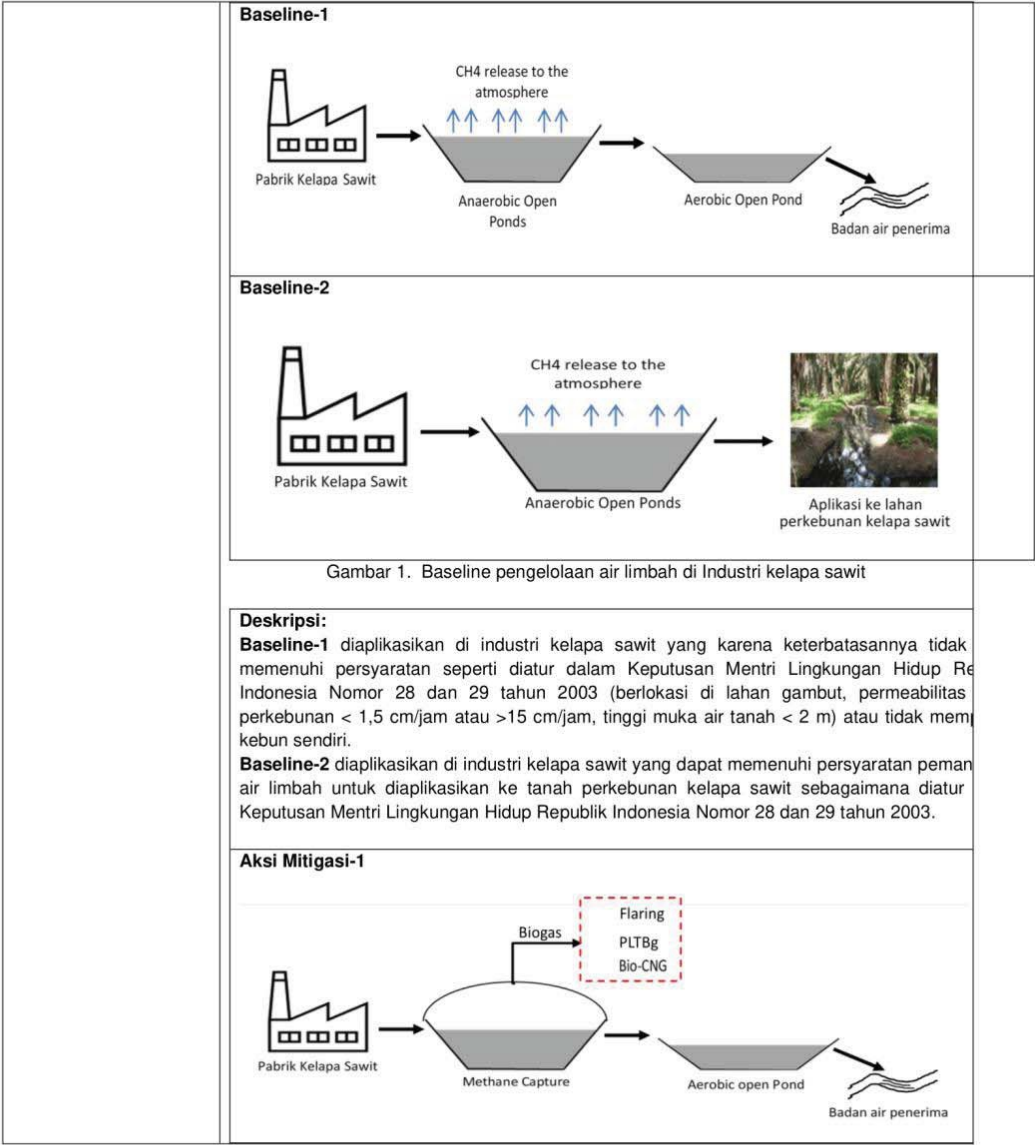


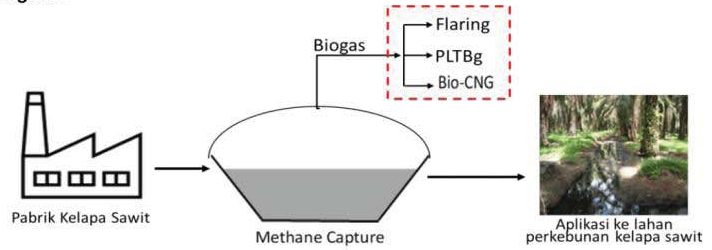
Metodologi Penghitungan Pengurangan Emisi GRK dan/atau Peningkatan Serapan Karbon dalam Kerangka Verifikasi Aksi Mitigasi

A. Informasi Umum	
Judul Metodologi :	Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (<i>Palm Oil Mill Effluent</i>, POME) Dengan Metoda Methane Capture Dan Pengomposan
Referensi	<ul style="list-style-type: none"> UNFCCC, Clean Development Mecanism, AMS-III.H. Small scale methodology, Methane Recovery in Wastewater Treatment, Ver.19. ISCC 205 Green House Gases Emissions Ver. 3.0, 2016. Peraturan Menteri Pertanian Nomor 11/Permentan/OT.140/3/2015 tentang Sistem Sertifikasi Kepala Sawit Berkelanjutan Indonesia (<i>Indonesian Sustainable Palm Oil Certification System / ISPO</i>). Format Kalkulator GRK ISPO yang diberikan dalam Pelatihan Perhitungan Emisi GRK ISPO oleh Komisi ISPO Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2019. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Chapter 6. Wastewater. Yacob, S., Hassan, M.A., Shirai, Y., Wakisaka, M., and Subash, S., 2006. Baseline study of methane emission from anaerobic ponds of palm oil mill effluent treatment. J. Science of the Total Environment, 366: 187-196.
Sektor :	LIMBAH
Kategori :	Pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit (POME) [MSLI-009]
Tanggal dan Versi :	No. SK.36/PPI/IGAS/PPI.2/11/2021
Usulan	Tgl. 25 November 2021
B. Aksi Mitigasi	
Deskripsi aksi mitigasi dalam metodologi	Aksi mitigasi ini bertujuan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca akibat pelepasan gas methane dari dekomposisi bahan organik dari air limbah pabrik kelapa sawit (POME), yaitu berupa penangkapan gas methane (Methane Capture) dan Pengomposan POME dan tandan kosong kelapa sawit (Empty Fruit Bunches, EFB).
Kriteria kelayakan penerapan metodologi	Metodologi ini berlaku untuk aksi mitigasi dengan kondisi sebagai berikut: <ol style="list-style-type: none"> 1. Methane capture dari system pengolahan POME yang dioperasikan di atas tahun 2010 2. Pemanfaatan POME untuk pengomposan EFB
Sumber dan jenis Emisi GRK yang diperhitungkan	<ul style="list-style-type: none"> Sumber emisi GRK yang diperhitungkan adalah dari pengolahan limbah cair dengan kolam terbuka dalam bentuk emisi gas methane (CH₄) dan GRK lainnya yang terlepas ke atmosfer.
C. Perhitungan Emisi Baseline	
Batas Aksi Mitigasi	<ul style="list-style-type: none"> Batas aksi mitigasi (<i>boundary</i>) mencakup fasilitas pengolahan air limbah dan tandan kosong kelapa sawit. Aksi mitigasi ini juga mencakup kegiatan pemrosesan, transportasi, dan fasilitas penyaluran limbah dan biogas.



