklim. Jika terjadi fluktuasi penambahan ataupun pengurangan KK, perlu dijabarkan dalam laporan karena akan berimplikasi pula kepada angka akhir emisi GRK.

Sebelum memasukkan data aktivitas di atas, perlu dipastikan bahwa setiap satuan unit energi (misal: liter atau kg) serta satuan rentang waktu (hari/minggu/bulan/tahun) dicatat dengan konsisten. Dalam hal penghitungan emisi GRK, satuan rentang waktu yang biasa digunakan adalah 'tahun'. Dengan begitu, konsumsi energi per KK dari data aktivitas diatas menjadi:

- Minyak tanah, $0,5 \text{ liter/hari} \times 365 \text{ hari} = 182.5 \text{ liter}$
- LPG, $0,5 \text{ kg/hari} \times 365 \text{ hari} = 182.5 \text{ kg}$
- Satu unit Genset, $4 \text{ liter/bulan} \times 12 \text{ bulan} = 48 \text{ liter}$
- Listrik PLN, $200 \text{ kWh/bulan} \times 12 \text{ Bulan} = 2.400 \text{ kWh/tahun}$
- Biogas, 100 m^3

Selanjutnya memasukkan data aktivitas ke dalam tabel 19, tabel 20 dan tabel 21 seperti dibawah ini.

Tabel 19 Konsumsi Energi berdasarkan Sumber emisi GRK langsung

Aktivitas (Sumber Utama Emisi GRK)	Penggunaan Energi	Satuan Energi yang ada	Konsumsi dalam satuan energi yang ada		
			Jumlah KK atau unit	Konsumsi per KK atau per unit (dalam 1 tahun)	Total Konsumsi
			A	B	C = A x B
Emisi Langsung					
a. Energi Rumah Tangga	Energi Fosil				
	Minyak Tanah	Liter	20	182.5	3650
	LPG	kg	50	182,5	9125
	Briket Batubara	kg	-	-	
	Briket gambut	kg	-	-	

Aktivitas (Sumber Utama Emisi GRK)	Penggunaan Energi	Satuan Energi yang ada	Konsumsi dalam satuan energi yang ada		
			Jumlah KK atau unit	Konsumsi per KK atau per unit (dalam 1 tahun)	Total Konsumsi
			A	B	C = A x B
b.Pembangkitan Listrik (Diesel/ Genset)	Energi Fosil				
	Minyak Diesel (HSD)/IDO	Liter	-	-	
	Minyak Solar (ADO)	Liter	1	48	48
	Fuel Oil (Minyak Bakar)	Liter	-	-	

Tabel 20. Konsumsi Energi berdasarkan Sumber emisi GRK tidak langsung

Aktivitas (Sumber Utama Emisi GRK)	Penggunaan Energi	Satuan Energi yang ada	Baseline		
			Konsumsi dalam satuan energi yang ada		
			Jumlah KK atau unit	Konsumsi per KK atau per unit (dalam 1 tahun)	Total Konsumsi
			A	B	C = A x B
Emisi Tidak Langsung					
a. Energi RT	Listrik PLN	kWh	70	2400	168.000

Tabel 21 Konsumsi Energi sejak inisiatif kegiatan mitigasi perubahan iklim dilaksanakan

Aktivitas (Sumber Utama Emisi GRK)	Penggunaan Energi	Satuan Energi yang ada	MITIGASI		
			Konsumsi dalam satuan energi yang ada		
			Jumlah KK atau unit	Konsumsi per KK atau per unit (dalam 1 tahun)	Total Konsumsi
			x	y	z
Emisi Langsung					
a. Energi RT	Energi Fosil				
	Minyak Tanah	Liter	0		
	LPG	Kgram	50	182,5	9125
	Briket Batubara	Kgram	-		
	Briket gambut	Kgram			
	Energi Terbarukan				
	Biomass (kayu, limbah)				
	Arang kayu	Kgram			
	Kayu bakar	Kgram			
	Biogas	M3	20	100	2000

Dari tabel 21, terlihat bahwa pemanfaatan biogas menggantikan konsumsi minyak tanah. Pada kondisi sebelumnya (tabel 19) dituliskan bahwa minyak tanah dikonsumsi oleh 20 KK. Setelah adanya inisiatif pemanfaatan biogas, 20 KK tersebut tidak lagi menggunakan minyak tanah, sehingga data pemanfaatan minyak tanah pada Tabel 20 menjadi 0 (nol). Pada kondisi ini, data aktivitas dari penggunaan LPG tetap dimasukkan untuk melihat selisih konsumsi energi antara energi fosil dengan energi terbarukan.

Contoh Kasus 2

Perhitungan emisi baseline pembangkit listrik *off-grid* di suatu daerah menggunakan faktor emisi bahan bakar pembangkit yang digantikan, misalnya: PLTD (pembangkit listrik tenaga diesel) atau faktor emisi regional yang ditetapkan berdasarkan jenis pembangkit yang lazim digunakan di daerah tersebut. Emisi baseline untuk pembangkit listrik *on-grid* (PLN) di suatu daerah menggunakan faktor emisi dari grid di daerah tersebut. Data faktor emisi *off-grid* maupun *on-grid* di berbagai daerah disampaikan pada Tabel 18.

i. Contoh penghitungan *on-grid*:

Suatu desa mendapat pasokan listrik dari jaringan listrik PLN (*on-grid*) sebelum dilakukan aksi mitigasi. Kegiatan mitigasi dilakukan dengan membangun PLTS berkapasitas 25 kW dan beroperasi tiap hari selama 5 jam. Penurunan emisi GRK dihitung dari produksi listrik yang dihasilkan dalam setahun. Faktor emisi *grid* pada daerah tersebut digunakan untuk menghitung emisi baseline. Emisi dari kegiatan mitigasi merupakan data aktivitas dikalikan dengan faktor emisi dari pembangkit PLTS. Dikarenakan faktor emisi PLTS bernilai 0 (nol), maka emisi dari penggunaan listrik yang bersumber PLTS juga 0 (nol).

Untuk contoh kasus di atas data aktivitas produksi listrik pembangkit adalah:

$$25 \text{ kW} \times 5 \text{ jam/hari} \times 365 \text{ hari/tahun} = 45.625 \text{ kWh}$$

Misal faktor emisi grid PLN yang digunakan adalah 0,749 kg CO₂-e/kWh maka capaian aksi mitigasi tersebut adalah:

$$(0,749 \text{ kg CO}_2\text{-e/kWh} \times 45.625 \text{ kWh/tahun}) - 0 = 34 \text{ 173 kg CO}_2\text{-e/tahun}$$

Emisi mitigasi bernilai nol karena faktor emisi dari energi terbarukan adalah nol.

ii. Contoh penghitungan *off-grid*:

Desa A di Sulawesi Selatan mendapatkan pasokan listrik dari

diesel genset (*off-grid*) dengan kapasitas 45 kW dengan jam operasi 12 jam per hari per tahun. Pada tahun 2013, masyarakat di desa tersebut membangun mikrohidro dengan kapasitas terpasang sebesar 30 kW dan beroperasi selama 18 jam per hari per tahun. Sedangkan genset masih beroperasi, tetapi hanya selama 6 jam per hari per tahun saja.

Pada hitungan berikut disampaikan perhitungan penurunan emisi CO₂ yang akan terjadi dalam 1 tahun dengan asumsi sebagian energi genset tergantikan dengan mikrohidro. Nilai faktor emisi GRK jaringan ketenagalistrikan untuk Sulawesi Selatan di tahun 2013 adalah sebesar 0,782 kg CO₂-eq/kWh; dan untuk tahun sebelumnya (2012) sebesar 0,706 kg CO₂-eq/kWh.

Tabel 22. Penghitungan off grid untuk Sulawesi Selatan

Kegiatan	Sumber Energi	Data Aktivitas		Faktor Emisi (kgCO ₂ /kWh)	Baseline (kgCO ₂)	Mitigasi (kgCO ₂)	Reduksi (kgCO ₂)
		Daya (kWh)	Waktu Operasi (jam/th)				
Penyediaan Listrik Desa A							
Tahun 2012	Genset	45	4380	0.706	139,152.60	-	
Tahun 2013	Genset	45	2190	0.782		77,066.10	62,086.50
	Mikro-hidro	30	6570	0		-	

- Penurunan emisi per tahun di Desa A sejak tahun 2013 sebesar 139,152.60 - 77,066.10 kgCO₂ = 62,086.50 kgCO₂ atau 62 ton CO₂

- Desa A mendapat pasokan listrik selama 18 jam bersumber mikrohidro, tanpa menimbulkan emisi gas rumah kaca
- Desa A menghemat konsumsi bahan bakar genset dari 12 jam operasi menjadi 6 jam operasi

Contoh Kasus 3

Pemerintah Provinsi A melakukan pembangunan PLTS untuk penerangan jalan umum menggantikan listrik PLN. Kegiatan ini merupakan Program Peningkatan Kualitas dan Kuantitas Pencahayaan Kota dan Program Diversifikasi Sumber Daya Energi oleh Dinas Perindustrian dan Energi pemerintah Provinsi A. Adapun data penerangan jalan umum PLTS yang terpasang disampaikan pada Tabel 23.

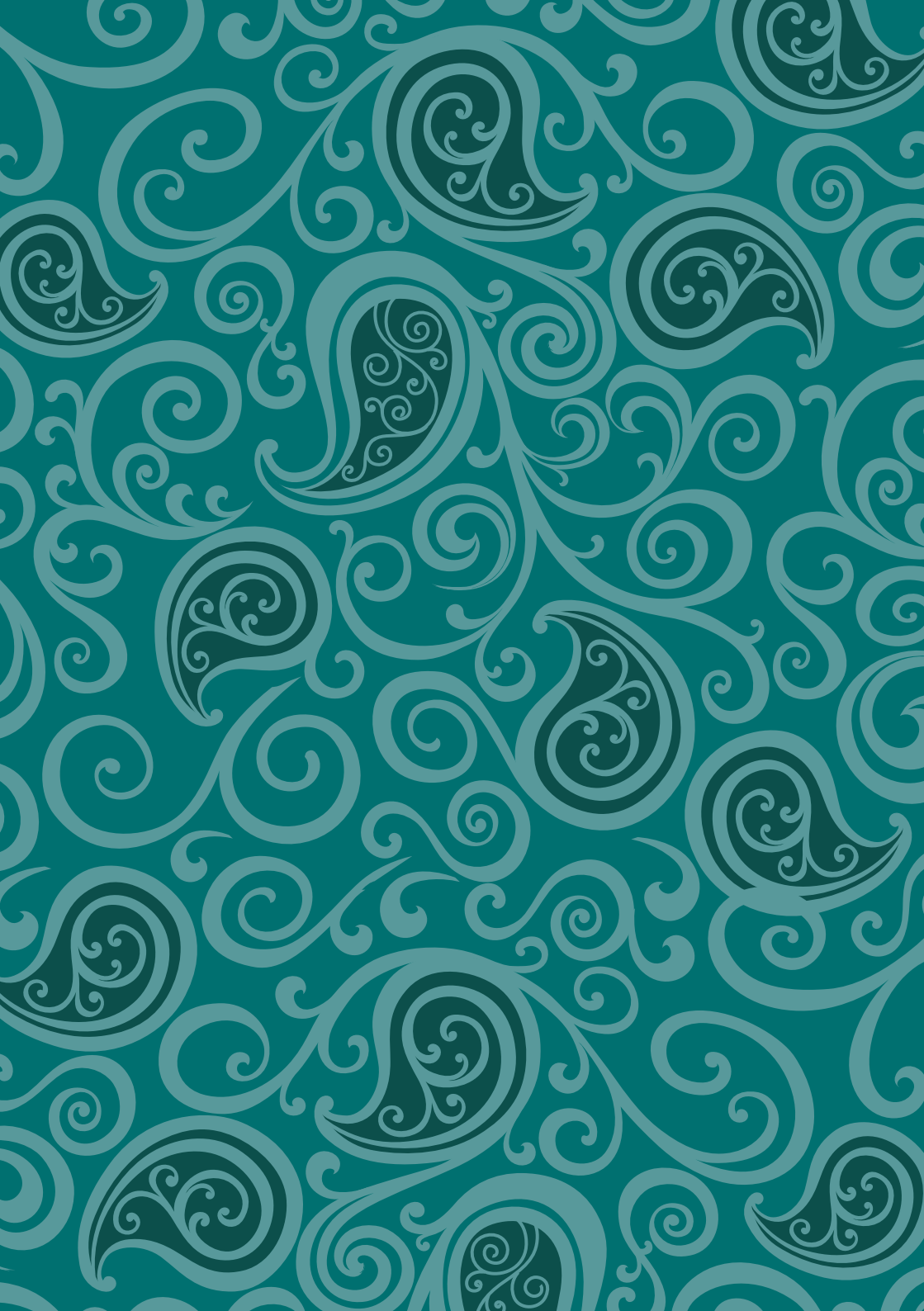
Tabel 23. Data pemasangan PJU PLTS provinsi A

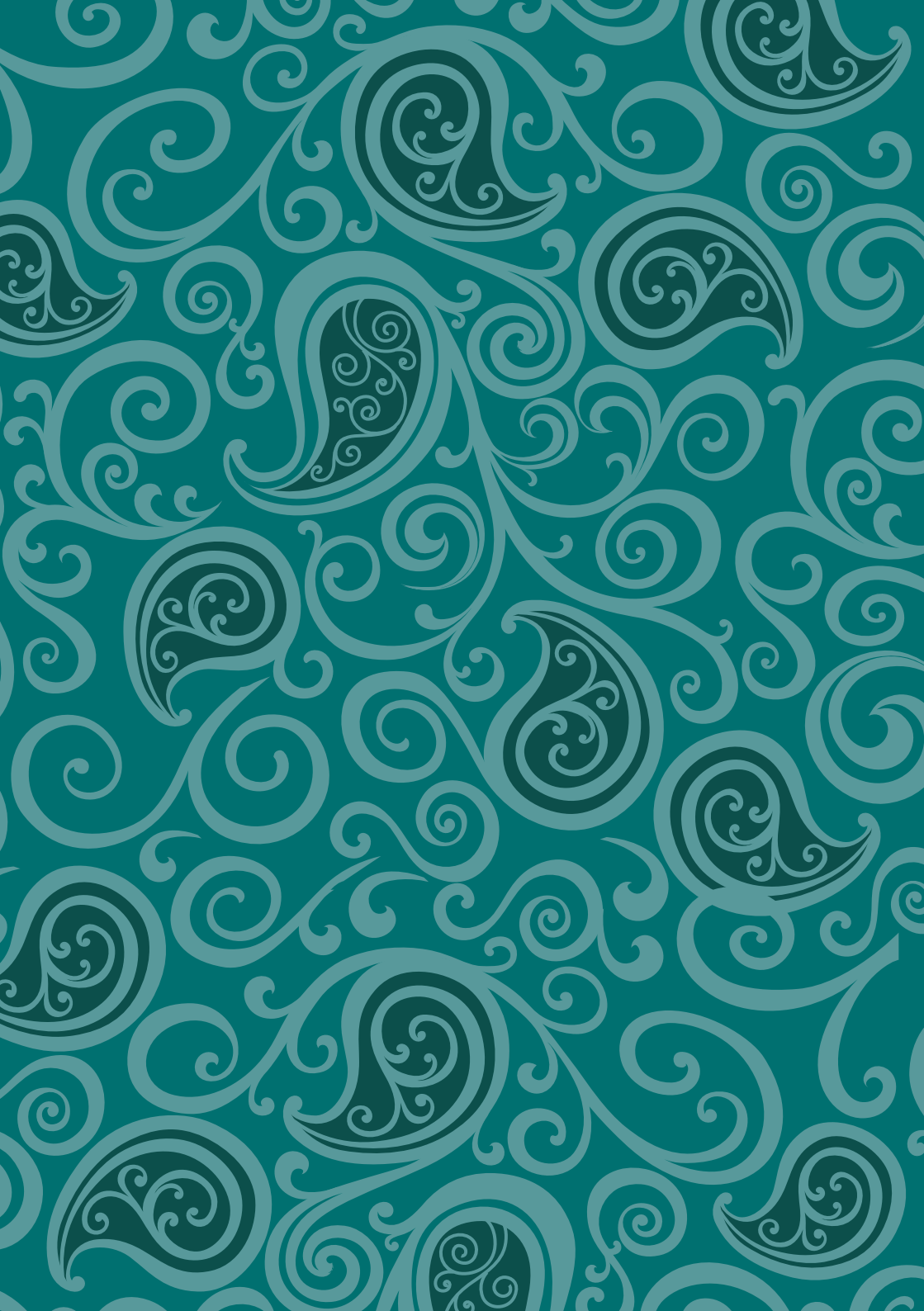
Wilayah	Jumlah titik lampu PJU PLTS	Daya lampu
	titik	watt
Walikota D	4	80
Walikota E	11	80
Walikota F	8	80
Walikota G	8	80
Kantor Gubernur Provinsi A	1	120

Emisi baseline dihitung dengan menggunakan faktor emisi jaringan ketenagalistrikan *on-grid* dan untuk emisi kegiatan aksi mitigasi menggunakan faktor emisi PLTS yang bernilai nol. Penghitungan penurunan emisi GRK mitigasi PJU PLTS menggunakan data aktivitas jumlah titik pemasangan lampu PJU, daya lampu PJU dan lama nyala lampu per hari dalam satu tahun. Penghitungan penurunan emisi GRK penerangan jalan umum PLTS Provinsi A sebagai berikut:

Wilayah	Jumlah Titik Lampu PJU (titik)	Daya Lampu	Konsumsi Listrik (watt)
A	B	C	$D = \sum_i B_i \times C_i$
Walikota D	4	80	2.600
Walikota E	11	80	
Walikota F	8	80	
Walikota G	8	80	
Kantor Gubernur Provinsi A	1	120	
Lama Operasi Lampu (jam)	Hari Operasi dalam setahun (hari)	Produksi Listrik Selama Setahun (MWh)	
E	F	G	
12	365	11,39	
Faktor Emisi (ton CO ₂ e/MWh)	Rugi-rugi Jaringan Transmisi dan Distribusi (%)	Emisi GRK (ton CO ₂ e)	
H	I	J	
0,763	8,610	9,51	

Pada Tabel 24 ditampilkan hasil penghitungan penurunan emisi GRK mitigasi PJU PLTS tahun 2014 sebesar 9,51 ton CO₂-eq.