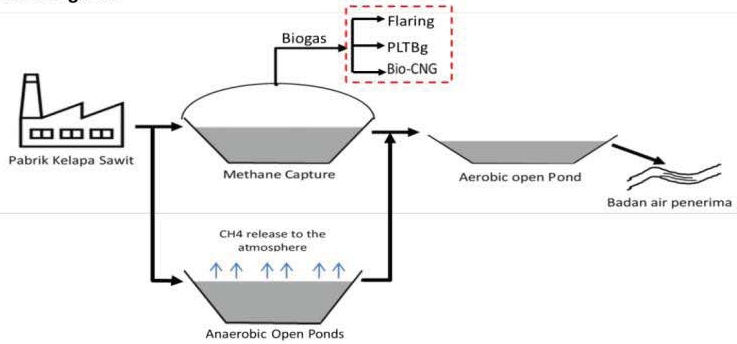
Gambar 2. Boundary aksi mitigasi, Case A: Methane Capture dilanjutkan kolam aerobik terbuka

Aksi Mitigasi-2



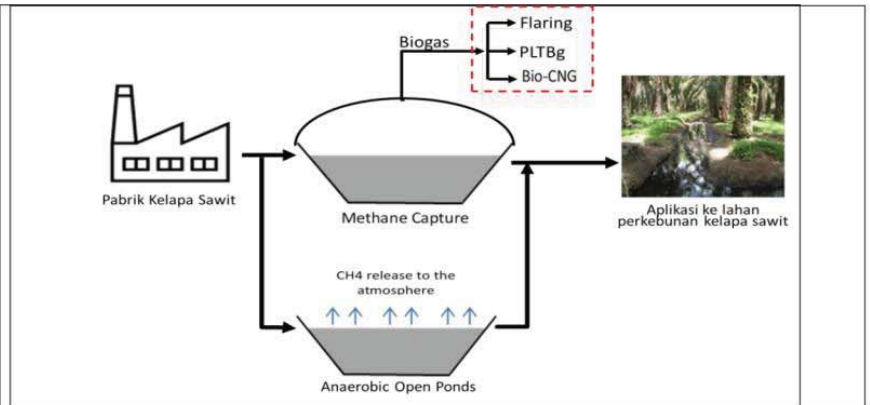
Gambar 3. Boundary aksi mitigasi, Case B: Methane Capture dilanjutkan dengan aplikasi ke lahan perkebunan kelapa sawit

Aksi Mitigasi-3



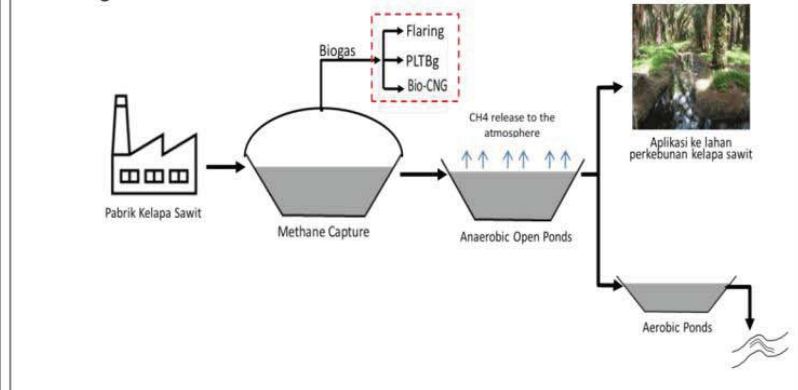
Gambar 4. Boundary aksi mitigasi, Case C: Methane Capture dengan aliran by-pass ke anaerobic pond dilanjutkan kolam aerobik terbuka

Aksi Mitigasi-4



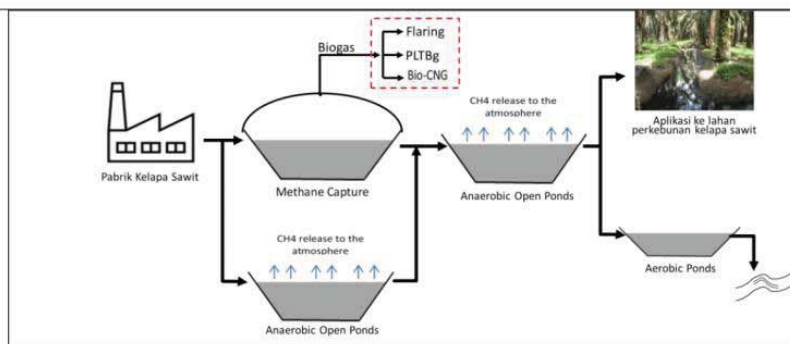
Gambar 5. Boundary aksi mitigasi, Case D: Methane Capture dengan aliran by-pass ke anaerobic pond dilanjutkan dengan aplikasi ke lahan perkebunan kelapa sawit

Aksi Mitigasi-5



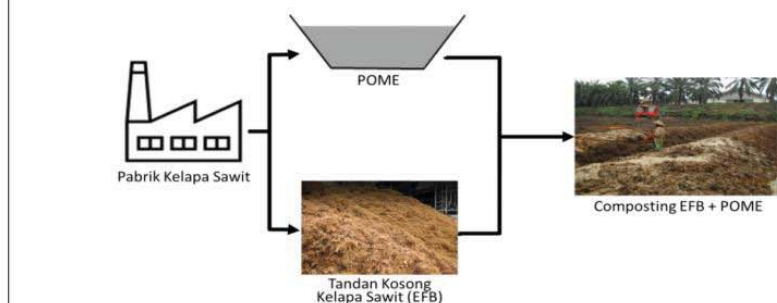
Gambar 6. Boundary aksi mitigasi, Case E: Methane Capture dilanjutkan dengan open pond sequential untuk dapat diaplikasi ke lahan perkebunan kelapa sawit atau diolah di aerobik pond

Aksi Mitigasi-6



Gambar 7. Boundary aksi mitigasi, Case F: Methane Capture dengan aliran by-pass ke anaerobic pond dilanjutkan dengan open pond sequential untuk dapat diaplikasi ke lahan perkebunan kelapa sawit atau diolah di aerobik pond