LAMPIRAN II : PERATURAN DIREKTUR JENDERAL
PENGENDALIAN PERUBAHAN IKLIM TENTANG
PEDOMAN PENGHITUNGAN EMISI GAS RUMAH
KACA UNTUK AKSI MITIGASI PERUBAHAN IKLIM
BERBASIS MASYARAKAT

NOMOR : P. /PPI/SET/KUM.1/12/2017

TANGGAL : DESEMBER 2017

**PEDOMAN PENGHITUNGAN EMISI GAS RUMAH KACA UNTUK
AKSI MITIGASI PERUBAHAN IKLIM BERBASIS MASYARAKAT
PADA SEKTOR KEHUTANAN**

I. PENDAHULUAN

Pada sektor kehutanan, dikenal dua jenis proses yang terkait dengan emisi gas rumah kaca (GRK), yaitu emisi dan serapan. Emisi terjadi karena proses terlepasnya zat karbon (dilambangkan dengan C) dari 5lima (lima5) bagian biomassa, yaitu biomassa tegakan/tumbuhan di atas tanah (*Above Ground Biomass*), biomassa tegakan/tumbuhan di bawah tanah (*Below Ground Biomass*), seresah, kayu mati/lapuk, dan bahan organik tanah hutan. Pada pedoman ini bagian biomassa yang diukur masih terbatas pada biomassa tegakan/tumbuhan di atas tanah. Sementara itu, serapan terjadi karena proses penyerapan zat karbon oleh tegakan/ tumbuhan.

Dalam pedoman ini, aksi mitigasi sektor kehutanan dibagi menjadi 2 (dua) kelompok aksi yaitu Pencegahan hilangnya simpanan karbon dan peningkatan serapan karbon. Kelompok aksi Pencegahan hilangnya simpanan karbon merupakan aksi mempertahankan biomassa di atas tanah, perhitungan didasarkan pada laju perubahan tutupan lahan//*deforestasi*. Sementara, kelompok aksi peningkatan serapan karbon perhitungannya didasarkan pada kegiatan penanaman. Serapan dapat dihitung/ diperkirakan dari luas penanaman atau jumlah tanaman, keberhasilan tanam, dan pertumbuhan diameter pohon atau riap.

Kelompok aksi Pencegahan hilangnya simpanan karbon dibagi menjadi 2 (dua) kegiatan yaitu kegiatan inti dan kegiatan pendukung. Kegiatan inti dalam hal ini merupakan kegiatan yang secara langsung mempertahankan cadangan karbon dari laju *deforestasi*, sementara kegiatan pendukung adalah kegiatan yang secara tidak langsung berkontribusi terhadap pencegahan hilangnya simpanan karbon, contohnya kegiatan pencegahan kebakaran hutan, pencegahan alih guna lahan dan kegiatan pengamanan hutan.

Kegiatan pendukung ini tidak dapat langsung dihitung emisinya karena banyak faktor yang mempengaruhi, tidak hanya dari satu jenis kegiatan. Sebagai contoh, Pencegahan hilangnya simpanan karbon akibat pencegahan kebakaran hutan bisa terjadi akibat adanya gabungan beberapa kegiatan seperti patroli hutan, pembentukan masyarakat peduli api, kebijakan pemerintah terkait larangan membuka lahan dengan membakar, dll. Emisi dari Pencegahan hilangnya simpanan karbon ini umumnya dihitung melalui pendekatan perubahan tutupan lahan.

Kelompok aksi peningkatan serapan karbon bersifat kegiatan inti dimana dapat dihitung secara langsung pada aksi penanaman.

II. RUANG LINGKUP

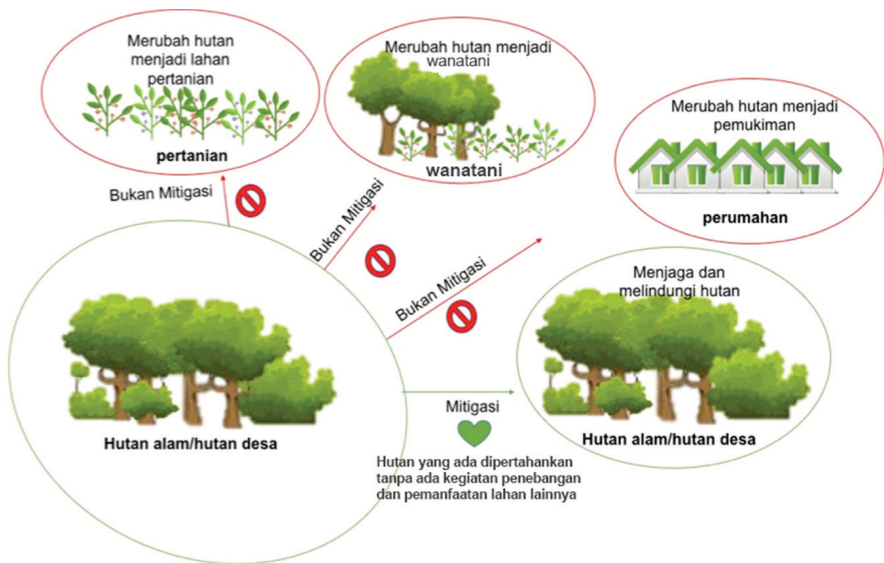
Pedoman penghitungan emisi gas rumah kaca berbasis masyarakat untuk sektor kehutanan dapat digunakan untuk kegiatan peningkatan serapan karbon berupa penanaman di lahan kritis, pembangunan jalur hijau, pemberdayaan pekarangan, atau penerapan agroforestry wanatani pada pertanian lahan kering.

2.1 Aksi Mitigasi Pencegahan Penurunan Cadangan Karbon

2.1.1 Mempertahankan Tutupan Lahan

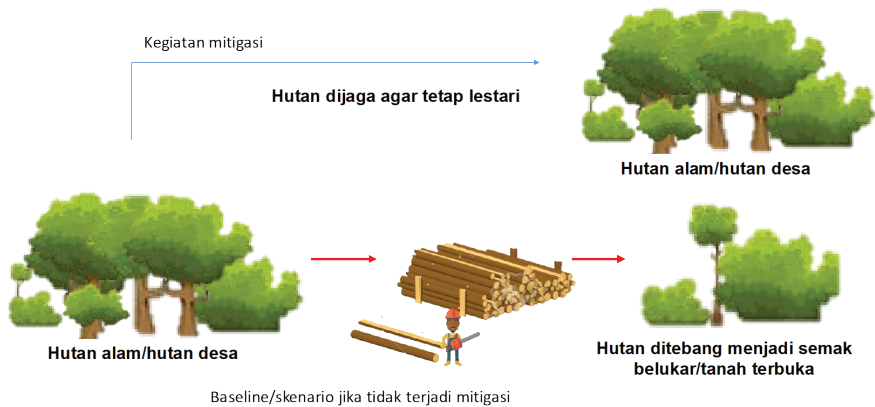
Pengendalian alih guna lahan/pengendalian tata ruang wilayah desa ketika pemangku kepentingan desa harus memilih antara melestarikan hutan atau merubah hutan desa menjadi tutupan lahan lainnya seperti lahan pertanian, agroforestriwanatani,

perkebunan, atau pemukiman. Pemangku kepentingan kemudian memutuskan untuk mempertahankan hutan desa dibandingkan merubah hutan desa sebagai tutupan lainnya yaitu merubahnya menjadi pertanian, kebun campur atau perumahan. Dalam kegiatan mempertahankan hutan desa, pemangku kepentingan juga melaksanakan kegiatan pendukung misalnya pembangunan sistem payment for ecosystem service atau imbal jasa lingkungan dengan mengelola jasa lingkungan di wilayah hutan desa.



2.1.2 Pencegahan Pembalakan Liar

Pencegahan hilangnya simpanan karbon hutan dilakukan dengan menjaga hutan agar tidak ditebang habis dan berubah menjadi semak belukar, dan dengan melakukan penjagaan baik dari kegiatan penebangan liar maupun konversi lahan menjadi non hutannon-hutan.



2.1.3 Mencegah Kebakaran Hutan Dan Lahan

Pencegahan hilangnya simpanan karbon hutan dilakukan dengan menjaga hutan agar tidak terjadi kebakaran hutan.

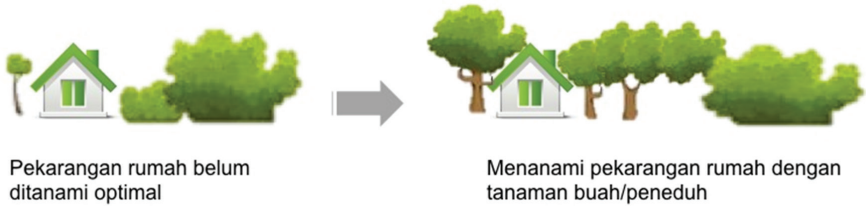


2.2 Aksi Mitigasi Peningkatan Serapan Karbon

2.2.1 Penanaman Secara Menyebar atau Parsial

Dalam pelaksanaan aksi di tingkat tapak, seringkali menjumpai penanaman yang dilakukan secara parsial dan menyebar sehingga untuk menentukan biomassa

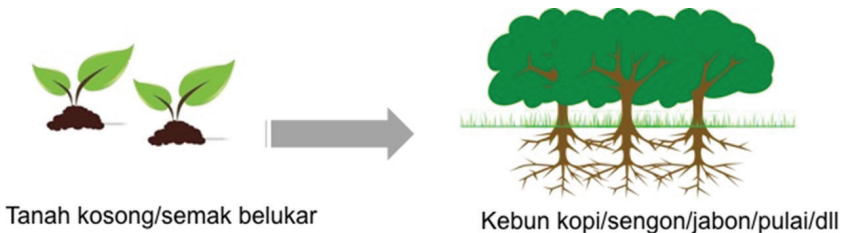
perlu dilakukan per satuan pohon sebagai berikut:



Pedoman penghitungan emisi gas rumah kaca berbasis masyarakat untuk sektor kehutanan dapat digunakan untuk kegiatan peningkatan serapan karbon berupa penghijauan jalan/ pematang sawah/ pekarangan/ bantaran sungai/wilayah penyangga (-buffer zone).

2.2.2 Penanaman di Lahan Kosong dalam Hampan Lahan

Kelompok aksi ini terdiri dari kegiatan yang ditujukan untuk meningkatkan jumlah karbon yang diserap melalui penambahan vegetasi berkayu yang tidak bertujuan untuk dipanen/ditebang. Beberapa contoh kegiatan ini antara lain lahan tidak produktif/kritis ditanami dengan tanaman perkebunan/kehutanan, rehabilitasi mangrove, peningkatan cadangan karbon dengan pengkayaan jenis pakan untuk satwa liar.

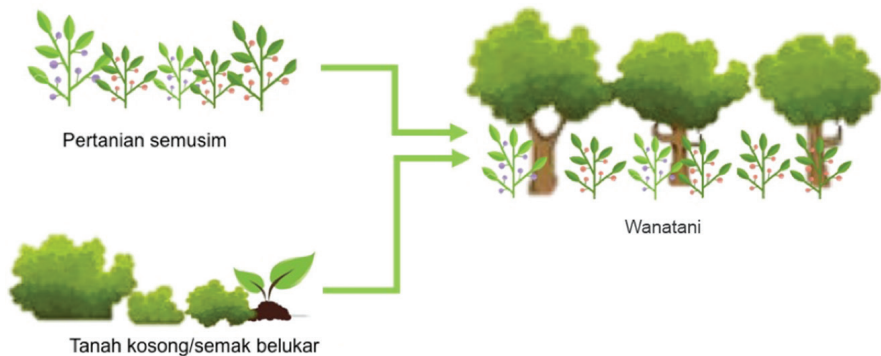


Kegiatan rehabilitasi lahan kritis atau penghijauan dilakukan pada lahan yang sebelumnya dibiarkan kosong, kemudian dimanfaatkan dengan ditanami

pohon-pohonan produktif dan menjadi kebun kopi atau kebun kayu sengon atau jabon. Penanaman dapat pula dilakukan di pekarangan rumah dengan menanam berbagai pohon peneduh atau pohon buah serta pohon bermanfaat lainnya.

2.2.3 Pengembangan Wanatani atau Kebun Campuran

Mitigasi dapat dilakukan dengan menanam berbagai tanaman tegakan bawah dan pohon sehingga membentuk sistem agroforestry wanatani, baik dari tanah yang semua tanah kosong ataupun tanah yang semula hanya ditanami tanaman semusim. Dari tanah kosong dan pertanian tanaman semusim, dapat pula dilakukan mitigasi dengan menanam kayu kayuan untuk menjadi kebun kayu atau hutan rakyat yang akan dipanen dalam jangka waktu lama.



III Penghitungan Capaian Mitigasi

3.1 Penentuan Baseline

Penentuan baseline kegiatan penanaman dapat ditentukan berdasarkan situasi penanaman yang telah terjadi sebelum aksi mitigasi dilakukan, atau situasi yang akan terjadi.

Kemungkinan-kemungkinan situasi tersebut bisa dibedakan pada 3 pilihan berikut: (i) tidak ada kegiatan penanaman sama sekali; (ii) tidak adanya peningkatan atas luasan yang ditanam atau rata-rata jumlah bibit; (iii) tidak adanya peningkatan persentase keberhasilan tanam.

Dengan demikian, aksi mitigasi di kegiatan penanaman bisa berupa:

1. Kegiatan penanaman baru;
2. Kegiatan yang meningkatkan jumlah maupun luasan penanaman;
3. Kegiatan yang meningkatkan keberhasilan tanam.

Beberapa hal yang perlu ditanyakan dalam menentukan baseline:

1. Apakah periode sebelum tahun pelaksanaan aksi, kegiatan penanaman telah dilakukan?
 - a. Tidak: apabila sebelum periode tahun pelaksanaan kegiatan tersebut belum pernah dilaksanakan, maka baseline yang digunakan adalah cadangan karbon rata-rata dari tutupan lahan sebelum kegiatan aksi mitigasi dimulai.
 - b. Ya: apabila kegiatan mitigasi berupa penanaman atau penyulaman telah dilakukan selama beberapa tahun, maka pertanyaan dilanjutkan ke poin 2.
2. Kegiatan penanaman telah dilakukan selama beberapa tahun. Apakah ada perubahan atas pelaksanaan kegiatan penanaman?
 - a. Ada inovasi baru dibandingkan pelaksanaan sebelumnya. Inovasi ini meningkatkan kualitas penanaman hutan atau meningkatkan *survival rate* (keberhasilan tanam) penanaman. Apabila ya, maka baseline kegiatan adalah rata-rata *survival rate* sebelum tahun pelaksanaan aksi.
 - b. Intensitas kegiatan peningkatan serapan karbon ditingkatkan, baik dengan menambah jumlah pohon

yang ditanam, atau meningkatkan kerapatan tanaman dengan penanaman tegakan bawah. Apabila ada usaha peningkatan intensitas, maka seperti poin 2a, baseline kegiatan adalah rata-rata jumlah pohon atau luasan sebelum tahun pelaksanaan aksi.

- c. Apabila tidak ada inovasi maupun penambahan intensitas dari kegiatan penanaman dan penyulaman, maka kegiatan tersebut bukan kegiatan mitigasi melainkan kegiatan yang telah umum dilakukan (*Business as Usual*).

3.2 Metode Penghitungan Emisi

3.2.1 Aksi Mitigasi Penambahan Serapan Karbon

3.2.1.1 Penghitungan Biomassa per Pohon pada Aksi Mitigasi Penanaman Secara Menyebar atau Parsial

Kegiatan berbasis masyarakat yang banyak dilaksanakan pada tingkat tapak adalah hutan rakyat dengan tutupan hutan sekunder atau hutan sekunder campuran yang dikelola dan dijaga cadangan karbonnya. Pendugaan cadangan karbon biomasabiomassa pohon diatas permukaan tanah dapat menggunakan model allometrik Chave et al. (2005) untuk hutan basah, sebagai berikut:

$$AGB = \rho \times \exp(-1,499 + 2,148 \ln(D) + 0,207 (\ln(D))^2 - 0,0281 (\ln(D))^3)$$

Dimana AGB adalah biomassa atas permukaan pohon invidual, D = DBH diameter setinggi dada, ρ = *wood density*/berat jenis kayu (Tabel 1).