Aksi Mitigasi-7



Gambar 8. Boundary aksi mitigasi, Case G: Pengomposan EFB dan POME

Deskripsi *baseline* :

- Emisi *baseline* adalah emisi GRK yang timbul akibat pengelolaan POME dilakukan dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang berupa kolam terbuka (*Open Pond*) baik sampai kualitas air limbah memenuhi baku mutu (Per.Men. LH No. 5 tahun 2014) atau sampai air limbah dapat dipaliskasikan ke kebun kelapa sawit (Kep.Men. LH No.28 dan 29, tahun 2003).
- Penghitungan emisi *baseline* dilakukan dengan menggunakan ISCC 205 Green House Gases Emissions Ver. 3.0 (2016) yang diadopsi oleh Indonesia Sustainable Palm Oil (ISPO).
- Perhitungan emisi *baseline* juga dapat dilakukan dengan menggunakan metoda CDM AMS-III.H. *Methane recovery in wastewater treatment versi 19* dan IPCC 2006 bila tersedia data yang diperlukan.

<p>Cara perhitungan emisi <i>baseline</i> :</p>	<p>Pemilihan <i>baseline</i> tergantung kondisi awal di Instalasi Pengolahan Air Limbah pabrik kelapa sawit, sebagai berikut:</p> $BE_y = BE_{p,y} + BE_{wwt,y} + BE_{s.treatment,y} + BE_{discharge,y} + BE_{s.final,y} \quad (1)$ <p>Dimana:</p> <p>BE_y = Emisi <i>baseline</i> pada tahun y (ton CO_{2e})</p> <p>$BE_{power,y}$ = Emisi <i>baseline</i> dari konsumsi listrik PLN atau konsumsi bahan bakar fosil untuk kegiatan pengolahan POME pada tahun y (ton CO_{2e})</p> <p>$BE_{wwt,y}$ = Emisi metana akibat dekomposisi POME dalam sistem pengolahan air limbah pada tahun y (ton CO_{2e})</p> <p>$BE_{s.treatment,y}$ = Emisi metana <i>baseline</i> dari sistem pengolahan sludge (lumpur) yang dipengaruhi aksi mitigasi pada tahun y (ton CO_{2e})</p> <p>$BE_{ww,discharge,y}$ = Emisi metana <i>baseline</i> dari dekomposisi bahan organik dalam air limbah yang dibuang ke badan air atau dimanfaatkan untuk land application (ton CO_{2e})</p> <p>$BE_{s.final,y}$ = Emisi metana <i>baseline</i> dari pembusukan anaerobik pada lumpur akhir yang dihasilkan pada tahun y (ton CO_{2e}). Jika lumpur tersebut dibuang di tempat pembuangan sampah dengan pemulihan biogas atau digunakan aplikasi tanah dalam skenario <i>baseline</i>, ketentuan ini dapat diabaikan.</p> <p>Emisi <i>Baseline</i> atas Konsumsi Listrik PLN atau Bahan Bakar ($BE_{power,y}$) untuk pengoperasian IPAL:</p> <p>Konsumsi listrik:</p> $BE_{power,y} = EC_{BL,y} \times EF_{BL,y} \times (1 + TDL_y) \quad (2)$ <p>Dimana:</p> <p>$BE_{power,y}$ = Emisi <i>baseline</i> dari konsumsi listrik atau konsumsi bahan bakar pada tahun CO_{2e})</p> <p>$EC_{BL,y}$ = Konsumsi listrik pada kondisi <i>baseline</i> pada tahun y (MWh)</p> <p>$EF_{BL,y}$ = Faktor emisi listrik pada tahun y (Ton CO₂/MWh)</p> <p>TDL_y = <i>Loses</i> transmisi dan distribusi listrik pada tahun y (fraksi)</p> <p>Skenario A: Beli dari Jaringan listrik</p> <p>$EF_{BL,y} = EF_{Grid,CM,y}$ (Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan) setempat</p> <p>Skenario B: Dari <i>captive power</i></p> $EF_{BL,y} = \sum \frac{FC_{i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y} \times \rho_{i,y}}{EG_{i,y}} \quad (3)$ <p>Dimana:</p> <p>$EF_{BL,y}$ = Faktor emisi <i>captive power</i> pada tahun y (ton CO₂/MWh)</p> <p>$FC_{i,x}$ = Konsumsi bahan bakar minyak pada tahun y (kilo liter)</p> <p>$NCV_{i,x}$ = Nilai kalor bersih (<i>weighted average</i>) bahan bakar minyak pada tahun y (TJ/Gg)</p> <p>$EF_{CO2,i,x}$ = Faktor emisi bahan bakar minyak pada tahun y (Ton CO₂/MJ)</p> <p>$\rho_{i,x}$ = Density bahan bakar minyak pada tahun y (kg/m³)</p> <p>$EG_{i,x}$ = Produksi listrik pada tahun y (MWh)</p> <p>i = Jenis bahan bakar</p>
---	---

Emisi *Baseline* Sistem Pengolahan Air Limbah ($BE_{wwt,y}$):**Skenario A: Menggunakan Default Value ISCC 205/ISPO**

$$BE_{wwt,y} = (P_{cpo,y} \times EF_{wwt,cpo}) \quad (4)$$

Dimana:

$BE_{wwt,y}$ = Emisi *baseline* dari sistem pengolahan air limbah pada tahun y (ton CO_{2e})

$P_{cpo,y}$ = Produksi CPO pada tahun ke y

$EF_{wwt,cpo}$ = 0,51 ton CO_{2e} /ton CPO (ISCC 205 Green House Gases Emissions Ver. 3.0, 2016 yang diadopsi oleh ISPO, 2018)

Penggunaan factor emisi default ini hanya mencerminkan nilai potensi dan pendekatan untuk memperkirakan emisi GRK dari pengolahan air limbah POME bila tidak diperoleh data hasil pengukuran CODin. Hasil perhitungan dengan menggunakan nilai default ini tidak dapat digunakan dalam sertifikasi reduksi emisi yang diklaim untuk memperoleh kredit dari Nilai Ekonomi Karbon (NEK) atau Clean Development Mechanism (CDM). Ditambahkan factor koreksi 40.000 x 0,51

Skenario B: Perhitungan sendiri (CDM AMS-III.H. Ver. 19)

$$BE_{wwt,y} = \left(\sum_i (Q_{ww,i,y} \times COD_{in,i,y} \times \eta_{COD,BL,i} \times MCF_{wwt,BL,i}) \times B_{o,ww} \times UF_{BL} \times GWP_{CH_4} \right) \quad (5)$$

Dimana:

$BE_{wwt,y}$ = Emisi *baseline* dari sistem pengolahan air limbah pada tahun y (ton CO_{2e})

i = Indeks sistem pengolahan air limbah *baseline*

$Q_{ww,i,y}$ = Volume air limbah yang diolah dalam sistem pengolahan air limbah *baseline* (m^3)

$COD_{in,i,y}$ = COD dari aliran air limbah yang masuk ke sistem pengolahan air limbah *baseline* pada tahun y (t/m^3)

$\eta_{COD,BL,i}$ = Efisiensi COD removal dari sistem pengolahan air limbah *baseline*

$MCF_{wwt,BL,i}$ = Faktor koreksi metana untuk sistem pengolahan air limbah

$B_{o,ww}$ = Kapasitas produksi metana dari air limbah (0,25 kg CH_4 /kg COD, sesuai IPCC 2006)

UF_{BL} = Faktor koreksi untuk memperhitungkan ketidakpastian (0,89 sesuai nilai IPCC 2006)

GWP_{CH_4} = *Global Warming Potential* untuk CH_4 (21 $tCO_{2e}/t CH_4$)

Tabel 1. Nilai default IPCC untuk *Methane Correction Factor* (MCF)

Jenis Pengolahan Air Limbah dan Sistem Pembuangan	NilaiMCF
Pembuangan air limbah ke laut, sungai, danau	0,1
<i>Land application</i>	0,1
Pengolahan secara aerobik, dikelola dengan baik	0,0
Pengolahan secara aerobik, dikelola tidak baik atau kelebihan beban	0,3
Digister an-aerobik untuk lumpur tanpa pemulihan metana	0,8
Reaktor an-aerobik tanpa pemulihan metana	0,8
Laguna an-aerobik dangkal (kedalaman kurang dari 2 meter)	0,2
Laguna an-aerobik dalam (kedalaman lebih dari 2 meter)	0,8
<i>Septic tank</i>	0,5

<i>Land application</i> ⁷⁾	0,1
⁷⁾ Please refer SSC_664, "Clarification on methane correction factors for treated water used for irrigation under AMS-III.H ver. 16".	

Emisi *Baseline* Sistem Pengolahan Lumpur (*BE_{s,treatment,y}*):

$$BE_{s,treatment,y} = \left(\sum_i (S_{j,BL,y} \times MCF_{s,treatment,BL,j} \times DOC_s \times UF_{BL} \times DOC_F \times F \times \frac{16}{12} \times GWP_{CH_4}) \right) \tag{6}$$

Dimana:

- BE_{s,treatment,y}* = Emisi *baseline* dari sistem pengolahan lumpur yang dipengaruhi aksi mitigasi pada tahun y (ton CO_{2e})
- J* = Indeks sistem pengolahan lumpur *baseline*
- S_{j,BL,y}* = Jumlah partikel kering dalam lumpur yang seharusnya diolah pada sistem pengolahan lumpur *baseline* (t)
- MCF_{s,treatment,BL,j}* = Faktor koreksi metana untuk sistem pengolahan lumpur *baseline* (lihat Tabel 1)
- DOC_s* = Fraksi DOC (*Degradable Organic Content*) dari lumpur yang tidak diolah (nilai *default* 0,257 untuk lumpur industri)
- UF_{BL}* = Faktor koreksi untuk memperhitungkan ketidakpastian (0,89)
- DOC_F* = Fraksi DOC yang dikonversi menjadi biogas (IPCC default value = 0,5)
- F* = Fraksi CH₄ pada biogas (IPCC default value = 0,5)
- GWP_{CH4}* = *Global Warming Potential* untuk CH₄ (21 tCO₂e/t CH₄)

Jika lumpur dikomposkan:

$$BE_{s,treatment,y} = \left(\sum_i (S_{j,BL,y} \times EF_{composting} \times GWP_{CH_4}) \right) \tag{7}$$

Dimana:

- BE_{s,treatment,y}* = Emisi *baseline* dari sistem pengolahan lumpur yang dipengaruhi aksi mitigasi pada tahun y (ton CO_{2e})
- S_{j,BL,y}* = Jumlah partikel kering dalam lumpur yang seharusnya diolah pada sistem pengolahan lumpur *baseline* (t)
- EF_{composting}* = Faktor emisi composting (lihat Tabel 2)
- GWP_{CH4}* = *Global Warming Potential* untuk CH₄ (21 tCO₂e/t CH₄)

Tabel 2. *Default* faktor emisi CH₄ dan N₂O dari pengolahan limbah cair secara biologi

Tipe pengolahan	EF CH ₄ (g CH ₄ /kg limbah yang diolah)		EF N ₂ O (g N ₂ O/kg limbah yang diolah)		Keterangan
	Dry basis	Wet basis	Dry basis	Wet basis	
Komposting	10 (0,08 – 20)	4 (0,03 – 8)	0,6 (0,2 – 1,6)	0,3 (0,06 – 0,6)	Asumsi tentang limbah yang diolah: 25-50% DOC dalam bahan kering, 2% N dalam bahan kering, kadar air 60%. Faktor emisi limbah kering diperkirakan dari limbah basah dengan
Pengolahan an-aerobik pada fasilitas biogas	2 (0 – 20)	1 (0 – 8)	diabaikan	diabaikan	