Tabel 1. Berat jenis kayu beberapa Jenis Pohon Indonesia

Nama Lokal	Nama Ilmiah	WD
Angsor	<i>Dehaasia incrassata</i>	0.62
Ara	<i>Ficus deltoidea</i>	0.32
Aren	<i>Arenga pinnata</i>	0.7
Balom	<i>Palaquium rostratum</i>	0.61
Bambu	<i>Bambusa sp.</i>	0.7
Bayur	<i>Pterospermum javanicum</i>	0.53
Beringin	<i>Ficus benjamina</i>	0.52
Binjai	<i>Mangifera caesia</i>	0.54
Cempedak	<i>Artocarpus integer</i>	0.70
Dadap	<i>Erythrina variegata</i>	0.3
Damar	<i>Shorea javanica</i>	0.65
Darah	<i>Myristica celebica</i>	0.54
Duku	<i>Lansium domesticum</i>	0.85
Durian	<i>Durio zibethinus</i>	0.57
Gerinjing	<i>Bischofia javanica</i>	0.75
Hanita	<i>Ficus racemosa</i>	0.48
Hara	<i>Kompassia excelsa</i>	0.83
Jambu air	<i>Syzygium grandis</i>	0.69
Jambu bol	<i>Eugenia malaccensis</i>	0.65
Jengkol	<i>Pithecellobium jiringa</i>	0.47
Jering	<i>Archidendron jiringa</i>	0.47
Kalawi	<i>Alstonia angustiloba</i>	0.36
Kayu malas/ Tuho	<i>Parastemon urophyllum</i>	1.09
Kayu sepat	<i>Carallia brachiata</i>	0.71
Kayu Tau	<i>Homalathus populneus</i>	0.38
Kayu timah	<i>Macaranga diepenhorstii</i>	0.38
Kedondong Hutan	<i>Spondias pinnata</i>	0.39
Kelapa	<i>Cocos nucifera</i>	0.7
Kemiri	<i>Aleurites moluccana</i>	0.31
Kerbang	<i>Ficuse elastica</i>	0.75

Kuau	<i>Pithecellubium cypararia</i>	0.47
Kupa	<i>Eugenia polycephala</i>	0.65
Lampening	<i>Lithocarpus spicatus</i>	0.81
Lansat	<i>Lansium domesticum</i>	0.85
Matoa	<i>Pometia pinnata</i>	0.77
Nangka	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	0.61
Pasang Hitam	<i>Quercus sumatrana</i>	0.82
Pasang Putih	<i>Quercus sumatrana</i>	0.82
Petai	<i>Parkia speciosa</i>	0.45
Pulai/ Kelawi	<i>Alstonia scholaris</i>	0.3
Rambutan hutan	<i>Nephelium lappaceum</i>	0.91
Salam	<i>Eugenia polyantha</i>	0.65
Samang	<i>Diospyros cauliflora</i>	0.67
Sungkai	<i>Penorema canescens</i>	0.62
Surian	<i>Toona sureni</i>	0.39
Tabu	<i>Tetrameles nudiflora</i>	0.32
Tangkil	<i>Gnetum gnemon</i>	0.76
Tupa Kepayang	<i>Derris elliptica</i>	0.7
Lainnya		0.7

Sumber: <http://db.worldagroforestry.org/wd/>

3.2.1.2 Penghitungan Biomassa pada Hamparan Lahan untuk Aksi Penambahan Serapan Karbon

Penghitungan emisi GRK untuk kelompok kegiatan peningkatan cadangan karbon diperkirakan dengan memperhitungkan serapan emisi karbon dari pertumbuhan pohon yang ditanam dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Serapan} = \text{Luas Penanaman} \times \text{Growth (Riap Tutupan Lahan)}$$

dengan:

Luas penanaman mempertimbangkan keberhasilan penanaman (luas yang berhasil tumbuh);

Growth/riap dari beberapa kelas tutupan lahan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel *Growth*/ Riap beberapa Tutupan Lahan

No.	Tipe Tutupan Lahan	Riap (Nasional)		Stok Rata-Rata (Nasional)	
		Ton C/ Ha-Thn	Ton DM/ Ha-Thn	Ton DM/ Ha-Thn	Ton C/ Ha-Thn
1	Belukar (B)	0.2	0.40	63.8	31.91
2	Belukar Rawa (Br)	0.6	1.20	63.8	31.91
3	Hutan Lahan Kering Sekunder (Hs)	1.075	2.15	189.7	94.84
4	Hutan Mangrove Sekunder (Hms)	2.8	5.60	247.7	123.83
5	Hutan Rawa Sekunder (Hrs)	1.075	2.15	226.6	113.23
6	Hutan Tanaman (Ht)	4.8	9.60	136.2	68.09
7	Pemukiman (Pm)	0.2	0.40	10.6	5.32
8	Perkebunan (Pk)	2.52	5.04	134.0	67.02
9	Pertambangan (Tb)	-	-	-	-
10	Pertanian Lahan Kering (Pt)	0.2	0.40	21.3	10.64
11	Pertanian Lahan Kering Campur (Pc)	0.6	1.20	63.8	31.91
12	Rawa (Rw)	0.1	0.20	-	-
13	Savanna/ Padang rumput (S)	0.2	0.40	9.6	4.79
14	Sawah			4.3	2.13
15	Tanah Terbuka (T)	0.1	0.20	5.3	2.66
16	Transmigrasi (Tr)	1.32	2.64	21.3	10.64

Sumber: Biennial Update Report (BUR), 2015

3.3 Pengumpulan Data

3.3.1 Aksi Mitigasi Pencegahan Penurunan Cadangan Karbon

Dalam menentukan kegiatan mitigasi pencegahan penurunan cadangan karbon ada beberapa pertanyaan yang dijadikan dasar dalam penentuannya yaitu sebagai berikut:

1. Tahun kapan dimulai Kapan tahun dimulainya kegiatan pencegahan penurunan cadangan karbon seperti pengamanan, mempertahankan tutupan hutan, mencegah kebakaran? Apakah sebelum tahun tersebut tidak ada kegiatan mitigasi?
2. Apakah jenis tutupan lahan sebelumnya? Informasi ini juga berarti bahwa tutupan lahan tersebut yang dijaga dan diamankan dalam kegiatan mitigasi;
3. Di kawasan hutan mana (misal: kawasan hutan adat, hutan lindung, DAS, atau hutan desa) aksi mitigasi tersebut dilakukan dan berapa luas yang dipertahankan? Informasi ini dapat pula berupa luas hutan yang berkurang jika kegiatan mitigasi tidak dilaksanakan;
4. Berapa rata-rata luas tutupan hutan di kawasan tersebut yang ditebang atau diambil kayunya sebelum dilakukan kegiatan aksi mitigasi.

3.3.2 Aksi Mitigasi Penambahan Serapan Karbon

3.3.2.1 Aksi Mitigasi Penanaman Secara Menyebar Atau Parsial

Dalam menentukan kegiatan mitigasi penanaman secara menyebarkan dan parsial dengan menghitung biomassa per pohon dengan beberapa pertanyaan yang dijadikan dasar dalam penentuannya yaitu sebagai berikut:

1. Kapan tahun kapan dimulai dilakukan penanaman? Jenis apa saja yang ditanam?
2. Berapa keliling atau diameter batang setinggi dada (DBH) per pohon?
3. Di mana lokasi penanaman dilakukan, apakah di pekarangan, batas lahan atau tanah, atau sepanjang jalan atau jalur hijau?
4. Berapa rata-rata jumlah pohon yang ditanam sebelum kegiatan aksi mitigasi? Berapa stok karbon per pohon berdasarkan data pengukuran diameter setinggi dada (DBH) dan wood density/ berat jenis kayu?

3.3.2.2 Aksi Mitigasi Penanaman dalam Hamparan Lahan

Dalam menentukan kegiatan mitigasi peningkatan serapan karbon ada beberapa pertanyaan yang dijadikan dasar dalam penentuannya yaitu sebagai berikut:

- 1) Tahun kapan dimulai kegiatan penanaman? Apakah sebelum tahun tersebut ada kegiatan penanaman?
- 2) Apakah jenis tutupan lahan sebelum kegiatan mitigasi? Informasi ini juga berarti bahwa tutupan lahan tersebut menjadi baseline dalam kegiatan mitigasi;
- 3) Di lahan mana (misal: hutan adat, hutan lindung, DAS, hutan rakyat atau hutan desa) aksi mitigasi tersebut dilakukan dan berapa luas yang dipertahankan? Informasi ini dapat pula berupa luas hutan yang berkurang jika kegiatan mitigasi tidak dilaksanakan;

- 4) Berapa rata-rata luas tutupan hutan atau prosetasi keberhasilan tanam (*survival rate*) di kawasan tersebut yang ditanam sebelum kegiatan aksi mitigasi?
- 5) Berapa serapan karbon yang diperoleh? Informasi ini mengacu pada point (2) yaitu luas penanaman serta pertambahan riap yang dikoreksi dengan *survival rate* atau jumlah tanaman yang tumbuh.

3.4 Contoh Penghitungan Penambahan Serapan/Cadangan Karbon

3.4.1 Berdasarkan Hamparan Lahan

Studi Kasus:

Pada Desa A sejak tahun 2008, 2009, 2010 telah dilakukan kegiatan penanaman pada lahan kritis/area terbuka sebanyak 10 ha, 10 ha, 10 ha menjadi hutan tanaman. Sejak tahun 2011, 2012, 2013, dan 2014 dilakukan penambahan luasan masing-masing menjadi 50 ha dan peningkatan prosentase tumbuh dari 40% menjadi 90%. Berapakah serapan biomassa atas permukaan di desa A tersebut?

Tahun sebelum Baseline	: 2008 - 2010
Tutupan Lahan Tanpa Mitigasi	: Stok Karbon Tanah Terbuka (FE=2,66) Riap/ <i>Growth</i> Hutan Tanaman (FE=4,8)
Tahun Mitigasi	: 2011 – 2014
Tutupan Lahan dengan Mitigasi	: Riap/ <i>Growth</i> Hutan Tanaman (FE=4,8)

Maka Perhitungan reduksi emisi GRK sebagai berikut:

Tabel Baseline Stok Karbon

EMISI BASELINE	2008	2009	2010	Rata-rata
Jenis Tutupan Lahan Awal	Lahan Terbuka	Lahan Terbuka	Lahan Terbuka	
Luas Tanaman (ha)	10	20	30	10
FE Stok Karbon	2.66	2.66	2.66	2.66
Baseline (ton CO ₂ e)	97,53	97,53	97,53	97,53

Tabel Emisi Baseline Penanaman

EMISI BASELINE	2011	2012	2013	2014
Jenis Tutupan Lahan	Hutan Tanaman	Hutan Tanaman	Hutan Tanaman	Hutan Tanaman
Luas Penanaman (ha)	50	50	50	50
Baseline Persen Tumbuh (%)	40%	40%	40%	40%
Luas Tanaman 2011 tahun berikutnya		40%*50 = 20	40%*50 = 20	40%*50 = 20
Luas Tanaman 2012 tahun berikutnya			40%*50 = 20	40%*50 = 20
Luas Tanaman 2013 tahun berikutnya				40%*50 = 20
Total Luas Penanaman	50	70	90	120
FE/ <i>Growth</i> / Riap	4,8	4,8	4,8	4,8
Serapan (ton CO ₂ e)	880	1.232	1.584	2.112

Tabel Emisi Mitigasi Penanaman

EMISI MITIGASI	2011	2012	2013	2014
Jenis Tutupan Lahan	Hutan Tanaman	Hutan Tanaman	Hutan Tanaman	Hutan Tanaman
Luas Penanaman (ha)	50	50	50	50
Persen Tumbuh (%)	90%	90%	90%	90%
Luas Tanaman 2011 tahun berikutnya		90%*50 = 45	90%*50 = 45	90%*50 = 45
Luas Tanaman 2012 tahun berikutnya			90%*50 = 45	90%*50 = 45
Luas Tanaman 2013 tahun berikutnya				90%*50 = 45

Total Luas Penanaman	50	95	140	185
FE/ <i>Growth</i> / Riap	4,8	4,8	4,8	4,8
Serapan (ton CO ₂ e)	880	1.672	2.464	3.256

Keterangan:

- **Serapan (ton CO₂e)= Luas Tanam (ha) x riap (ton C/ha) x 44/12**

Serapan emisi GRK Aksi Mitigasi dapat dihitung dari:

$$\text{Serapan Emisi GRK Aksi Mitigasi} = \text{Serapan Mitigasi} - \text{Serapan Baseline}$$

Kasus 1. Menghitung Reduksi Emisi Hanya dari Penanaman

Reduksi Emisi	2011	2012	2013	2014
Emisi Baseline Penanaman (ton CO ₂ e)	880	1.232	1.584	2.112
Emisi Mitigasi Penanaman (ton CO ₂ e)	880	1.672	2.464	3.256
Total Serapan Mitigasi (ton CO ₂ e)	0	-440	-880	-1144
Luas Tanaman 2011 tahun berikutnya		90%*50 = 45	90%*50 = 45	90%*50 = 45
Luas Tanaman 2012 tahun berikutnya			90%*50 = 45	90%*50 = 45
Luas Tanaman 2013 tahun berikutnya				90%*50 = 45
Total Luas Penanaman	50	95	140	185
FE/ <i>Growth</i> / Riap	4,8	4,8	4,8	4,8
Serapan (ton CO ₂ e)	880	1.672	2.464	3.256

Keterangan : (-) terjadi penyerapan karbon

Kasus 2. Menghitung Reduksi Emisi dari Serapan dan Stok Karbon Sebelumnya Apabila Dilakukan Land Clearing.

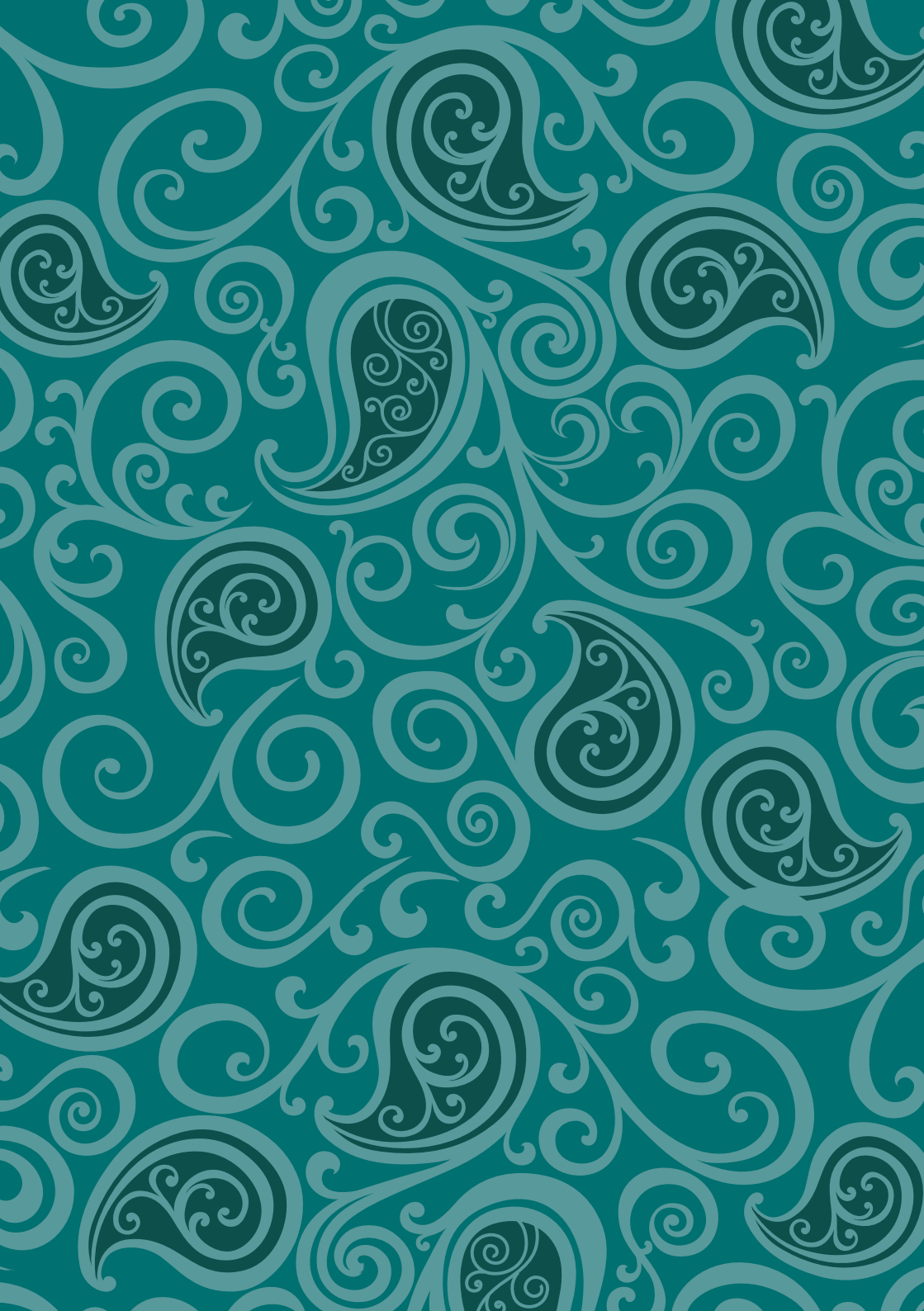
Apabila hutan tanaman awal tahun 2008 – 2010 ditebang habis dan dilakukan land clearing maka terjadi pelepasan karbon, sebagai berikut:

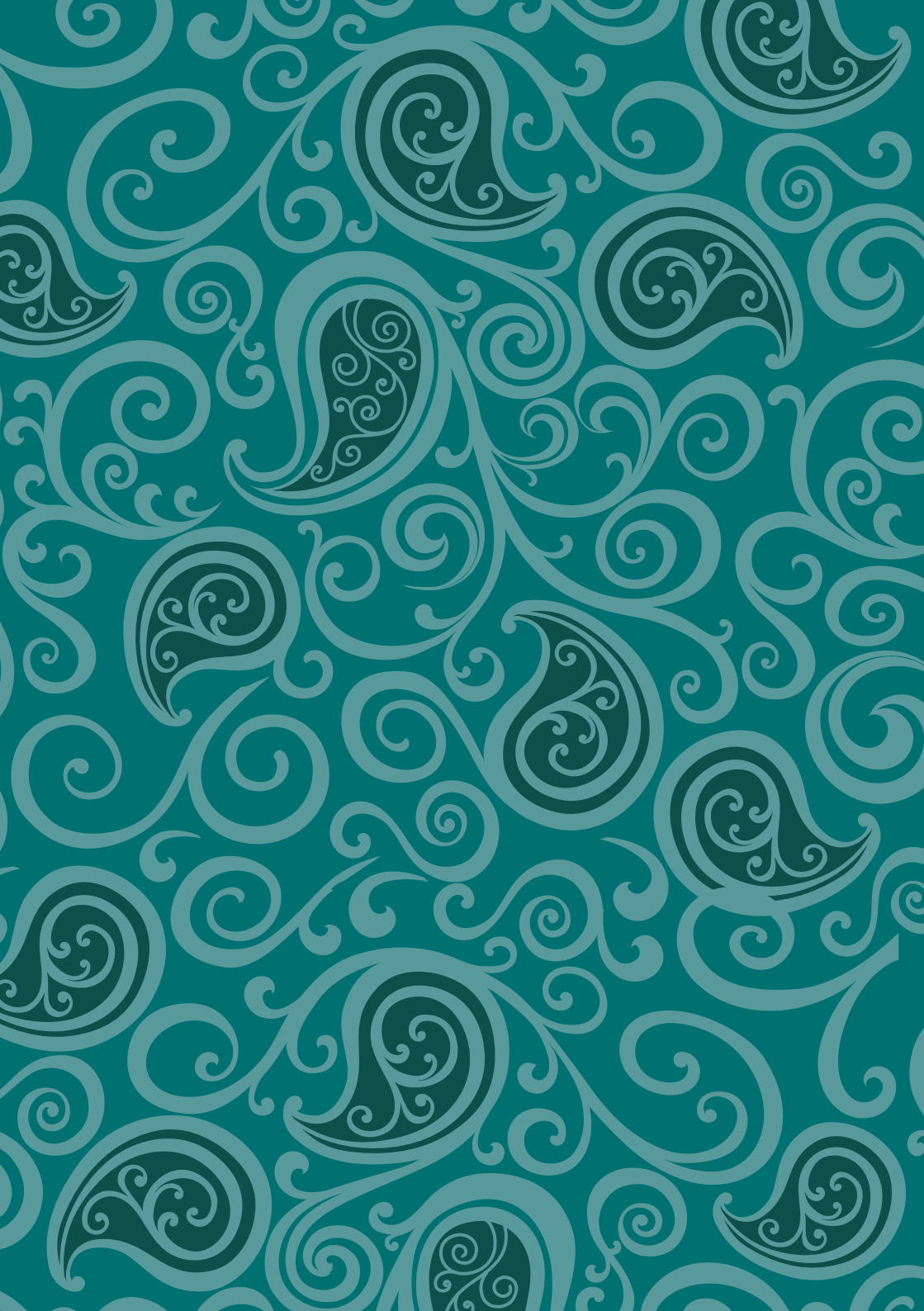
Reduksi Emisi	2011	2012	2013	2014
Emisi Baseline Stok Karbon (ton CO ₂ e)	97,53	97,53	97,53	97,53
Emisi Mitigasi Penanaman (ton CO ₂ e)	0	-440	-880	-1144
Total Serapan Mitigasi (ton CO ₂ e)	97,53	-342,47	-782,47	-1046,47

Kasus 3. Menghitung Reduksi Emisi dari Serapan dan Stok Karbon Sebelumnya Apabila Tidak Dilakukan Clean Clearing (Tegakan Dibiarkan).

Apabila hutan tanaman awal tahun 2008 – 2010 ditebang habis dan dilakukan land clearing maka terjadi pelepasan karbon, sebagai berikut:

Reduksi Emisi	2011	2012	2013	2014
Emisi Baseline Stok Karbon (ton CO ₂ e)	97,53	97,53	97,53	97,53
Emisi Mitigasi Penanaman (ton CO ₂ e)	0	-440	-880	-1144
Total Serapan Mitigasi (ton CO ₂ e)	-97,53	-537,53	-977,53	-1.241,53





LAMPIRAN III : PERATURAN DIREKTUR JENDERAL
PENGENDALIAN PERUBAHAN IKLIM TENTANG
PEDOMAN PENGHITUNGAN EMISI GAS RUMAH
KACA UNTUK AKSI MITIGASI PERUBAHAN IKLIM
BERBASIS MASYARAKAT

NOMOR :
TANGGAL : DESEMBER 2017

PEDOMAN PENGHITUNGAN EMISI GAS RUMAH KACA UNTUK AKSI MITIGASI PERUBAHAN IKLIM BERBASIS MASYARAKAT PADA SEKTOR PERTANIAN

1. Pendahuluan

Sumber emisi dari sektor pertanian berasal dari aktivitas pertanian seperti; sistem pencernaan hewan (enteric fermentation), limbah kotoran ternak, pembakaran padang rumput, pembakaran biomassa pertanian, pengolahan tanah pertanian, penggunaan pupuk urea, penggunaan kapur pertanian, dan sistem budidaya padi sawah.

Secara alami emisi GRK sebenarnya merupakan bagian dari siklus kimia pertanian. Namun ketidaktepatan budidaya dapat menjadi penyebab besaran nilai emisi lebih dari semestinya. Siklus CO₂ secara alami merupakan bagian dari metabolisme tanaman yang terserap melalui proses fotosintesis dan terlepas melalui respirasi atau pernafasan tanaman. Emisi CO₂ juga menjadi bagian dari metabolisme tanah pertanian kemudian bahan kering tanaman mengalami pelapukan, penguraian dan terlarut dalam tanah, atau dibakar dan selanjutnya terlarut dalam tanah. Emisi N₂O dihasilkan dari siklus nitrifikasi dan denitrifikasi, sedangkan emisi CH₄ menjadi bagian dari siklus metan dalam tanah, kotoran ternak, pencernaan ternak dan pembakaran bahan organik yang kurang sempurna.

Aksi mitigasi perubahan iklim di sektor pertanian ditujukan untuk mengurangi atau untuk mencegah emisi GRK utama dari sektor pertanian yaitu CO₂, N₂O dan CH₄ terlepas ke atmosfer.

Emisi tersebut bersumber dari cara budidaya bertani seperti penggenangan sawah, pengolahan tanah, pemberian pupuk urea dan kapur pertanian, pembakaran biomassa sisa di lahan pertanian, pengelolaan kotoran ternak, dan pencernaan ternak.

Pengurangan emisi GRK dari pertanian dilakukan dengan merubah praktik olah lahan beremisi tinggi menjadi rendah emisi, pengaturan pengairan sawah, mengganti varietas tanam dengan jenis yang rendah emisi, mengurangi input pupuk urea, memberikan pakan tambahan pada ternak, pengkomposan kotoran ternak dan biogas, dan praktik-praktik rendah emisi lainnya.

2. Ruang Lingkup

Ruang lingkup aksi mitigasi berbasis masyarakat sektor pertanian meliputi sebagai berikut:

2.1 Penerapan Teknologi Budidaya Padi Sawah

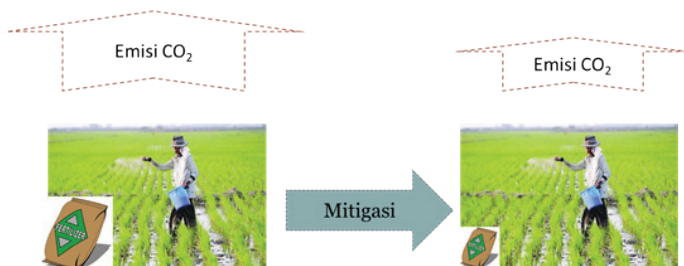
Aktivitas budidaya padi sawah menghasilkan emisi GRK dalam bentuk metana (CH_4), yang besarnya dipengaruhi antara lain pengelolaan air selama periode budidaya dan varietas padi yang digunakan. Upaya pengelolaan dan penghematan air misalnya dengan pengairan air macak-macak pada System of Rice Intensification (SRI) atau dengan pengairan berselang (intermitten) pada Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) dapat menurunkan emisi metan (lihat Gambar 1). Bilake-2 teknologi ini tidak dapat diterapkan, emisi metan dari budidaya padi sawah dapat dikurangi dengan penggunaan varietas rendah emisi misalnya ciherang.



Gambar 1. Upaya pengelolaan air melalui (kiri) sistem irigasi berselang dan (kanan) sistem irigasi macak-macak

2.2 Pengurangan Pupuk Urea dengan Aplikasi Pupuk Organik

Aplikasi pupuk urea akan mengemisikan CO₂ yang diikat selama proses pembuatan pupuk. Oleh karena itu, penggunaan pupuk urea berlebih akan semakin meningkatkan emisi CO₂ dari tanah pertanian. Pemberian secara rutin pupuk organik selain memperbaiki struktur dan aerasi tanah juga dapat mengurangi emisi CO₂ jika sebagian pupuk urea sebagai sumber nitrogen dapat digantikan oleh pupuk organik.



Gambar 2. Upaya mitigasi melalui pengurangan penggunaan pupuk urea

2.3 Pemanfaatan Kotoran Ternak untuk Biogas

Kotoran ternak yang digunakan untuk biogas dapat mereduksi emisi metan dari kotoran ternak yang disimpan atau dibiarkan di tempat terbuka. Bila biogasnya dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk menggantikan penggunaan kayu bakar, minyak tanah, atau gas, ia juga dapat mengurangi emisi dari pembakaran kayu bakar, minyak tanah, atau gas. Selain itu, pemanfaatan residu kotoran ternak hasil pemanfaatan biogas dapat digunakan sebagai pupuk organik sebagai pengganti pupuk kimia.



Gambar 3. Pemanfaatan kotoran ternak untuk produksi biogas

2.4 Pengurangan Pembakaran Biomassa

Biomassa sisa pertanian (jerami padi, tebu atau jagung) yang dibakar dalam keadaan basah oleh sebagian petani akan mengemisikan gas selain CO₂ terutama CH₄, CO, NO_x dan N₂O. Pemanfaatan sisa pertanian untuk pupuk organik, media tanam, pakan ternak, dan lain-lain (Gambar 4) dapat mengurangi jumlah biomassa yang dibakar atau praktek tidak membakar biomassa sisa pertanian akan mengurangi sisa emisi gas non-CO₂ yaitu CH₄ dan N₂O.



Gambar 4. Pemanfaatan biomassa seperti jerami untuk media tanam (kiri) dan pakan ternak (kanan)

3. Penghitungan Capaian Mitigasi

3.1 Penentuan Baseline

Baseline dijadikan tolak ukur keberhasilan dan/atau keuntungan yang didapat dari intervensi program. Dalam konteks perubahan iklim, baseline digunakan sebagai acuan keberhasilan program aksi mitigasi atau emisi GRK dimana indikator utamanya adalah hasil perhitungan jumlah karbon yang dapat dicegah terlepas ke atmosfer dan/atau jumlah karbon yang dapat terserap di lingkungan. Secara definisi, baseline adalah situasi yang akan terjadi tanpa adanya aksi mitigasi.

Baseline pada pedoman ini didasarkan pada situasi terjadi sebelum dilakukan kegiatan mitigasi, dimana tingkat emisinya dihitung dari emisi GRK sebelum aksi mitigasi/pre-mitigasi.

Cara menetapkan baseline ditingkat program atau tapak dilakukan dengan melihat data aktivitas rata-rata sektor dan kinerjanya dalam periode waktu yang ditentukan. Cara ini dilakukan dengan dua strategi pendekatan: (1) pengumpulan data historis, dan (2) Kajian Pedesaan Partisipatif (Participatory Rural Appraisal-PRA) berdasarkan pengetahuan lokal masyarakat. Keduanya dilakukan karena akan saling memberi pengkayaan informasi.

Langkah penentuan baseline diatas dapat disusun kedalam diagram alir logis yang dipandu oleh sejumlah pertanyaan dengan jawaban iya dan tidak. Contoh penentuan baseline dibahas dalam kotak 1 sebagai berikut:

Kotak 1. Contoh Baseline

Di desa A petani tidak menerapkan System of Rice Intensification (SRI) atau Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) tetapi menggunakan varietas baru yang rendah emisi dan sebelumnya tidak pernah diaplikasi di desa tersebut. Dalam hal ini penggantian varietas lama dengan varietas baru dapat dikatakan sebagai aksi mitigasi dan baselinanya dianggap 0. Apabila varietas baru tersebut ternyata sudah digunakan sebelum tahun 2011 (tahun acuan/base year misalnya 2011), maka praktik tersebut tidak dianggap sebagai upaya mitigasi, kecuali terjadi penambahan luas tanam dibanding kondisi rata-rata sebelum tahun 2011. Misalnya sebelum tahun 2011, luas tanam varietas baru 10 ha dan tidak pernah mengalami peningkatan lagi. Kemudian setelah tahun 2011 penggunaan varietas baru ditingkatkan dengan areal tanam yang lebih luas menjadi 30 Ha, maka baseline aksi mitigasi tersebut adalah 10 ha dan aksi mitigasinya adalah selisih luasan setelah dan sebelum 2011, yaitu 20 ha.

3.2 Pengumpulan Data

Setelah identifikasi aksi mitigasi yang potensial mengurangi emisi GRK, langkah selanjutnya adalah mengumpulkan data aktivitas terkait dengan kegiatan tersebut.

Beberapa informasi umum yang perlu dikumpulkan selain data aktivitas antara lain adalah:

Kategori Aksi : Pertanian/Kehutanan
Jenis Aksi Mitigasi :
Deskripsi Aksi Mitigasi :
Tahun :
Provinsi :
Kabupaten/Kota :
Kecamatan :
Desa :
Koordinat (lintang/bujur) :

3.3 Metoda Penghitungan Emisi

Metoda yang digunakan untuk menghitung penurunan emisi GRK dari aksi mitigasi berbasis masyarakat konsisten dengan IPCC 2006.

3.3.1 Teknologi Budidaya Padi Sawah

Data aktivitas yang perlu dikumpulkan pada kegiatan budidaya padi sawah adalah:

- Luas panen (baseline dan mitigasi);
- Varietas dan umur budidaya padi (baseline dan mitigasi);
- Pengelolaan air selama budidaya padi sawah (baseline dan mitigasi)
- Jenis dan jumlah bahan organik yang dikembalikan ke lahan sawah;
- Jenis tanah.

Data luas panen dan varietas dapat diperoleh dari statistik desa, catatan petani, atau wawancara dengan petani, sedangkan bentuk pengelolaan air diperoleh dari kunjungan lapang dan atau wawancara dengan petani. Nilai dari faktor skala dari pengelolaan air, jenis tanah dan varietas padi sawah dapat dilihat pada Tabel 2, 3, dan 4.

Emisi metan yang dihasilkan dari kegiatan budidaya padi sawah dihitung dengan mengalikan luas panen dengan lama budidaya padi sawah, faktor emisi baseline, faktor skala

pengelolaan air, faktor skala varietas padi, faktor skala jenis tanah dan faktor skala pengembalian bahan organik.

$$CH_{4\text{ Rice}} = A \times t \times (EF_c \times SF_w \times SF_o \times SF_r \times SF_s) \times 10^{-6}$$

- $CH_{4\text{ Rice}}$: Emisi metan dari budidaya padi sawah, Gg CH4 per tahun
 A : Luas panen padi sawah, ha per tahun
 t : Lama budidaya padi sawah untuk kondisi, hari
 EF_c : Faktor emisi baseline untuk padi sawah dengan penggenangan terus-menerus dan tanpa pengembalian bahan organik, $1.61 \text{ CH}_4/\text{ha}/\text{hari}$
 SF_w : Faktor skala yang menjelaskan pengelolaan air selama periode budidaya
 SF_o : Faktor skala yang menjelaskan jenis dan jumlah pengembalian bahan organik yang diterapkan pada periode budidaya padi sawah
 Sr : Faktor skala varietas padi sawah
 Ss : Faktor skala jenis tanah

Praktek pengelolaan dan penghematan air atau penggunaan varietas rendah emisi akan mengurangi emisi metan dari budidaya padi sawah selama kegiatan sebelumnya menerapkan praktek penggenangan terus-menerus atau varietas IR-64.

Berikut adalah penjelasan mengenai faktor skala yang terlibat dalam penghitungan emisi.

Faktor skala pengembalian bahan organik dibuat **1 bila tidak ada pengembalian bahan organik**, dan bila ada pembelian bahan organik faktor skala dihitung dengan persamaan:

$$SF_o = (1 + ROA_i + CFOA_i)^{0.59}$$

- SF_o : Faktor skala untuk jenis bahan organik yang digunakan
 ROA_i : Jumlah bahan organik yang digunakan, dalam ton/ha

$CFOA_i$: Faktor konversi bahan organik (Tabel 1)

Faktor konversi bahan organik untuk 8 jenis tanah sebagaimana dalam Tabel 1.

Tabel 1. Faktor Konversi Berbagai Jenis Bahan Organik

No	Bahan Organik	Faktor Konversi (CFOA)	Kisaran Bias
1	Jerami ditambahkan dalam jangka waktu pendek (< 30 hari) sebelum penanaman	1.00	0.97 - 1.04
2	Jerami ditambahkan dalam jangka waktu lama (> 30 hari) sebelum penanaman	0.29	0.2 - 0.4
3	Kompos	0.05	0.01 - 0.08
4	Pupuk Kandang	0.14	0.07 - 0.2
5	Pupuk Hijau	0.50	0.3 - 0.6

Berdasarkan pengelolaan air jenis sawah dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu sawah irigasi (teknis, setengah teknis dan sederhana), sawah tadah hujan, sawah pasang-surut atau air dalam. Setiap kelompok tersebut memiliki faktor skala rejim air yang berbeda-beda sebagaimana pada Tabel 2.

Tabel 2. Faktor Skala Berdasarkan Rejim Air

Kategori	Sub Kategori			Faktor Skala
Daratan Rendah	Irigasi	Penggenangan terus-menerus		1
		Sistem pengairan	Berselang/intermiten	0.71
			Macak-macak	0.46
	Tadah Hujan	Rawan banjir		0.49
		Rawan kekeringan		0.40
	Pasang-surut	Kedalaman Air 50 - 100 cm		0.80
		Kedalaman Air < 50 cm		0.60

Faktor koreksi jenis tanah untuk 8 jenis tanah sebagaimana dalam Tabel 3.

Tabel 3. Faktor Koreksi untuk Jenis Tanah

No	Jenis Tanah	SFs Jenis Tanah
1	Alfisols	1.93
2	Andisols	1.02
3	Entisols	1.02
4	Histosols	2.39
5	Inceptisols	1.12
6	Oksisols	0.29
7	Ultisols	0.29
8	Vertisols	1.06

Apabila kesulitan mendapatkan jenis tanah untuk sawah, maka dapat menggunakan faktor koreksi untuk jenis tanah ***lceptisols*** dengan angka 1,12.

Jenis varietas juga berpengaruh terhadap besaran emisi metan yang dikeluarkan. Terkait dengan faktor koreksi dari berbagai varietas padi sawah di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Faktor Koreksi (CF) dari Berbagai Varietas Padi Sawah

No	Varietas	Rata-rata emisi (kg/ha/ musim)	CF
1	Gilirang	496.9	2.46
2	Fatmawati	365.9	1.81
3	Aromatic	273.6	1.35
4	Tukad Unda	244.2	1.21
5	IR 72	223.2	1.10
6	Cisadane	204.6	1.01
7	IR 64*	202.3	1.00
8	Margasari	187.2	0.93

9	Cisantana	186.7	0.92
10	Tukad Petanu	157.8	0.78
11	Batang Anai	153.5	0.76
12	IR 36	147.5	0.73
13	Memberamo	146.2	0.72
14	Dodokan	145.6	0.72
15	Way Apoburu	145.5	0.72
16	Muncul	127.0	0.63
17	Tukad Balian	115.6	0.57
18	Cisanggarung	115.2	0.57
19	Ciherang	114.8	0.57
20	Limboto	99.2	0.49
21	Wayrarem	91.6	0.45
22	Maros	73.9	0.37
23	Mendawak	255	1.26
24	Mekongga	234	1.16
25	Memberamo	286	1.41
26	IR42	269	1.33
27	Fatmawati	245	1.21
28	BP360	215	1.06
29	BP205	196	0.97
30	Hipa4	197	0.98
31	Hipa6	219	1.08
32	Rokan	308	1.52
33	Hipa 5 Ceva	323	1.60
34	Hipa 6 Jete	301	1.49
35	Inpari 1	271	1.34
36	Inpari 6 Jete	272	1.34
37	Inpari 9 Elo	359	1.77

Sumber: Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Pati

Catatan: Penentuan baseline untuk varietas rendah emisi yang digunakan sebelumnya dianggap menggunakan varietas IR64 dengan Faktor Skala (SFr) =

Reduksi Urea dengan Aplikasi Pupuk Organik

Emisi CO₂ dari penggunaan pupuk urea dapat diduga menggunakan persamaan:

$$\text{CO}_2\text{-Emission} = (M_{\text{Urea}} \times \text{EF}_{\text{Urea}}) \times 44/12$$

dimana :

Emisi-CO₂ : Emisi aplikasi urea, t CO₂

M_{Urea} : Jumlah Penggunaan Pupuk Urea, ton

EF_{Urea} : Faktor emisi Urea, *default IPCC 0.02 ton C per ton Urea*

Pemberian pupuk organik secara rutin kedalam tanah dan dapat menggantikan sebagian pupuk urea akan menambah bahan organik tanah dan mengurangi jumlah penggunaan pupuk urea, yang pada akhirnya akan mengurangi emisi CO₂ dari aplikasi pupuk urea.

Reduksi Pembakaran Biomasa Sisa Pertanian

Penghitungan emisi non CO₂ dari biomassa sisa pertanian yang dibakar menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$L_{\text{fire}} = A \times MB \times C_f \times G_{\text{ef}} \times 10^{-3}$$

dimana :

L_{fire} : Jumlah emisi GRK dari pembakaran biomassa, ton CH₄ dan N₂O

A : Luas area yang dibakar (ha)

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

C_f : Faktor pembakaran

G_{ef} : Faktor emisi, g/kg bahan kering yang dibakar

Tabel 5 menyajikan massa bahan yang tersedia untuk pembakaran (MB), sedangkan C_f dapat menggunakan nilai 0.8. Default faktor emisi

menurut IPCC (2006) disajikan pada Tabel 6.

Tabel 5. Nilai Konsumsi bahan bakar biomassa/bahan organik mati dan Biomasa Hidup

Sub kategori	Rata-rata Konsumsi Bahan Bakar (ton bahan kering/ha)	Keterangan
Residu gandum	4,0	
Residu Jagung	10,0	
Jerami padi	5,5	
Tebu *	6,5	

Tabel 6. Faktor emisi dari Pembakaran berbagai Jenis Ekosistem (g/kg Bahan Kering yang Dibakar)

Kategori	CH ₄	N ₂ O
Sabana dan Padang Rumput	2.3(±0.9)	0.21(±0.10)
Residu Pertanian	2.7	0.07
Hutan Tropis	6.8(±2.0)	0.2
Hutan Extra Tropis	4.7(±1.9)	4.7(±1.9)
Bahan Bakar Nabati	6.1(±2.2)	0.06

Dalam aksi mitigasi berbasis masyarakat bahan bakar biomassa/bahan organik mati dan biomas hidup fokus pada **Jerami Padi** karena residu inilah yang paling umum dibakar, sedangkan kategori faktor emisi dari pembakaran yang digunakan adalah **Residu Pertanian**.

3.3.2 Pemanfaatan Kotoran Ternak untuk Biogas Masyarakat

Emisi metan dari pemanfaatan kotoran ternak untuk menghasilkan biogas dihitung dengan mengalikan jumlah ternak yang kotorannya dimanfaatkan dengan faktor emisi.

$$CH_4_{\text{ternak}} = P_{\text{ternak}} \times \% \text{pembuangan} \times FE_{\text{ternak}}$$

Dimana:

CH₄ternak : Jumlah emisi GRK dari kotoran ternak, kg

- CH₄/tahun
- P_{ternak} : Populasi ternak (ekor/tahun)
- %pembuangan : Persentase populasi ternak yang kotorannya dimanfaatkan untuk menghasilkan biogas dalam kegiatan mitigasi (%)
- EF_{ternak} : Faktor emisi CH₄ kotoran ternak (kg CH₄/ekor/tahun)

Tabel 7. Faktor emisi CH₄ dari kotoran ternak

Ternak	Faktor emisi CH₄ (kg/ekor/tahun)
Sapi Perah	31
Sapi Pedaging	1
Babi	7
Kuda	2.19
Kerbau	2
Kambing	0.22
Domba	0.2
Ayam	0.02
Itik	0.02

Sumber: IPCC, 2006

Kalkulasi ini diterapkan untuk masing-masing jenis ternak sebelum akhirnya nilai emisi yang didapat dijumlahkan untuk mengetahui nilai emisi total.

Selain dari emisi metana, pemanfaatan biogas juga dapat mengurangi emisi CO₂ dari penggantian penggunaan bahan bakar fosil (gas, minyak tanah). Metode perhitungan untuk pengurangan emisi ini terdapat pada panduan sektor energi.

3.3.3 Reduksi Urea dengan Aplikasi Pupuk Organik

Data aktivitas yang diperlukan untuk menghitung emisi dari aplikasi pupuk organik adalah:

- Jumlah pupuk urea yang digunakan sebelum aksi (baseline)

dan sesudah aksi mitigasi, dalam ton

- Jumlah pupuk organik yang digunakan, dalam ton
- Dosis pupuk urea dan pupuk organik, dalam ton/ha

Pada keadaan dimana jumlah pupuk urea/pupuk organik yang digunakan sulit diperoleh, maka dapat diduga berdasarkan luas tanam dan dosis rekomendasi. Sementara jumlah pupuk urea yang dapat dikurangi sebagai akibat aplikasi pupuk organik diduga dengan expert judgement melalui wawancara dengan petani.

Data pendukung untuk menghitung jumlah penggunaan pupuk baik untuk pengembangan baseline maupun mitigasi perubahan iklim sebagaimana pada Tabel 8.

Tabel 8. Dosis Anjuran Pupuk Urea beberapa Komoditas Pertanian

No	Jenis Tanaman	Dosis N (kg/ha)	Urea (kg/ha)
A	Tanaman Pangan		
	Padi	113	250
	Jagung	158	350
	Kedelai	25	56
	Kacang Tanah	25	56
	Kacang Hijau	25	56
	Ubikayu	68	150
	Ubijalar	68	150
B	Tanaman Hortikultura		
	Buah-buahan	72	160
	Sayur-sayuran	100	222
	Hias	42	93
	Biofarmaka	200	444
C	Tanaman Perkebunan		
	Karet	135	300
	Kelapa	90	200
	Kelapa Sawit	113	250

	Kopi	158	350
	Teh	90	200
	Kakao	200	444
	Tebu	158	351
	Tembakau	90	200
	Kapas	45	100

Sumber: Pawitan et al, (2009)

3.3.4 Reduksi Pembakaran Biomasa Sisa Pertanian

Data aktivitas yang diperlukan untuk menduga emisi non-CO₂ dari reduksi pembakaran biomassa sisa pertanian adalah:

- Luas panen padi sawah
- Persentase area yang dibakar sebelum aksi mitigasi
- Persentase area yang dibakar sesudah aksi mitigasi

3.3.5 Reduksi metan dari pemanfaatan kotoran ternak untuk biogas

Data dan informasi yang dibutuhkan untuk menghitung pengurangan emisi metan dari pemanfaatan kotoran ternak adalah:

- Jenis ternak
- Populasi ternak dari masing-masing jenis
- Persentase/jumlah ternak yang kotorannya tidak dimanfaatkan untuk menghasilkan biogas

Global Warming Potential (GWP)

Hasil akhir penghitungan emisi GRK dinyatakan kedalam karbon dioksida equivalent (CO₂-eq) dengan mengalikan emisi GRK terhadap GWP masing-masing gas GRK. Pemilihan angka GWP dalam penghitungan emisi GRK umumnya menggunakan rentang waktu per 100 tahun. Tabel 9 hanya 3 gas GRK utama untuk digunakan aksi mitigasi berbasis masyarakat.

Tabel 9. GWP dari 3 GRK Utama

		20 tahun	100 tahun	500 tahun
Karbon Dioksida	CO ₂	1	1	1
Metana	CH ₄	56	21	6.5
Dinitro Oksida	N ₂ O	280	310	170

Sumber: *Climate Change, 1995, The Science of Climate Change: Summary for Policymakers and Technical Summary of the Working Group I Report, page 22.*

4. Contoh Penghitungan

4.1 Penerapan Teknologi Budidaya Padi Sawah

Suatu desa A yang berada wilayah irigasi teknis pada tahun 2011 menerapkan teknologi budidaya sawah dengan mengelola dan menghemat air melalui System of Rice Intensification (SRI dan Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) serta varietas rendah emisi. Berdasarkan verifikasi dan wawancara dengan petani diperoleh data aktivitas sebagai berikut:

- Luas panen padi sawah dengan sistem SRI dalam setahun adalah 100 ha dan umur tanaman 110 hari
- Luas panen padi sawah dengan sistem PTT dalam setahun adalah 50 ha dan umur tanaman 110 hari
- Luas panen padi sawah dengan varietas rendah emisi yang dikelola dengan penggenangan terus-menerus adalah 50 ha dan umur tanaman 110 hari
- Bila diketahui dari wawancara bahwa desa A tersebut sebelum tahun 2011 sudah pernah menerapkan SRI dan PTT rata-rata 10 ha dalam setahun dan biasanya menggunakan varietas IR-64, kemudian varietas diubah menjadi ciherang berapakah emisi GRK di desa A tersebut?

emisi dari aksi mitigasi dihitung dari persamaan berikut:

$$\text{Emisi GRK} = \text{Emisi Baseline} - \text{Emisi Mitigasi}$$

Langkah 1. Menghitung emisi baseline

$$\begin{aligned}\text{Emisi baseline SRI} &= \text{luas panen (A)} \times \text{umur tanaman (t)} \times \\ &\quad \text{faktor emisi baseline (EF}_o\text{)} \times \text{faktor skala} \\ &\quad \text{pengelolaan air (SF}_w\text{)} \times \text{faktor skala} \\ &\quad \text{pengembalian bahan organik (SF}_o\text{)} \times \text{faktor skala} \\ &\quad \text{skala varietas (SF}_r\text{)} \times \text{faktor skala tanah} \\ &\quad \text{(SF}_s\text{)} \times 10^{-6} \\ &= (100 - 10) \times 110 \times 1.61 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1.12 \times \\ &\quad 10^{-6} \\ &= 0.0179 \text{ Gg CH}_4\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Emisi baseline PTT} &= \text{luas panen (A)} \times \text{umur tanaman (t)} \times \\ &\quad \text{faktor emisi baseline (EF}_o\text{)} \times \text{faktor skala} \\ &\quad \text{pengelolaan air (SF}_w\text{)} \times \text{faktor skala} \\ &\quad \text{pengembalian bahan organik (SF}_o\text{)} \times \text{faktor} \\ &\quad \text{skala varietas (SF}_r\text{)} \times \text{faktor skala tanah} \\ &\quad \text{(SF}_s\text{)} \times 10^{-6} \\ &= (50 - 10) \times 110 \times 1.61 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1.12 \times 10^{-6} \\ &= 0.0079 \text{ Gg CH}_4\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Emisi baseline varietas rendah emisi} &= \text{luas panen (A)} \times \text{umur tanaman} \\ &\quad \text{(t)} \times \text{faktor emisi baseline (EF}_c\text{)} \times \text{faktor} \\ &\quad \text{skala pengelolaan air (SF}_w\text{)} \times \text{faktor skala} \\ &\quad \text{pengembalian bahan organik (SF}_o\text{)} \times \text{faktor} \\ &\quad \text{skala varietas (SF}_r\text{)} \times \text{faktor skala tanah} \\ &\quad \text{(SF}_s\text{)} \times 10^{-6} \\ &= (50 - 10) \times 110 \times 1.61 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1.12 \times 10^{-6} \\ &= 0.0079 \text{ Gg CH}_4\end{aligned}$$

Keterangan:

- Luas panen = luas panen aksi – luas panen aksi rata-rata sebelum tahun acuan
 - Pengelolaan air sebelum tahun 2011 diasumsikan pengendalian terus-menerus atau $SF_w = 1$
- Tidak ada pengembalian bahan organik atau $SF_o = 1$
- Jenis tanah diasumsikan inceptisol $SF_s = 1.12$