						asumsi kadar air 60% dalam limbah basah.
<p>Jika sistem pengolahan air limbah berbeda antara <i>baseline</i> dengan aksi mitigasi:</p> $S_{j,BL,y} = S_{i,PJ,y} \times \frac{SGR_{BL}}{SGR_{PJ}} \quad (8)$ <p>Dimana:</p> <p>$S_{j,BL,y}$ = Jumlah partikel kering dalam lumpur yang seharusnya diolah pada sistem pengolahan lumpur <i>baseline</i> (t)</p> <p>$S_{i,PJ,y}$ = Kandungan partikel kering dalam lumpur yang diolah pada sistem pengolahan lumpur aksi mitigasi pada tahun y (t)</p> <p>SGR_{BL} = Rasio lumpur yang dihasilkan oleh pengolahan limbah cair pada kondisi <i>baseline</i> (ton partikel kering dalam lumpur/t COD remove)</p> <p>SGR_{PJ} = Rasio lumpur yang dihasilkan oleh pengolahan limbah cair pada kondisi aksi mitigasi (ton partikel kering dalam lumpur/t COD remove). Dihitung sesuai COD removal (misalnya COD_{inflow,i} minus COD_{outflow,i}) dan lumpur yang dihasilkan Ketika aksi mitigasi berlangsung</p> <p>Umumnya di industry kelapa sawit, lumpur yang dihasilkan dikembalikan ke kebun bersama air limbah sebagai pupuk atau diolah dalam kolam anaerobik yang emisinya telah diperhitungkan dalam $BE_{wwt,y}$.</p> <p>Emisi <i>Baseline</i> dari Air Limbah yang Dibuang ke Badan Air atau Dimanfaatkan untuk Land Application ($BE_{ww,discharge,y}$):</p> $BE_{ww,discharge,y} = Q_{ww,y} \times GWP_{CH_4} \times B_{o,ww} \times UF_{BL} \times COD_{ww,discharge,BL,y} \times MCF_{ww,BL,discharge} \quad (9)$ <p>Dimana:</p> <p>$BE_{ww,discharge,y}$ = Emisi metana <i>baseline</i> dari dekomposisi bahan organik dalam air limbah yang dibuang ke badan air atau dimanfaatkan untuk land application (ton CO_{2e})</p> <p>$Q_{ww,y}$ = Volume air limbah yang atau dibuang ke badan air atau dimanfaatkan untuk land application pada tahun y (m³)</p> <p>GWP_{CH_4} = <i>Global Warming Potential</i> untuk CH₄ (21 tCO_{2e}/t CH₄)</p> <p>$B_{o,ww}$ = Kapasitas produksi metana dari air limbah (0,25 kg CH₄/kg COD, sesuai IPCC 2006)</p> <p>UF_{BL} = Faktor koreksi untuk menghitung ketidakpastian (0,89)</p> <p>$COD_{ww,discharge,BL,y}$ = COD limbah cair yang dibuang ke badan air atau dimanfaatkan untuk land application pada kondisi <i>baseline</i> pada tahun y (t/m³). Jika limbah cair pada kondisi <i>baseline</i> tidak diolah, maka menggunakan COD limbah cair yang tidak diolah.</p> <p>$MCF_{ww,BL,discharge}$ = Faktor koreksi metana, sesuai Tabel 1.</p> <p>Jika sistem pengolahan limbah cair pada kondisi <i>baseline</i> berbeda dengan kondisi aksi mitigasi, hasil monitoring COD input selama aksi mitigasi akan digunakan untuk menghitung emisi <i>baseline</i> ex-post. COD output pada kondisi <i>baseline</i> akan diestimasi menggunakan efisiensi sistem pengolahan <i>baseline</i>.</p>						

Emisi *Baseline* dari Pembusukan Lumpur An-aerobik yang Dibuang di Tempat Akhir**($BE_{s,final,y}$):**

Secara umum emisi *baseline* metana dari pembusukan anaerobik pada pengolahan akhir lumpur POME ditetapkan sama dengan 0 (nol) karena dibuang di lahan perkebunan sebagai pupuk organik. Bila dilakukan system pengolahan lain, maka emisi *baseline* dihitung sebagai berikut:

$$BE_{s,final,y} = S_{final,BL,y} \times DOC_s \times UF_{BL} \times MCF_{s,BL,final} \times DOC_F \times F \times \frac{16}{12} \times GWP_{CH_4} \quad (10)$$

$BE_{s,final,y}$ = Emisi metana *baseline* dari pembusukan anaerobik pada lumpur akhir yang dihasilkan pada tahun y (ton CO_{2e}). Jika lumpur tersebut dibuang di tempat pembuangan sampah dengan pemulihan biogas atau digunakan aplikasi tanah dalam skenario *baseline*, ketentuan ini dapat diabaikan.

$S_{final,BL,y}$ = Jumlah partikel kering dalam lumpur akhir pada sistem pengolahan limbah cair *baseline* pada tahun y (ton).

Jika sistem pengolahan limbah cair berbeda antara *baseline* dan aksi mitigasi, maka akan diestimasi sesuai hasil monitoring partikel kering pada lumpur akhir yang dihasilkan saat aksi mitigasi ($S_{final,PJ,y}$) sebagai koreksi rasio lumpur yang dihasilkan antara kondisi aksi mitigasi dan *baseline*, sesuai Persamaan 7.

DOC_s = Fraksi DOC dari lumpur yang tidak diolah (nilai *default* 0,257 untuk lumpur industri)

UF_{BL} = Faktor koreksi untuk menghitung ketidakpastian (0.89)

$MCF_{s,BL,final}$ = Faktor koreksi metana dari lokasi pembuangan yang menerima lumpur akhir dalam pada kondisi *baseline*, dihitung sesuai dengan "Emission from solid waste disposal sites" Nilai default sesuai Tabel 3.

DOC_F = Fraksi DOC yang disimilasi ke biogas (IPCC default value = 0,5)

F = Fraksi CH₄ pada biogas (IPCC default value = 0,5)

GWP_{CH_4} = *Global Warming Potential* untuk CH₄ (21 tCO_{2e}/t CH₄)

Tabel 3. MCF dari Lumpur yang dibuang ke TPA

Parameter	$MCF_{s,BL,final,y}$
Lumpur anaerobik dibuang ke TPA terkelola	1,0
Lumpur semi-aerobik yang dibuang ke TPA terkelola	0,5
Lumpur dibuang ke TPA tidak terkelola dengan kedalaman > 5 mtr	0,8
Lumpur dibuang ke TPA tidak terkelola dengan kedalaman ≤ 5 mtr	0,4

D. Perhitungan Emisi Aksi Mitigasi

Aksi Mitigasi	:	(a) Penangkapan gas methane atau Biogas Recovery (Aksi Mitigasi 1-6)
Cara perhitungan emisi aksi mitigasi	:	<p>Emisi aksi mitigasi dihitung dengan menggunakan rumus berikut:</p> $PE_y = PE_{power,y} + PE_{ww,treatment,y} + PE_{s,treatment,y} + PE_{ww,discharge,y} + PE_{fugitive,y} + PE_{s,final,y} + PE_{flaring,y} \quad (11)$ <p>Dimana:</p> <p>PE_y = Emisi aksi mitigasi pada tahun y (ton CO_{2e})</p>