Langkah 2. Menghitung emisi mitigasi

$$\begin{aligned}\text{Emisi mitigasi SRI} &= \text{luas panen (A)} \times \text{umur tanaman (t)} \\ &\times \text{faktor emisi baseline (EF}_c\text{)} \times \text{faktor skala} \\ &\text{pengelolaan air (SF}_w\text{)} \times \text{faktor skala} \\ &\text{pengembalian bahan organik (SF}_o\text{)} \times \text{faktor skala} \\ &\text{varietas (SFr)} \times \text{faktor skala tanah} \\ &\text{(SF}_s\text{)} \times 10^{-6} \\ &= (100 - 10) \times 110 \times 1.61 \times 0.71 \times 1 \times 1 \times 1.12 \\ &\times 10^{-6} \\ &= 0.0127 \text{ Gg CH}_4\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Emisi mitigasi PTT} &= \text{luas panen (A)} \times \text{umur tanaman (t)} \times \\ &\text{faktor emisi baseline (EF}_o\text{)} \times \text{faktor skala} \\ &\text{pengelolaan air (SF}_w\text{)} \times \text{faktor skala} \\ &\text{pengembalian bahan organik (SF}_o\text{)} \times \text{faktor} \\ &\text{skala varietas (SF}_r\text{)} \times \text{faktor skala tanah} \\ &\text{(SF}_s\text{)} \times 10^{-6} \\ &= (50 - 10) \times 110 \times 1.61 \times 0.46 \times 1 \times 1 \times 1.12 \times \\ &10^{-6} \\ &= 0.0036 \text{ Gg CH}_4\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Emisi mitigasi varietas rendah emisi} &= \text{luas panen (A)} \times \text{umur tanaman} \\ &\text{(t)} \times \text{faktor emisi baseline (EF}_c\text{)} \times \text{faktor} \\ &\text{skala pengelolaan air (SF}_w\text{)} \times \text{faktor skala} \\ &\text{pengembalian bahan organik (SF}_o\text{)} \times \text{faktor} \\ &\text{skala varietas (SFr)} \times \text{faktor skala tanah} \\ &\text{(SF}_s\text{)} \times 10^{-6} \\ &= (50 - 10) \times 110 \times 1.61 \times 1 \times 1 \times 0.57 \times 1.12 \times \\ &10^{-6} \\ &= 0.0045 \text{ Gg CH}_4\end{aligned}$$

Langkah 3. Menghitung reduksi emisi GRK aksi mitigasi

$$\begin{aligned}\text{Reduksi emisi SRI} &= \text{emisi baseline SRI} - \text{emisi mitigasi SRI} \\ &= 0.0179 - 0.0127 \\ &= 0.0052 \text{ Gg CH}_4\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Reduksi emisi PTT} &= \text{emisi baseline PTT} - \text{emisi mitigasi PTT} \\
 &= 0.0179 - 0.0127 \\
 &= 0.0043 \text{ Gg CH}_4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Reduksi emisi var} &= \text{emisi baseline var} - \text{emisi mitigasi var} \\
 &= 0.0179 - 0.0127 \\
 &= 0.0034 \text{ Gg CH}_4
 \end{aligned}$$

Total reduksi emisi GRK adalah $0.0052 + 0.0043 + 0.0034 = 0.0129$ Gg CH₄

Langkah 4. Konversi kedalam CO₂-e

$$\begin{aligned}
 \text{Total reduksi emisi} &= \text{emisi GRK CH}_4 \times \text{GWP CH}_4 \\
 &= 0.0129 \times 21 = \mathbf{0.270 \text{ Gg CO}_2\text{-e}}
 \end{aligned}$$

4.2 Reduksi Pupuk Urea dengan Aplikasi Pupuk Organik

Aplikasi pupuk organik dapat mengurangi emisi dari pupuk urea bila dapat mengurangi jumlah pupuk urea dari kondisi baseline. Data aktivitas yang harus dikumpulkan adalah jumlah pupuk urea yang digunakan sebelum aksi (baseline) dan sesudah aksi mitigasi, serta jumlah pupuk organik yang digunakan.

Suatu desa B berupaya mengurangi penggunaan pupuk urea dengan menambahkan pupuk organik di lahan kering pertanian seluas 100 ha dengan dosis 5 kg per ha. Bila selama ini jumlah pupuk urea yang diberikan sebanyak 25 ton per tahun dan setelah pemberian bahan organik dapat mengurangi pupuk urea 25%, berapakah emisi GRK dari reduksi pupuk urea?

Emisi dari aksi mitigasi dihitung dari persamaan berikut:

$$\mathbf{\text{Emisi GRK} = \text{Emisi Baseline} - \text{Emisi Mitigasi}}$$

Langkah 1. Menghitung emisi baseline

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi baseline} &= \text{Jumlah penggunaan pupuk urea} (M_{\text{urea}}) \times \\
 &\quad \text{faktor emisi urea} (EF_{\text{urea}}) \\
 &= 25 \times 0.02 \times 44/12
 \end{aligned}$$

$$= 1.83 \text{ t CO}_2$$

Langkah 2. Menghitung emisi mitigasi

$$\begin{aligned} \text{Emisi mitigasi} &= \text{Jumlah penggunaan pupuk urea } (M_{\text{urea}}) \times \\ &\quad \text{faktor emisi urea } (EF_{\text{urea}}) \\ &= 25 \times (100\% - 25\%) \times 0.02 \times 44/12 \\ &= 1.38 \text{ t CO}_2 \end{aligned}$$

Langkah 3. Menghitung reduksi emisi GRK aksi mitigasi

$$\begin{aligned} \text{reduksi emisi GRK} &= \text{emisi baseline} - \text{emisi mitigasi} \\ &= 1.83 - 1.38 \\ &= 0.46 \text{ t CO}_2 \end{aligned}$$

4.3 Reduksil Pembakaran Biomassa Sisa Pertanian

Di desa C masyarakatnya berupaya meningkatkan reduksi pembakaran jerami padi yang dihasilkan dari lahan sawah seluas 100 ha dengan mengembalikan sebagian kedalam tanah dan dibuat kompos. Bila sebelum tahun acuan 2010 masyarakat hanya membakar 75% dan setelah tahun 2010 mampu mengurangi pembakaran jerami menjadi 25%, berapakah emisi GRK dari reduksi pembakaran biomassa?

Emisi dari aksi mitigasi dihitung dari persamaan berikut:

$$\text{Emisi GRK} = \text{Emisi Baseline} - \text{Emisi Mitigasi}$$

Langkah 1. Menghitung emisi baseline

$$\text{Emisi baseline} = \text{luas lahan yang dibakar } (A) \times \text{berat bahan organik } (MB) \times \text{faktor pembakaran } (Cf) \times \text{faktor emisi } (Gef) \times 10^{-3}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi baseline CH}_4 &= (100 \text{ ha} \times 75\%) \times 5.5 \text{ ton/ha} \times 0.8 \times 2.7 \text{ g/kg} \\ &\quad \text{CH}_4 \times 10^{-3} \\ &= 0.891 \text{ t CH}_4 \end{aligned}$$

$$\text{Emisi baseline N}_2\text{O} = (100 \text{ ha} \times 75\%) \times 5.5 \text{ ton/ha} \times 0.8 \times 0.07 \text{ g/}$$

$$\begin{aligned} & \text{kg N}_2\text{O} \times 10^{-3} \\ & = 0.023 \text{ t N}_2\text{O} \end{aligned}$$

Langkah 2. Menghitung emisi mitigasi

$$\text{Emisi mitigasi} = \text{luas lahan yang dibakar (A)} \times \text{berat bahan organik (MB)} \times \text{faktor pembakaran (Cf)} \times \text{faktor emisi (Gef)} \times 10^{-3}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi mitigasi CH}_4 &= (100 \text{ ha} \times 25\%) \times 5.5 \text{ ton/ha} \times 0.8 \times 2.7 \text{ g/kg CH}_4 \times 10^{-3} \\ &= 0.298 \text{ t CH}_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisi mitigasi N}_2\text{O} &= (100 \text{ ha} \times 25\%) \times 5.5 \text{ ton/ha} \times 0.8 \times 0.07 \text{ g/kg N}_2\text{O} \times 10^{-3} \\ &= 0.008 \text{ t N}_2\text{O} \end{aligned}$$

Langkah 3. Menghitung reduksi emisi GRK aksi mitigasi

$$\text{Reduksi emisi GRK} = \text{emisi baseline} - \text{emisi mitigasi}$$

$$\begin{aligned} \text{Reduksi emisi CH}_4 &= 0.891 - 0.298 \\ &= 0.594 \text{ t CH}_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Reduksi emisi N}_2\text{O} &= 0.023 - 0.003 \\ &= 0.015 \text{ t N}_2\text{O} \end{aligned}$$

Langkah 4. Konversi kedalam CO₂-e

$$\begin{aligned} \text{Reduksi emisi CH}_4 &= \text{emisi GRK CH}_4 \times \text{GWP CH}_4 \\ &= 0.594 \times 21 \\ &= 12.47 \text{ ton CO}_2\text{-e} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Reduksi emisi N}_2\text{O} &= \text{emisi GRK CH}_4 \times \text{GWP CH}_4 \\ &= 0.015 \times 310 \\ &= 4.77 \text{ ton CO}_2\text{-e} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Reduksi Emisi} &= 12.47 + 4.77 \\ &= 17.25 \text{ ton CO}_2\text{-e} \end{aligned}$$

4.4 Reduksi Emisi dari Pemanfaatan Kotoran Ternak

Di desa D terdapat 200 ekor sapi perah yang sebagian besar kotorannya belum dimanfaatkan. Di tahun 2010 hanya ada 10 unit biogas yang masing-masing biogas memanfaatkan kotoran dari 4 ekor sapi. Di tahun 2011 dipasang 15 tambahan unit biogas dengan kapasitas yang sama dengan unit-unit sebelumnya. Berapakah pengurangan emisi CH₄ dari pemanfaatan kotoran ternak menjadi biogas ini?

Langkah 1. Menghitung emisi baseline

Emisi baseline = jumlah sapi yang kotorannya belum dimanfaatkan untuk biogas di tahun 2010 x faktor emisi metan ternak sapi perah
= (200-40) ekor x 31 kg CH₄/ekor/tahun
= 4.960 kg CH₄/tahun

Langkah 2. Menghitung emisi mitigasi

Emisi mitigasi = jumlah sapi yang kotorannya belum dimanfaatkan untuk biogas di tahun 2011 x faktor emisi metan ternak sapi perah
= (200-(40+60)) ekor x 31 kg CH₄/ekor/tahun
= 3.100 kg CH₄/tahun

Langkah 3. Menghitung reduksi emisi mitigasi

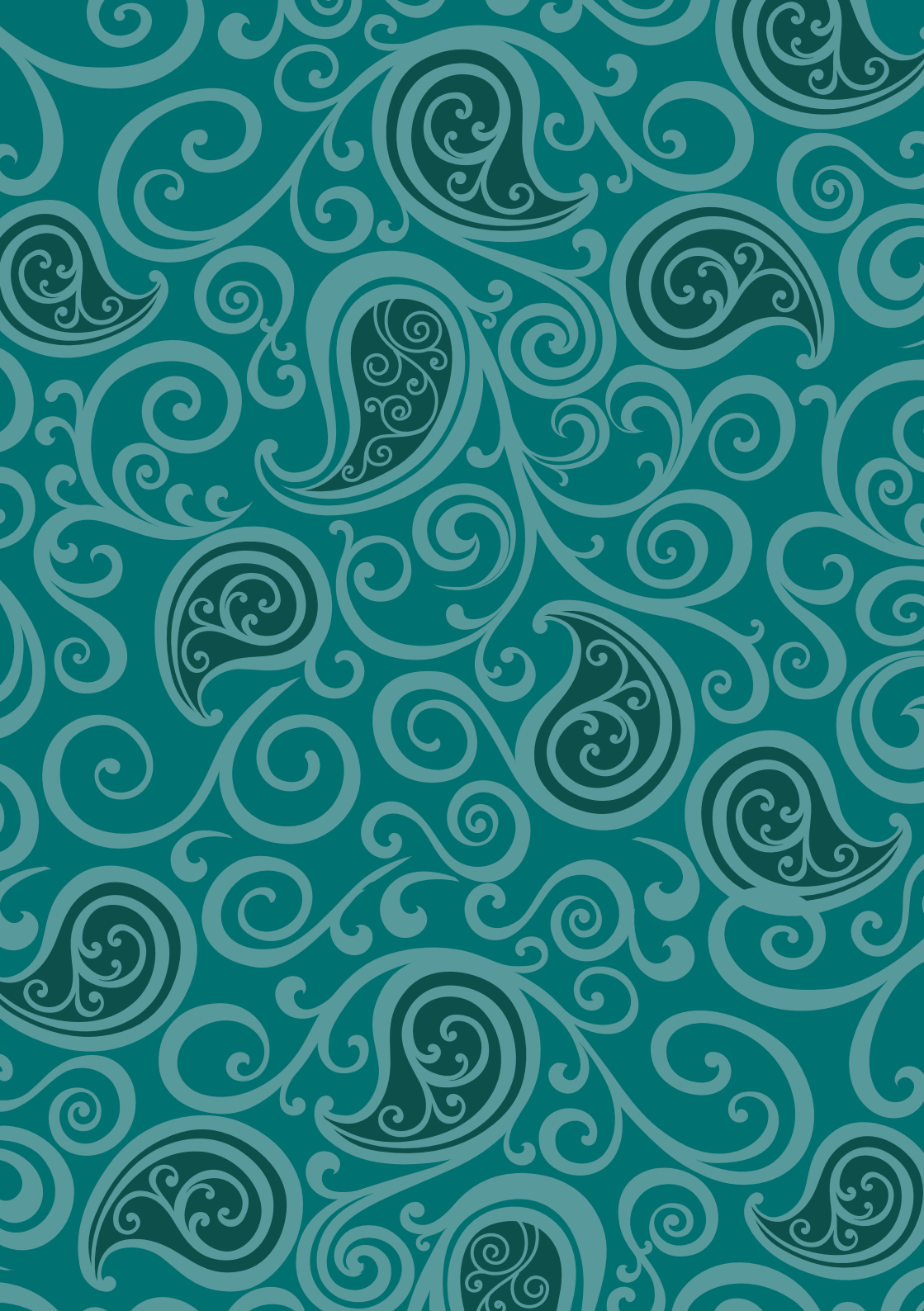
Reduksi emisi GRK = emisi baseline - emisi mitigasi
Reduksi emisi CH₄ = 4.960 – 3.100 kg CH₄/tahun
= 1.860 kg CH₄/tahun
= 1.86 ton CH₄/tahun

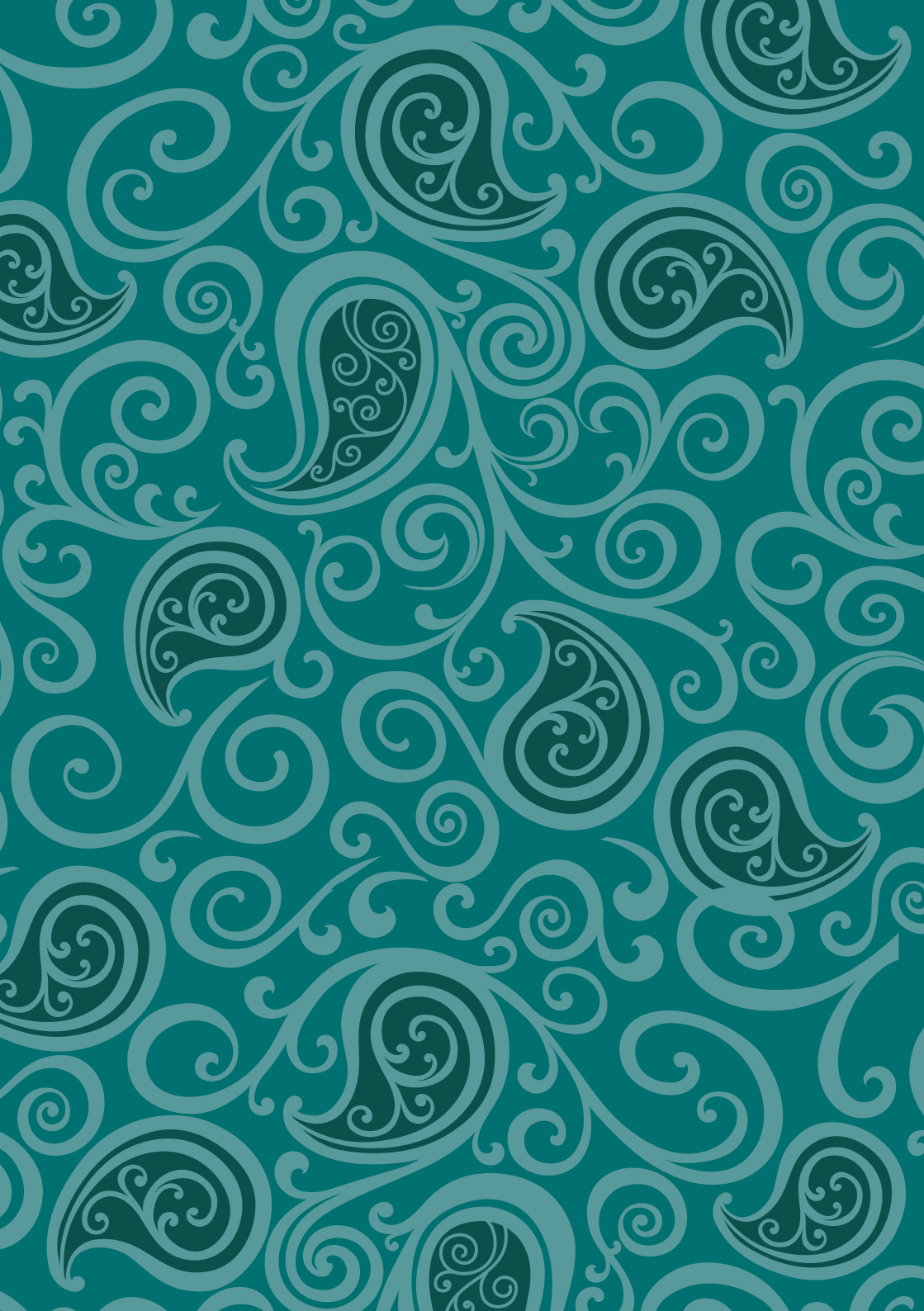
Langkah 4. Konversi kedalam CO₂-e

Reduksi emisi CH₄ = emisi CH₄ x GWP CH₄
= 1.86 x 21
= 39.06 ton CO₂-e

Catatan :

Adapun pengurangan CO₂ dari substitusi bahan bakar akibat pemanfaatan biogas dijelaskan pada panduan sektor energi.