$PE_{power,y}$	= Emisi CO ₂ akibat penggunaan listrik PLN dan atau bahan bakar fosil yang digunakan dalam aktivitas mitigasi pada tahun y (ton CO _{2e}); dihitung menggunakan persamaan (2) dan (3).
$PE_{ww,treatment,y}$	= Emisi gas metana dalam scenario aksi mitigasi dari system pengolahan air limbah yang tidak dilengkapi dengan system biogas recovery pada tahun y (ton CO _{2e}); dihitung menggunakan persamaan (5)
$PE_{s,treatment,y}$	= Emisi metana aksi mitigasi dari sistem pengolahan lumpur yang tidak dilengkapi dengan peralatan pemulihan biogas pada tahun y (ton CO _{2e})
$PE_{ww,discharge,y}$	= Emisi metana akibat ketidakefisienan aksi mitigasi dalam system pengolahan air limbah dan adanya bahan organik yang dapat didekomposisi di air limbah yang sudah diolah pada tahun y (ton CO _{2e}); dihitung menggunakan persamaan (9)
$PE_{fugitive,y}$	= Emisi metana akibat ketidak efisienan aksi mitigasi dalam sistem penangkapan metana pada tahun y (ton CO _{2e}); dihitung menggunakan persamaan (12)
$PE_{s,final,y}$	= Emisi metana dari pembusukan anaerobik pada lumpur akhir yang dihasilkan aksi mitigasi pada tahun y (ton CO _{2e}).
$PE_{flaring,y}$	= Emisi metana aksi mitigasi karena ketidaksempurnaan <i>flaring</i> pada tahun y (ton CO _{2e})
<u>Emisi aksi mitigasi dari sistem pengolahan lumpur yang tidak dilengkapi peralatan pemulihan biogas ($PE_{s,treatment,y}$)</u>	
Emisi aksi mitigasi dari sistem pengolahan lumpur yang tidak dilengkapi peralatan pemulihan biogas ($PE_{s,treatment,y}$) dihitung menggunakan Persamaan (6), atau Persamaan (7), atau Persamaan (8).	
<u>Emisi aksi mitigasi dari DOC yang sudah diolah di instalasi pengolahan air limbah ($PE_{ww,discharge,y}$)</u>	
Emisi metana aksi mitigasi atas air limbah yang dibuang ke badan air atau untuk land application ($BE_{ww,discharge,y}$) dihitung dengan menggunakan persamaan (9)	
<u>Emisi aksi mitigasi atas biogas yang terlepas dari sistem penangkapan metana ($PE_{fugitive,y}$)</u>	
Emisi aksi mitigasi atas biogas yang terlepas dari sistem penangkapan metana ($PE_{fugitive,y}$) dapat dihitung sebagai berikut:	
<u>a. Berdasarkan potensi metana saat pengolahan limbah cair dan lumpur:</u>	
$PE_{fugitive,y}$	$= PE_{fugitive,ww,y} + PE_{fugitive,s,y}$ (12)
Dimana:	
$PE_{fugitive,y}$	= Emisi fugitif metana aksi mitigasi atas biogas yang terlepas dari sistem penangkapan metana pada tahun y (ton CO _{2e})
$PE_{fugitive,ww,y}$	= Emisi fugitif melalui ketidakefisienan pengolahan limbah cair anaerobik pada tahun y (ton CO _{2e})
$PE_{fugitive,s,y}$	= Emisi fugitif akibat ketidakefisienan penangkapan metana pada pengolahan lumpur anaerobik pada tahun y (ton CO _{2e})
$PE_{fugitive,ww,y}$	$= (1 - CFE_{ww}) \times MEP_{wwt,y} \times GWP_{CH4}$ (13)

	<p>Dimana:</p> <p>CFE_{ww} = Efisiensi penangkapan biogas di peralatan pemulihan pada sistem pengolahan limbah cair (<i>default value</i> = 0,9).</p> <p>$MEP_{wwt,y}$ = Potensi emisi metana pada sistem pengolahan limbah cair yang dilengkapi dengan peralatan biogas recovery pada tahun y (ton CO_{2e})</p> $MEP_{wwt,y} = Q_{ww,y} \times B_{o,ww} \times UF_{PJ} \times \sum_k COD_{removed,PJ,k,y} \times MCF_{wwt,PJ} \quad (14)$ <p>Dimana:</p> <p>$COD_{removed,PJ,k,y}$ = COD yang didekomposisi ($COD_{input} - COD_{output}$) akibat aksi mitigasi pada sistem pengolahan air limbah k yang dilengkapi dengan biogas recovery pada tahun y (ton/m³).</p> <p>$MCF_{wwt,PJ}$ = Faktor koreksi metana aksi mitigasi pada sistem pengolahan limbah cair k yang dilengkapi dengan sistem biogas recovery pada tahun y (Tabel 1).</p> <p>UF_{PJ} = Faktor koreksi model untuk mempertimbangkan ketidakpastian (1,12).</p> $PE_{fugitive,s,y} = (1 - CFE_s) \times MEP_{s,treatment,y} \times GWP_{CH4} \quad (15)$ <p>Dimana:</p> <p>CFE_s = Efisiensi penangkapan biogas di peralatan pemulihan pada sistem pengolahan lumpur (<i>default value</i> = 0,9).</p> <p>$MEP_{s,treatment,y}$ = Potensi emisi metana pada sistem pengolahan lumpur yang dilengkapi dengan peralatan biogas recovery pada tahun y (ton CO_{2e})</p> $MEP_{s,treatment,y} = \sum_l (S_{l,PJ,y} \times MCF_{s,treatment,PJ,l,y}) \times DOC_s \times UF_{PJ} \times DOC_F \times \frac{16}{12} \quad (16)$ <p>Dimana:</p> <p>$S_{l,PJ,y}$ = Jumlah lumpur yang diolah pada sistem pengolahan lumpur l pada kondisi aksi mitigasi yang dilengkapi dengan peralatan pemulihan biogas (<i>dry basis</i>) pada tahun y (ton)</p> <p>$MCF_{s,treatment,PJ,y}$ = Faktor koreksi metana pada sistem pengolahan lumpur yang dilengkapi dengan peralatan pemulihan biogas (lihat Tabel 1).</p> <p>UF_{PJ} = Faktor koreksi model untuk mempertimbangkan ketidakpastian (1,12).</p> <p>Sebagai alternatif, Nilai $PE_{fugitive,y}$ juga dapat menggunakan default value sebesar 0,05 m³ biogas yang bocor/m³ produksi biogas.</p> <p>PE_{flaring,y} (Emisi aksi mitigasi karena ketidaksempurnaan flaring pada tahun y)</p> <p>Emisi gas methane akibat ketidaksempurnaan sistem <i>flaring</i> pada tahun y ($PE_{flaring,y}$) dapat diestimasi secara <i>ex ante</i> dengan menggunakan perhitungan emisi baseline untuk air limbah (persamaan (4) dan (5)) tanpa mempertimbangkan GWP CH₄. Namun untuk pengurangan emisi <i>ex post</i> harus dihitung sesuai metodologi untuk menghitung emisi project dari kegiatan <i>flaring</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dalam kasus <i>flaring</i> terbuka, efisiensi flare tidak dapat diukur dengan cara yang dapat diandalkan, sehingga dapat diasumsi dengan nilai default sebesar 50% asalkan dapat ditunjukkan bahwa <i>flaring</i> dilakukan secara normal atau berkelanjutan.
--	---