LAMPIRAN IV : PERATURAN DIREKTUR JENDERAL PENGENDALIAN
PERUBAHAN IKLIM TENTANG PEDOMAN
PENGHITUNGAN EMISI GAS RUMAH KACA UNTUK
AKSI MITIGASI PERUBAHAN IKLIM BERBASIS
MASYARAKAT

NOMOR :

TANGGAL : DESEMBER 2017

**PEDOMAN PENGHITUNGAN EMISI GAS RUMAH KACA UNTUK
AKSI MITIGASI PERUBAHAN IKLIM BERBASIS MASYARAKAT
PADA SEKTOR LIMBAH**

1. Ruang Lingkup dan Jenis Aksi Mitigasi

1.1 Ruang Lingkup

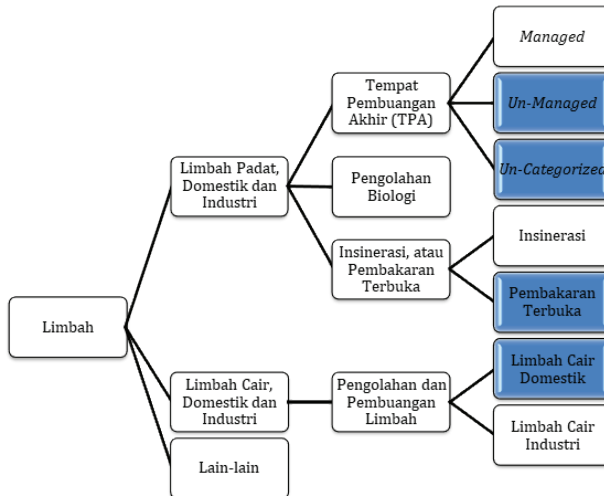
Merujuk 2006 IPCC¹ *Guideline for National GHG Inventory*, sumber emisi GRK sektor limbah mencakup kegiatan pengolahan limbah padat domestik, limbah cair domestik, limbah padat industri, limbah cair industri, limbah infeksius (klinis), dan limbah B3 (Gambar 1).

Berbeda dengan 2006 IPCC *Guideline*, sumber emisi GRK ditingkat masyarakat yang tercakup di dalam pedoman ini (Lampiran IV) dikelompokkan menjadi pengolahan limbah padat domestik, limbah cair domestik, limbah padat industri kecil, dan limbah cair industri kecil. Aksi-aksi mitigasi sektor limbah dikelompokkan berdasarkan sumber-sumber emisi GRK ditingkat masyarakat tersebut sedangkan jenis aksi mitigasinya dapat dikelompokkan berdasarkan kategorinya, yaitu *avoidance* (penghindaran), *reduction* (pengurangan), dan *destruction* (penurunan GWP²).

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change

² GWP = Global Warming Potential

Gambar.1 Sumber utama emisi GRK sektor limbah [2006 IPCC Guidelline for National GHG *Inventory*]



Sebagai catatan, penanganan limbah kegiatan pertanian, peternakan, dan pengolahan produk pertanian dan peternakan tidak tercakup di dalam pedoman ini namun dibahas pada sektor pertanian (Lampiran III).

1.2 Jenis Aksi Mitigasi

Sektor limbah yang tercakup pada pedoman ini adalah pengelolaan dan pengolahan limbah yang merupakan inisiatif masyarakat sehingga tidak termasuk pengolahan limbah klinis dan limbah B3 yang tidak dilakukan oleh masyarakat umum karena diatur tersendiri. Sedangkan limbah padat dan limbah cair industri kecil dikelola oleh masyarakat dengan aksi mitigasi yang sederhana, misalnya biodigester limbah cair industri tahu dan pemanfaatan kain perca pada industri konveksi, juga tercakup dalam pedoman ini.

Di lokasi aksi mitigasi berbasis masyarakat, penanganan sampah padat domestik mencakup 3R, pembakaran terbuka, penimbunan di halaman, dikirim ke Tempat Penampungan Sementara (TPS) atau Tempat Pemrosesan Akhir (TPA),

pengomposan, dan pembuangan ke sungai. Penanganan limbah cair domestik mencakup tangki septik, cubluk (jamban tanpa air), pembuangan ke sungai dan pengolahan terpadu (komunal). Penanganan limbah cair industri kecil mencakup pengolahan terpadu dan pembuangan ke sungai.

Kegiatan-kegiatan yang mengakibatkan terhindarnya pembentukan emisi GRK mencakup (i) pengelolaan sampah domestik yang apabila tidak dikelola mengakibatkan terbentuknya GRK di lokasi penimbunan sampah (misalnya TPA), diantaranya yaitu pengomposan dan 3R (*reuse, reduce, recycle*), pengolahan secara biologi (*bio-digester*) untuk pupuk atau biogas, pemanfaatan sampah padat untuk sumber energi, (ii) pemanfaatan air limbah domestik yang apabila tidak dikelola mengakibatkan pembentukan GRK di lokasi *septic tank*, diantaranya yaitu proses digester menghasilkan biogas dan kompos, penerapan proses aerobik pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal sederhana sebagai pengganti proses anaerobik pada *septic tank*, (iii) pemanfaatan limbah cair industri kecil dan rumah tangga untuk biogas dan kompos melalui proses digester dan penerapan proses aerobik pada IPAL terpadu sebagai pengganti proses anaerobik pada IPAL industri, dan (iv) pengolahan air lindi TPA melalui proses aerobik (tetapi kegiatan ini tidak terdapat pada lokasi Proklamasi).

Emisi GRK dari penanganan limbah cair domestik dengan *septic tank* terjadi karena adanya proses anaerobik di dalam *septic tank* (menghasilkan gas CH_4). Aksi mitigasi yang dapat dilakukan terhadap penanganan limbah cair domestik adalah melalui pembangunan pengolahan limbah cair domestik secara komunal yang melibatkan proses aerasi limbah (mencegah terbentuknya CH_4). Aksi mitigasi lain yang dapat dilakukan dalam penanganan limbah cair domestik adalah melalui pembangunan digester komunal dimana gas CH_4 yang dihasilkannya dibakar dan/atau dimanfaatkan untuk sumber energi. Sistem digester komunal yang tidak memiliki sistem

pembakaran/pemanfaatan CH_4 tidak dikategorikan aksi mitigasi, bahkan digester yang demikian akan meningkatkan emisi CH_4 dibandingkan yang dihasilkan oleh *septic tank* individual.

Seperti halnya pada limbah cair domestik, penanganan limbah cair industri skala kecil juga menghasilkan CH_4 dari proses anaerobik yang terjadi pada kolam penampungan limbah. Aksi mitigasi yang dapat dilakukan adalah melalui pengoperasian sistem aerasi terhadap penampungan limbah cair atau pengolahan limbah cair dengan sistem digester yang dilengkapi dengan sistem pembakaran dan/atau pemanfaatan gas CH_4 yang dihasilkan oleh digester.

Aksi mitigasi dikelompokkan berdasarkan kategorinya menjadi upaya-upaya mitigasi menjadi penghindaran pembentukan emisi GRK (konversi pengolahan an-aerobik menjadi aerobik), pengurangan tingkat emisi GRK melalui konversi kegiatan pembakaran limbah padat menjadi pengomposan, destruksi GRK (penangkapan gas *methane/bio-digester* untuk bahan bakar), sebagaimana disampaikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Kategorisasi Aksi Mitigasi Sektor Limbah Berbasis Masyarakat

No.	Kategori Aksi Mitigasi	Limbah Padat Domestik	Limbah Cair Domestik	Limbah Cair Industri Kecil
1	Penghindaran emisi GRK	3R + Pengomposan Sampah melalui konversi kegiatan pembakaran sampah terbuka (<i>open burning</i>) menjadi pengomposan dan bio-digester (yang dilengkapi gas <i>recovery</i>) dan kegiatan bank sampah (kertas, plastik)	Konversi pengolahan an-aerobik menjadi aerobik melalui penggantian sistem septik tank yang aerobik, program IPAL terpadu dan IPLT. Penanganan lumpur tinja untuk dikeringkan atau pupuk di lokasi IPLT	
2	Pengurangan	Diet Kantong Plastik	-	-
3	Destruksi	-	Penggantian septik tank individual menjadi komunal yang dilengkapi <i>bio-digester</i> untuk <i>flaring</i> atau bahan bakar gas rumah tangga	Penangkapan gas methane dari IPAL Industri atau melalui <i>bio-digester</i> untuk gas <i>flaring</i> atau dimanfaatkan sebagai bahan bakar gas

Pelaksanaan 3R melalui Bank Sampah adalah implementasi PerMenLH No. 13/2012 yang dilaksanakan untuk daur ulang

sampah. Kegiatan 3R untuk daur ulang sampah kertas untuk mengurangi emisi GRK, karena sampah kertas menghasilkan emisi GRK. Sedangkan untuk sampah plastik, kondisi tanpa aksi mitigasi adalah dibakar.

Aksi mitigasi dari pengolahan limbah cair industri kecil dilakukan melalui digester dimana gas metan yang dihasilkan dibakar dan/atau dimanfaatkan. Pemanfaatan gas metan untuk digunakan sebagai bahan bakar rumah tangga di lokasi mitigasi berbasis masyarakat tidak termasuk mitigasi di sektor limbah, namun termasuk di dalam mitigasi sektor energi (Lampiran I).

Jenis GRK yang diemisikan pada aksi mitigasi sektor limbah tingkat lokal adalah:

- a. CH_4 (metana) yang dihasilkan dari proses penguraian anaerobik limbah padat domestik di TPA, limbah cair domestik di tangki septik (*septic tank*) atau IPAL komunal, dan limbah cair industri kecil di IPAL industri.
- b. N_2O (dinitro oksida) yang dihasilkan dari proses penguraian aerobik limbah padat domestik di TPA, limbah cair domestik di tangki septik atau IPAL komunal, dan limbah cair industri kecil di IPAL industri.
- c. CO_2 (karbon dioksida) yang berasal dari proses pengolahan limbah padat domestik melalui insinerasi sampah dan pembakaran gas metan yang berasal dari TPA maupun dari digester. Gas CO_2 dari pengomposan maupun TPA tidak dihitung karena termasuk ke dalam *biogenic origin* atau dianggap sumber emisi GRK natural (non-antropogenik).

Pemanfaatan limbah yang bertujuan untuk mengurangi jumlah limbah yang terbentuk, adalah bentuk dari upaya mitigasi perubahan iklim. Ilustrasi untuk menjelaskan pemanfaatan limbah adalah sebagai berikut:

a. Limbah Padat Rumah Tangga Untuk Kompos/Biogas/3R



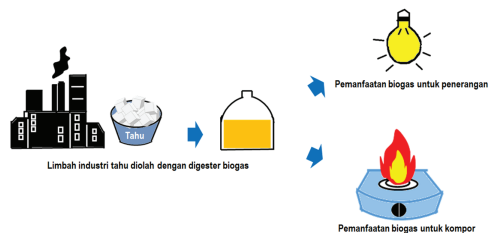
Gambar.2 Pemanfaatan limbah padat rumah tangga untuk kompos

b. Limbah Pasar untuk Biogas dan Energi Alternatif



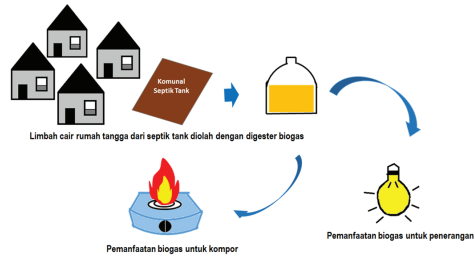
Gambar.3 Pemanfaatan limbah padat organik untuk sumber energi biogas

c. Limbah Cair dari Industri Tahu untuk Biogas dan Energi Alternatif



Gambar.4 Pemanfaatan limbah cair industri tahu untuk sumber energi biogas

d. Limbah Cair dari *Septic Tank* untuk Biogas



Gambar.5 Pemanfaatan limbah cair domestik untuk biogas

2. Metoda Penghitungan Capaian Mitigasi

Penghitungan emisi GRK yang dihasilkan dari pengolahan limbah di lokasi pelaksanaan mitigasi berbasis masyarakat dilakukan dengan menghitung emisi *baseline*. Kemudian dihitung jumlah emisi setelah dilakukan aksi mitigasi, sehingga dapat dihitung berapa besar potensi penurunan emisi yang dilakukan oleh aksi tersebut.

2.1 Penentuan *Baseline*

Pelaksanaan aksi mitigasi akan menghasilkan penurunan emisi GRK. Besarnya penurunan emisi tersebut dihitung berdasarkan selisih antara emisi *baseline* dengan emisi setelah dilakukan tindakan mitigasi. Emisi *baseline* adalah emisi yang dihasilkan sebelum dilakukan kegiatan-kegiatan mitigasi, dimana kegiatan mitigasi diantaranya berupa pengomposan dan 3R.

Baseline yang digunakan untuk penghitungan aksi mitigasi berbasis masyarakat adalah *baseline* kegiatan, yaitu emisi pada kegiatan yang berjalan. Untuk kegiatan pengomposan, maka *baseline* adalah apabila sampah organik tidak dimanfaatkan, hanya ditimbun di halaman rumah atau dibakar, atau *open dumping* ke TPA. Penghitungan *baseline* untuk limbah padat domestik dengan mempergunakan metode penghitungan yang konsisten dengan Pedoman IPCC 2006. *Template* berikut urutan perhitungannya disampaikan pada contoh penghitungan.

Untuk limbah cair domestik, *baseline* yang digunakan adalah apabila limbah cair tidak diolah pada kolam anaerobik, atau dibuang langsung ke sungai. Berdasarkan uraian tersebut, maka menunjukkan bahwa *baseline* yang digunakan akan berbeda dan bervariasi tergantung pada jenis aktivitasnya.

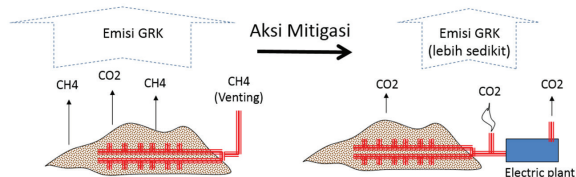
2.2 Penghitungan Reduksi Emisi GRK sebaga Capaian Aksi Mitigasi

Penghitungan penurunan emisi GRK secara umum dihitung dengan formula berikut:

Persamaan 1 Penurunan Emisi

$$\text{Penurunan emisi} = \text{Emisi } \textit{baseline} - \text{Emisi mitigasi}$$

Sebagai ilustrasi, pada gambar 6 disampaikan konsep penghitungan penurunan emisi dari aksi mitigasi berbasis masyarakat sektor limbah. Pada gambar tersebut digambarkan sebelum dilakukan aksi mitigasi, emisi GRK dari kegiatan pengolahan sampah menghasilkan emis gas CH₄ dan CO₂ yang langsung dibuang ke udara bebas (atmosfer). Emisi ini disebut sebagai emisi *baseline*. Selanjutnya, guna mengurangi emisi gas, dilakukan mitigasi dengan memanfaatkan gas metana sebagai bahan bakar (dalam hal ini contoh pembangkitan listrik). Dengan adanya aksi mitigasi ini, emisi gas yang dibuang ke udara berupa gas CO₂ dengan tingkat GWP yang 21 kali lebih kecil dibandingkan dengan gas CH₄. Besarnya penurunan emisi adalah selisih antara emisi *baseline* dengan emisi mitigasi.



Gambar.6 Ilustrasi aksi mitigasi dari kegiatan pengolahan limbah padat domestik menjadi biogas untuk pembangkit listrik

Tingkat emisi *baseline* maupun emisi mitigasi dihitung dengan formula sederhana seperti dalam persamaan berikut:

$$\text{Tingkat Emisi} = \text{Data Aktivitas} \times \text{Faktor Emisi}$$

Data aktivitas sektor limbah adalah jumlah (berat) komponen organik yang dapat terurai yang terdapat di dalam limbah yang diolah per tahun. Untuk limbah padat domestik, data aktivitas adalah jumlah sampah organik (karbon organik yang dapat terurai atau DOC - *Degradable Organic Carbon*) yang dibakar, atau diolah menjadi kompos atau 3R. Untuk limbah cair domestik maupun industri, data aktivitas dinyatakan dalam TOW (*Total Organic in Wastewater*) dimana untuk limbah cair domestik ditentukan dari nilai BOD (*Biochemical Oxygen Demand*). Mengingat data tersebut sering tidak tersedia, maka dapat dipergunakan angka default BOD dari limbah cair di Indonesia yang sudah menjadi referensi (misal: BOD *default* untuk limbah tinja, limbah tahu, limbah tapioka).

Nilai DOC bergantung pada jenis sampah. Oleh karena itu data aktivitas sampah (total DOC) bergantung pada komponen sampah. Pada umumnya komponen sampah rumah tangga (domestik) terdiri dari sisa makanan, sampah kebun, plastik kemasan, nappies (pembalut dan popok bayi), tekstil, kertas, karet, kulit, logam, kaca. Komponen-komponen sampah yang dapat menghasilkan emisi GRK adalah komponen yang memiliki nilai DOC, yaitu komponen yang berupa senyawa

organik. Penghitungan emisi GRK dari limbah padat domestik pada kondisi sampah ditimbun di TPA, akan mempergunakan metode penghitungan yang menggunakan *first order decay*, dan GRK yang dihasilkan adalah CH₄.

Dalam aksi mitigasi melalui 3R, penurunan emisi hanya memperhitungkan komponen sampah organik. Kegiatan daur ulang umumnya meliputi plastik, kaca, logam dan kertas. Dalam konteks mitigasi, kontribusi penurunan emisi GRK hanya berasal dari daur ulang kertas. Penurunan emisi GRK dari kegiatan pengomposan berasal dari penghindaran pembentukan CH₄ di TPA (bila komponen-komponen organik tidak diambil untuk pengomposan). Perlu dicatat bahwa pada kegiatan pengomposan, GRK yang terbentuk adalah CO₂ dan CH₄.

Berikut adalah contoh komposisi sampah yang menjadi salah satu data yang perlu dimasukkan dalam *template* perhitungan emisi GRK sektor limbah padat di TPA. Perlu menjadi catatan bahwa komposisi yang dimasukkan dalam *template* perhitungan merupakan nilai komposisi basis berat basah.

Tabel 2 Tipikal komposisi limbah padat domestik

Komponen Limbah Padat	Komposisi Berat Basah (%-w)		
	Default IPCC2006	Hasil Survey	
		Salah satu propinsi di Sumatera	Kota Megapolitan di Jawa
1. Kertas	12,9	10,49	10,79
2. Tekstil	2,7	1,79	4,1
3. Sisa Makanan	43,5	58,85	49,72
4. Kayu	9,9		0.78
5. Taman		3,36	7,70
6. <i>Nappies</i>		4,50	5,93
7. Karet dan Kulit	0,9	0,34	0,37

8. Plastik	7,2	18,79	19,25
9. Logam	3,3	0,40	0,30
10. Kaca	4,0	1,05	0,59
11. <i>Other, Inert waste</i>	16,3	0,42	0,47

2.2.1 Pemilihan Faktor Emisi GRK

Dalam pemilihan faktor emisi, digunakan angka dari faktor emisi basis berat basah. Pada praktek di lapangan, kondisi sampah yang sering ditemukan adalah sampah dengan kondisi yang basah. Sebagai gambaran, angka faktor emisi berbasis berat kering didapat dari uji laboratorium, dimana sampah yang diuji dikeringkan terlebih dahulu, sehingga tidak ada lagi kadar air di dalam sampah tersebut. Tabel 3 memperlihatkan besaran faktor emisi default dari IPCC Guideline 2006.

Tabel 3 Faktor emisi default IPCC 2006

Tipe Teknologi Pengolahan Biologi	Faktor emisi CH ₄ (g CH ₄ /kg limbah)		Faktor Emisi N ₂ O (g N ₂ O/kg limbah)		Keterangan
	Basis berat kering	Basis berat basah	Basis berat kering	Basis berat basah	
Pengomposan	10 (0.08 - 20)	4 (0.03 - 8)	0.6 (0.2 - 1.6)	0.3 (0.06 - 0.6)	
Pembusukan Anaerobik pada fasilitas biogas	2				
(0 - 20)	1 (0 - 8)	asumsi diabaikan	asumsi diabaikan		

Sumber: Arnold, M (2005) *Personel communication*; Beck-Friis (2002); Detzel et al. (2003); Pettersen et al. 1998; Hellebrand 1998; Hogg. D. (2002); Vesterinen (1996)

2.2.2 Faktor Konversi Satuan Emisi GRK

Setiap personel yang melakukan penghitungan emisi GRK harus mengetahui *Global Warming Potential* (GWP) dari masing-masing senyawa GRK berdasarkan hasil kajian dari *Intergovernmental Panel on Climate*

Change (IPCC) yang dapat dilihat pada Tabel 4. Hal ini ditujukan agar hasil akhir penghitungan emisi GRK dapat dikalkulasikan ke dalam satuan hitung karbon dioksida ekivalen (CO₂-eq). Pemilihan angka GWP dalam penghitungan emisi GRK umumnya menggunakan rentang waktu per 100 tahun. Ada beberapa senyawa GRK yang nilai GWP-nya dijabarkan dalam hasil kajian IPCC. Tabel 4 hanya mengambil senyawa GRK utama untuk digunakan dalam aksi mitigasi berbasis masyarakat.

Tabel.4 GWP Tiga Senyawa GRK Utama Global

No	Gas	GWP (CO ₂ -e)
1	CO ₂	1
2	Methane (CH ₄)	21
3	Nitrous Oxide (N ₂ O)	310

Sumber: GWPs values of second assessment report (SAR) for 100 years times horizon, IPCC 2006

3.3 Pengumpulan Data

Sebagaimana disampaikan terdahulu, emisi GRK dari penanganan limbah dapat ditentukan dari besarnya nilai data aktivitas dan faktor emisi. Untuk itu, agar dapat menghitung capaian aksi mitigasi berbasis masyarakat diperlukan data aktivitas dan faktor emisi pada saat sebelum (*baseline*) dan sesudah aksi mitigasi dilakukan. Pada sub-bab berikut disampaikan data aktivitas dan faktor emisi untuk limbah padat dan limbah cair.

a. Sub-sektor Limbah Padat Domestik

Hal pertama yang perlu dilakukan dalam melakukan penghitungan emisi GRK sektor limbah tingkat lokal adalah mengumpulkan data aktivitas limbah padat, seperti besaran/jumlah limbah padat yang dihasilkan setiap tahunnya, jenis sampah, persentase komposisi sampah, persentase pengelolaan sampah (persentase yang dimanfaatkan melalui 3R, komposting, dibakar, dibuang ke TPA, dan yang dibuang sembarang), serta

jumlah populasi. Daftar kebutuhan data terkait data aktivitas disampaikan pada tabel 5.

Tabel.5 Data Aktivitas Pengolahan Limbah Padat Domestik

Limbah Padat Domestik	Unit
Jumlah KK	KK
Populasi per KK	Populasi/KK
Jumlah Populasi	Populasi
*) Timbulan sampah (default, kota kecil)	(ton/populasi/tahun)
Total sampah domestik	Ton
Laju pertumbuhan sampah atau populasi	%/tahun
Volume pengolahan limbah padat domestik	
a. 3R	kg
b. Pengomposan	kg
c. <i>Open burning</i> , atau pembakaran terbuka	kg

*) Angka timbulan sampah (default, kota kecil) adalah 0,19 ton/populasi/tahun

Beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah:

- Persentase laju pertumbuhan sampah atau populasi dapat menggunakan data dari kelurahan atau kecamatan setempat, ataupun catatan administrasi formil lainnya yang dapat ditentukan di tingkat pemerintahan setempat (contoh: kantor Nagari, pukesmas, dll).
- Komposisi dan volume sampah yang diolah sebelum dan sesudah dilakukan aksi mitigasi. Volume sampah per KK per hari dapat diperoleh dengan asumsi dari aktivitas rata-rata setiap KK.
- Jumlah timbulan sampah dihitung dengan satuan unit ton per tahun (ton/tahun).

Perlu diperhatikan bahwa untuk berbagai aksi mitigasi limbah padat, penanganan sampah untuk skala perkotaan yang dianggap sebagai *baseline* adalah pengolahan di TPA. Akan tetapi dikarenakan untuk lokasi Proklamasi tidak mencakup pengelolaan limbah di TPA, maka tidak diberikan penjelasan lebih detail.

Maka, untuk menghitung emisi $\text{CH}_4/\text{N}_2\text{O}$ dari kegiatan pengomposan adalah dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Jumlah sampah yang diolah untuk pengomposan → **[A]**
- Faktor emisi (g $\text{CH}_4/\text{N}_2\text{O}$ per kg sampah yang diolah) → **[B]**
- Emisi gas metan yang dihasilkan (Gg $\text{CH}_4/\text{N}_2\text{O}$) → **[C]**

$$[\text{C}] = [\text{A}] * [\text{B}] * [10^{-3}]$$
- Gas metan yang di-recovery/dibakar (Gg $\text{CH}_4/\text{N}_2\text{O}$) → **[D]**
- Emisi gas metan netto (Gg $\text{CH}_4/\text{N}_2\text{O}$) → **[E]** $[\text{E}] = [\text{C}] - [\text{D}]$

Untuk penghitungan emisi $\text{CO}_2/\text{CH}_4/\text{N}_2\text{O}$ dari kegiatan sampah yang dibakar terbuka (*open burning*) dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Jumlah sampah yang dibakar → **[F]**
- Faktor emisi (kg $\text{CO}_2/\text{CH}_4/\text{N}_2\text{O}$ per Gg sampah basah) → **[G]**
- Emisi CO_2 yang dihasilkan (Gg $\text{CO}_2/\text{CH}_4/\text{N}_2\text{O}$) → **[H]**

$$[\text{H}] = [\text{F}] * [\text{G}]$$

Maka

$$\text{Reduksi } [\text{I}] = [\text{H}] - [\text{E}]$$

b. Sub-sektor Limbah Cair Domestik

Emisi GRK sub-sektor limbah cair domestik dihitung berdasarkan volume limbah dan faktor emisi jenis pengolahan limbah cair. Pada Tabel 6 disampaikan EF berbagai penanganan limbah cair domestik, sebelum (*baseline*) dan sesudah aksi mitigasi dilakukan.

Tabel.6 Nilai EF Dari Aksi Mitigasi Dan Baseline Pada Sub-Sektor Limbah Cair Domestik

Sub-sektor	Mitigasi		Baseline	
	Pengolahan untuk mitigasi	EF	Pengolahan awal	EF
Limbah cair domestik	Komunal	0 (dikelola dengan baik) 0.18 (tidak dikelola dengan baik)	Pembuangan ke laut, sungai, atau danau (EF)	0,06
			Tangki septik	0,3
			Cubluk (jamban kering) / laterine	0,066
	Biogas ³	0	Pembuangan ke laut, sungai, atau danau (EF)	0,06
			Septic system	0,3
			Cubluk (jamban kering)	0,066

c. Sub-sektor Limbah Cair Industri

Emisi GRK sub-sektor limbah cair industri dihitung berdasarkan volume limbah dan faktor emisi jenis pengolahan limbah cair. Pada Tabel 7 disampaikan berbagai penanganan limbah cair industri, sebelum (*baseline*) dan sesudah aksi mitigasi dilakukan.

Tabel.7 Nilai EF Dari Aksi Mitigasi Dan Baseline Pada Sub-Sektor Limbah Cair Industri

Sub-sektor	Mitigasi		Baseline	
	Pengolahan untuk mitigasi	EF	Pengolahan awal	EF
Limbah cair industri	Komunal	Sistem aerobik yang dikelola dengan baik = 0	Pembuangan ke laut, sungai, atau danau	0,025
		Sistem aerobik yang tidak dikelola dengan baik = 0,075	Kolam buangan tidak mengalir (<i>stagnant sewer</i>)	
	Biogas	0	Pembuangan ke laut, sungai, atau danau	0,025
			Kolam buangan tidak mengalir (<i>stagnant sewer</i>)	

3.4 Contoh Penghitungan

Contoh Kasus

Desa A dengan jumlah populasi 4684 orang tahun 2012, mempunyai kegiatan pengomposan sebanyak 1%/th; pembakaran terbuka sebanyak 10%/th; ditimbun di halaman sebanyak 75%/th; dibuang ke sungai sebanyak 10%/th dan lainnya (kompos cair). Pada tahun 2014, terdapat kenaikan populasi menjadi 4736 orang, dan dilakukan aksi mitigasi dengan data pengomposan sebanyak 3%/th; 3R sebanyak 1%/th; pembakaran terbuka sebanyak 5%/th; ditimbun di TPA sebanyak 60%/th; ditimbun di halaman sebanyak 25%/th dan lainnya (kompos cair). Bagaimana reduksi GRK nya?

Tabel.8 Data Aktifitas Desa A

Limbah Padat Domestik	Metodologi	Satuan	Data dari Desa A	
			2012	2014
Jumlah Populasi		Orang	4684	4736
Produksi Sampah per kapita		kg/orang. hari	0,52	0,52
Total Sampah Domestik		kg/tahun	889.023,20	898.892,80
Jumlah Pengolahan Sampah				
a. Pengomposan (sampah organik)	Composting, IPCC 2006	kg/tahun	8.890,23	26.966,78
b. 3R (daur ulang, daur pakai) non organik	-	kg/tahun	-	8.988,93
c. Pembakaran Terbuka	<i>Open Burning</i> , IPCC 2006	kg/tahun	88.902,32	44.944,64
d. Ditimbun di TPA	FOD, IPCC 2006	kg/tahun	-	539.335,68
e. Ditimbun di halaman	-	kg/tahun	666.767,40	224.723,20
f. Dibuang ke sungai	-	kg/tahun	88.902,32	-
g. Lainnya*		kg/tahun	35.560,93	53.933,57
Total Jumlah Pengolahan Sampah	Composting, IPCC 2006	kg/tahun	89.023,20	898.892,80
Persentase Pengolahan Sampah				
a. Pengomposan (sampah organik)		%	1%	3%
b. 3R (daur ulang, daur pakai) non organik		%	0%	1%
c. Pembakaran Terbuka		%	10%	5%
d. Ditimbun di TPA		%	0%	60%
e. Ditimbun di halaman		%	75%	25%
f. Dibuang ke sungai		%	10%	0%
g. Lainnya*		%	4%	6%
Total Persentase Pengolahan Sampah		%	100,00%	100,00%

*Lainnya: diolah menjadi kompos cair Tabel.8 Data Aktifitas Desa A

Tabel.9 Faktor Emisi GRK Pengomposan

Faktor Emisi GRK Pengomposan	Angka Default IPCC2006
FE CH ₄ , gram CH ₄ /Kg Sampah Basah	0.03
FE N ₂ O, gram N ₂ O/Kg Sampah Basah	0.06
FE Biodigester Sampah, gram CH ₄ /kg sampah	1.00

Tabel.10 Faktor Emisi GRK Pembakaran Terbuka

Faktor Emisi GRK Pembakaran Terbuka	Estimasi dari angka default
FE CO ₂ Fossil, kG CO ₂ /Gg Sampah Basah*	0.238
FE CH ₄ , kG CH ₄ /Gg Sampah Basah	6,500
FE N ₂ O, kG N ₂ O/Gg Dry Matter	150
Dry matter	0.64

*Perhitungan FE CO₂ Fossil Pembakaran Terbuka

Tabel.11 Penghitungan Emisi GRK

Tipe Pengolahan Sampah	Baseline 2012				Mitigasi 2014			
	kg CO ₂	kg CH ₄	kg N ₂ O	kg CO ₂ e	kg CO ₂	kg CH ₄	kg N ₂ O	kg CO ₂ e
a. Pengomposan (sampah organik)	-	0,27	0,53	170,96	-	0,81	1,62	518,57
b. 3R (daur ulang, daur pakai) non organik	-	-	-	-	-	-	-	-
c. Pembakaran Terbuka	21,16	577.865,08	13.335,35	16.269.124,56	10,70	292.140,16	6.741,70	8.224.869,12
d. Ditimbun di TPA desa		-		-				-
e. Ditimbun di halaman				-				-
f. Dibuang ke sungai				-				-
g. Lainnya				-		1,62	3,24	1.037,14
Total	21,16	577.865,35	13.335,88	16.269.295,52	10,70	292.142,59	6.746,55	8.226.424,83

*Lainnya: diolah menjadi kompos cair

Reduksi = Total Emisi Baseline - Total Emisi Mitigasi
 = **16.269.295,52** - **8.226.424,83**
 = 8.042.870,69 kg CO₂e
 = **8.042,87 Ton CO₂e**