	<p>Jika flaring tidak beroperasi, standarnya nilai yang diadopsi untuk efisiensi suar adalah 0%.</p> <ul style="list-style-type: none"> Dalam kasus <i>flaring</i> tertutup, suhu dalam gas buang suar diukur untuk menentukan apakah <i>flare</i> beroperasi atau tidak. Jika beroperasi, dapat menggunakan salah satu dari 2 opsi berikut: <ul style="list-style-type: none"> menggunakan nilai <i>default</i> 90% dengan catatan harus melakukan pemantauan terus menerus sesuai dengan spesifikasi <i>flare</i> (suhu, laju aliran gas residu pada saluran masuk <i>flare</i>) yang ditetapkan produsen. Jika dalam jam tertentu salah satu parameter di luar batas spesifikasi pabrik, dapat menggunakan nilai <i>default</i> 50% untuk penghitungan efisiensi suar pada jam tertentu tersebut.
Aksi Mitigasi :	b. EFB dan POME Composting
Cara perhitungan emisi aksi mitigasi :	<p>Emisi aksi mitigasi dihitung dengan menggunakan default value ISCC 205 Ver. 3.0, 2016, yaitu 0.03 ton CO_{2e}/ton CPO.</p> $PE_y = PE_{power,y} + PE_{ww,compost,y} + PE_{transport,y} \quad (17)$ <p>Dimana:</p> <p>PE_y = Emisi aksi mitigasi pada tahun y (ton CO_{2e})</p> <p>$PE_{power,y}$ = Emisi CO₂ akibat penggunaan listrik PLN dan atau bahan bakar fosil yang digunakan dalam aktivitas mitigasi pada tahun y (ton CO_{2e}); dihitung menggunakan persamaan (2) dan (3).</p> <p>$PE_{ww,compost,y}$ = Emisi gas metana dalam scenario aksi mitigasi dari system pengomposan EFB dan POME pada tahun y (ton CO_{2e})</p> <p>$PE_{transport,y}$ = Emisi gas metana dalam scenario aksi mitigasi dari penggunaan bahan bakar fosil untuk mentransport EFB dari pabrik ke unit pengomposan pada tahun y (ton CO_{2e})</p> $PE_{ww,compost,y} = (P_{cpo,y} \times EF_{ww,compost}) \quad (18)$ <p>Dimana:</p> <p>$P_{cpo,y}$ = Produksi CPO pada tahun ke y</p> <p>$EF_{ww,compost}$ = 0,03 ton CO_{2e}/ton CPO (ISCC 205 Green House Gases Emissions Ver. 3 yang diadopsi oleh ISPO, 2018)</p> $PE_{transport,y} = (FC_{i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y} \times \rho_{i,y}) \quad (19)$ <p>Dimana:</p> <p>$FC_{i,x}$ = Konsumsi bahan bakar minyak pada tahun y (kilo liter)</p> <p>$NCV_{i,x}$ = Nilai kalor bersih (<i>weighted average</i>) bahan bakar minyak pada tahun y (TJ/Gg)</p> <p>$EF_{CO2,i,x}$ = Faktor emisi bahan bakar minyak pada tahun y (Ton CO₂/MJ)</p> <p>$\rho_{i,x}$ = Density bahan bakar minyak pada tahun y (kg/m³)</p>
E. Perhitungan Penurunan Emisi	
Cara perhitungan penurunan emisi :	<p>Estimasi Reduksi Emisi Ex-post</p> <ul style="list-style-type: none"> Pengurangan emisi <i>ex post</i> harus disesuaikan dengan aksi mitigasi yang dilakukan (Kasus A-G) Pengurangan emisi <i>ex post</i> harus didasarkan pada nilai terendah dari hasil perhitungan sebagai berikut: $ER_{y,ex\ post} = \min \left((BE_{y,ex\ post} - (PE_{y,ex\ post} + LE_{y,ex\ post})), (MD_y - (PE_{power,y} + LE_{y,ex\ post})) \right) \quad (20)$

	<p>Dimana:</p> <p>$ER_{y,ex\ post}$ = Reduksi emisi akibat aksi mitigasi sesuai data monitoring pada tahun y (ton CO_{2e})</p> <p>$BE_{y,ex\ post}$ = Emisi <i>baseline</i> dihitung sesuai Persamaan (1) sesuai data monitoring <i>ex post</i> pada tahun y (ton CO_{2e})</p> <p>$PE_{y,ex\ post}$ = Emisi aksi mitigasi sesuai persamaan (7) atau persamaan (10) sesuai data monitoring <i>ex post</i> pada tahun y (ton CO_{2e})</p> <p>$LE_{y,ex\ post}$ = Emisi <i>leakage</i> sesuai data monitoring <i>ex post</i> pada tahun y (ton CO_{2e})</p> <p>MD_y = Metana yang ditangkap dan dibakar (flared)/digunakan secara menguntungkan selama aktivitas pada tahun y (ton CO_{2e})</p> <p>$PE_{power,y}$ = Emisi aksi mitigasi karena konsumsi listrik dari PLN atau bahan bakar fosil pada tahun y (ton CO_{2e})</p> <p>Metana yang ditangkap dan dihancurkan/digunakan</p> $MD_y = BG_{burnt,y} \times w_{CH_4,y} \times D_{CH_4} \times FE \times GWP_{CH_4} \quad (21)$ <p>Dimana:</p> <p>MD_y = Metana yang ditangkap dan dibakar (flared)/digunakan secara menguntungkan selama aktivitas pada tahun y (ton CO_{2e})</p> <p>$BG_{burnt,y}$ = Biogas yang dibakar pada tahun y (m³). Volume dan konsentrasi metana dalam biogas harus pada basis yang sama (basah atau kering)</p> <p>$w_{CH_4,y}$ = Kandungan metana (fraksi volume) dari biogas pada tahun y</p> <p>D_{CH_4} = Densitas metana pada temperatur dan tekanan biogas pada tahun y (t/m³)</p> <p>FE = Efisiensi <i>flaring</i> pada tahun y (fraksi). Jika biogas dimanfaatkan maka efisiensi dapat dianggap 100%.</p> <p>GWP_{CH_4} = Global warming potential (ton CO_{2e}/ton CH₄)</p> <p>Kasus A sampai F</p> $ER_{y,ex\ post} = BE_{y,ex\ post} - (PE_{y,ex\ post} + LE_{y,ex\ post}) \quad (22)$ <p>Dimana:</p> <p>$ER_{y,ex\ post}$ = Reduksi emisi akibat aksi mitigasi sesuai data monitoring pada tahun y (ton CO_{2e})</p> <p>$BE_{y,ex\ post}$ = Emisi <i>baseline</i> dihitung sesuai persamaan (1) sesuai data monitoring <i>ex post</i> pada tahun y (ton CO_{2e})</p> <p>$PE_{y,ex\ post}$ = Emisi aksi mitigasi sesuai persamaan (11) sesuai data monitoring <i>ex post</i> pada tahun y (ton CO_{2e})</p> <p>$LE_{y,ex\ post}$ = Emisi <i>leakage</i> sesuai data monitoring <i>ex post</i> pada tahun y (ton CO_{2e})</p> <p>Kasus G (Pengomposan EFB dan POME)</p> $ER_{y,ex\ post} = BE_{y,ex\ post} - (PE_{y,ex\ post} + LE_{y,ex\ post}) \quad (23)$ <p>Dimana:</p> <p>$ER_{y,ex\ post}$ = Reduksi emisi akibat aksi mitigasi sesuai data monitoring pada tahun y (ton CO_{2e})</p> <p>$BE_{y,ex\ post}$ = Emisi <i>baseline</i> dihitung sesuai persamaan (1) sesuai data monitoring <i>ex post</i> pada tahun y (ton CO_{2e})</p> <p>$PE_{y,ex\ post}$ = Emisi aksi mitigasi pengomposan EFB dan POME sesuai persamaan (10) sesuai data monitoring <i>ex post</i> pada tahun y (ton CO_{2e})</p> <p>$LE_{y,ex\ post}$ = Emisi <i>leakage</i> akibat emisi POME yang ditampung di open pond sebelum dikomposkan sesuai data monitoring <i>ex post</i> pada tahun y (ton CO_{2e})</p>
--	---

F. Rencana Pemantauan (Ex-Post)	
Parameter Ex-Post	
1. Volume air limbah yang diolah dalam sistem pengolahan air limbah	
Parameter	$Q_{ww,i,y}$
Satuan	m ³ /bulan
Deskripsi	Laju alir air limbah (POME)
Prosedur Pengukuran (jika ada)	Pengukuran dengan menggunakan <i>flow meter</i>
Periode Pengukuran	Pemantauan secara terus menerus (minimal setiap jam dilakukan pencatatan)
Keterangan	Dilakukan di inlet dan outlet setiap unit pengolahan air limbah
2. Produksi CPO pada tahun y	
Parameter	$P_{cpo,y}$
Satuan	Ton/tahun
Deskripsi	Jumlah produksi CPO dalam tahun y
Prosedur Pengukuran (jika ada)	Pengukuran dengan menggunakan <i>timbangan</i> dan pencatatan manual/otomatis
Periode Pengukuran	Pemantauan secara terus menerus setiap hari produksi/kegiatan berlangsung
Keterangan	-
3. Chemical Oxygen Demand	
Parameter	$COD_{www,untreated,y}$, $COD_{ww,treated,y}$, $COD_{ww,discharge,PJ,y}$
Satuan	Ton COD/m ³
Deskripsi	Chemical Oxygen Demand (COD) POME sebelum, sesudah pengolahan akibat aksi mitigasi dan COD POME yang dibuang ke land application atau abadan air
Prosedur Pengukuran (jika ada)	Sesuai standar nasional/internasional dengan sampling yang dapat mewakili
Periode Pengukuran	Sample dan pengukuran harus dapat memenuhi tingkat kepercayaan/ketelitian 90/10
Keterangan	-
4. Volume Biogas	
Parameter	$BG_{burnt,y}$
Satuan	m ³
Deskripsi	Volume biogas pada tahun y
Prosedur Pengukuran (jika ada)	Dalam semua kasus, jumlah biogas yang ditangkap, dijadikan bahan bakar, dibakar atau digunakan (mis. disuplai ke dalam jaringan distribusi gas bumi atau didistribusikan melalui jaringan pipa khusus) harus dipantau <i>ex post</i> , menggunakan <i>flow meter</i> secara terus-menerus. Jika aliran biogas dibakar dan dijadikan/dimanfaatkan sebagai bahan bakar maka perlu dipantau secara terpisah sebagai dua fraksi yang dapat ditambahkan untuk menentukan total biogas yang <i>recovery</i> , tanpa harus memantau laju alir biogas sebelum pemisahan. Pengukuran kandungan metana harus dilakukan di dekat dengan lokasi dimana dilakukan pengukuran laju alir biogas.
Periode Pengukuran	Pengukuran dilakukan secara terus menerus (kontinu) dan paling sedikit setiap jam dilakukan pencatatan, jika kurang, setidaknya tingkat kepercayaan/ketelitian mencapai 90/10.
Keterangan	-

5. Kandungan gas metana	
Parameter	$w_{CH_4,y}$
Satuan	%
Deskripsi	Kandungan metana dalam biogas pada tahun y
Prosedur Pengukuran (jika ada)	Fraksi metana dalam gas harus diukur dengan <i>continuous analyser</i> atau alternatif dengan pengukuran berkala pada tingkat kepercayaan/ketelitian 90/10. Yang harus diukur dengan menggunakan peralatan yang dapat secara langsung mengukur kandungan metana dalam biogas; estimasi konsentrasi gas metana yang didasarkan pada pengukuran kandungan biogas lainnya seperti CO_2 tidak diizinkan. Pengukuran kandungan metana harus dilakukan dekat dengan lokasi di mana pengukuran aliran biogas dilakukan
Periode Pengukuran	-
Keterangan	-
6. Temperatur	
Parameter	T
Satuan	$^{\circ}C$
Deskripsi	Temperatur biogas
Prosedur Pengukuran (jika ada)	Temperatur biogas diperlukan untuk menentukan densitas metana yang dibakar. Jika laju alir biogas, tekanan dan temperatur dapat diukur sekaligus dan output (<i>display</i>) aliran biogas dapat dinormalisasi, maka tidak diperlukan pengukuran tekanan dan temperatur biogas secara terpisah.
Periode Pengukuran	Dilakukan bersamaan dengan pengukuran kandungan gas methane, $w_{CH_4,y}$
Keterangan	-
7. Tekanan	
Parameter	P
Satuan	Pa
Deskripsi	Tekanan biogas
Prosedur Pengukuran (jika ada)	Tekanan biogas diperlukan untuk menentukan densitas metana yang dibakar. Jika laju alir biogas, tekanan dan temperatur dapat diukur sekaligus dan output (<i>display</i>) aliran biogas dapat dinormalisasi, maka tidak diperlukan pengukuran tekanan dan temperatur biogas secara terpisah.
Periode Pengukuran	Dilakukan bersamaan dengan pengukuran kandungan gas methane, $w_{CH_4,y}$
Keterangan	-
8. Efisiensi Flaring	
Parameter	-
Satuan	%
Deskripsi	Efisiensi <i>flaring</i>
Prosedur Pengukuran (jika ada)	Sesuai dengan metodologi "Emisi Projek dari kegiatan Flaring". Perawatan secara reguler harus dilakukan untuk menjamin bahwa pengoperasian <i>flaring</i> berlangsung optimal.
Periode Pengukuran	-
Keterangan	-