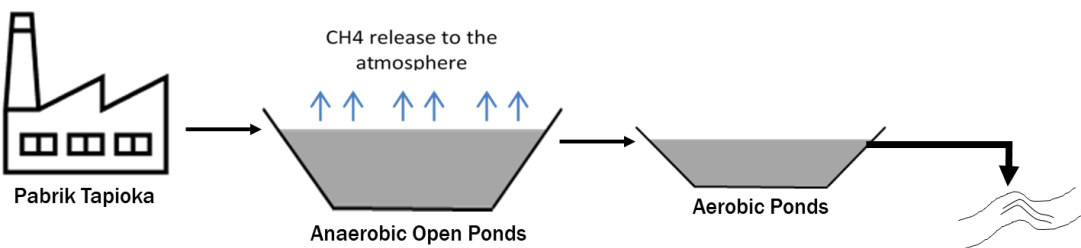
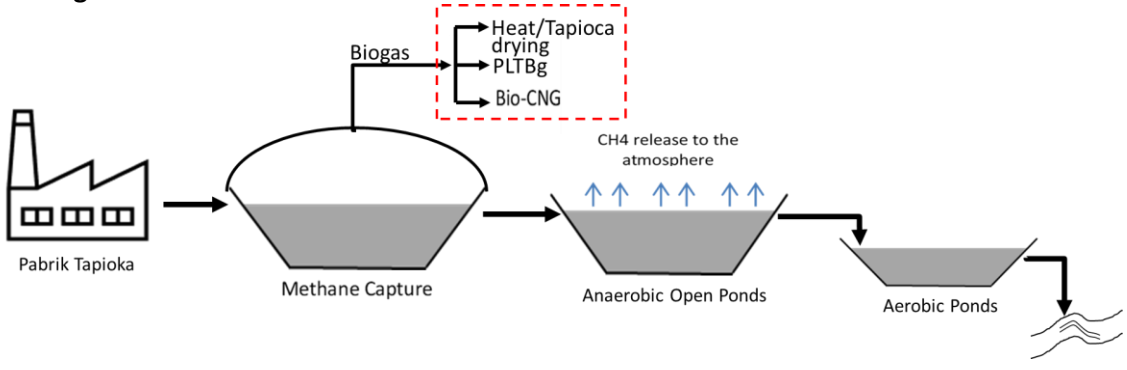


Metodologi Penghitungan Reduksi Emisi dan/atau Peningkatan Serapan GRK dalam Kerangka Verifikasi Aksi Mitigasi

A. Informasi Umum	
Judul Metodologi	: Pengolahan Limbah Cair Pabrik Tapioka dengan Metoda Methane Capture
Referensi	<ul style="list-style-type: none"> • UNFCCC, Clean Development Mecanism, AMS-III.H. Small scale methodology, Methane Recovery in Wastewater Treatment, Ver.19. • Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2019. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Chapter 6. Wastewater. • Kamahara, H., Hasanudin, U., Atsuta, Y., Widiyanto, A., Tachibana, R., Goto, N., Daimond, H., and Fujie, K., 2010. Methane Emission from Anaerobic Pond of Tapioca Starch Extraction Wastewater in Indonesia. J. Ecotechnology Research, Vol 15 (2), 79-83 (https://www.istage.ist.go.jp/article/jer/15/2/15_79/article).
Sektor	: LIMBAH
Nomor usulan	: Pengolahan limbah cair pabrik tapioca (MSLI-010)
Tanggal dan Versi Usulan	: No. SK.36/PPI/IGAS/PPI.2/11/2021 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 Tapioka, yaitu berupa penangkapan gas methane (Methane Capture).
Kriteria kelayakan penerapan metodologi	: Metodologi ini berlaku untuk aksi mitigasi dengan kondisi sebagai berikut: Methane capture dari system pengolahan air limbah pabrik tapioka
Sumber dan jenis Emisi GRK yang diperhitungkan	: Sumber emisi GRK yang diperhitungkan adalah dari pengolahan air limbah tapioka dengan kolam terbuka (<i>open pond</i>) dalam bentuk emisi gas methane (CH ₄) 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 pabrik tapioka. Aksi mitigasi ini juga mencakup kegiatan pemrosesan, transportasi, dan fasilitas penyaluran limbah dan biogas. <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-top: 10px;"> <p>Baseline</p>  </div>

Gambar 1. Baseline pengelolaan air limbah di Industri Tapioka

	<p>Deskripsi: Baseline diaplikasikan di industri tapioka yang karena keterbatasannya tidak dapat melakukan penangkapan gas methane dari instalasi pengolahan air limbah (IPAL) pabrik tapioka</p> <p>Aksi Mitigasi</p>  <p>Gambar 2. Boundary aksi mitigasi, Methane Capture dilanjutkan kolam anaerobic dan aerobik terbuka</p>
<p>Deskripsi <i>baseline</i> :</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Emisi <i>baseline</i> adalah emisi GRK yang timbul akibat pengelolaan air limbah tapioka yang dilakukan dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang berupa kolam terbuka (<i>Open Pond</i>) sampai kualitas air limbah memenuhi baku mutu (Per.Men. LH No. 5 tahun 2014) • Penghitungan emisi baseline dilakukan dengan menggunakan metoda CDM AMS-III.H. <i>Methane recovery in wastewater treatment versi 19</i> dan IPCC 2006.
<p>Cara perhitungan emisi <i>baseline</i> :</p>	<p>Pemilihan <i>baseline</i> tergantung kondisi awal di Instalasi Pengolahan Air Limbah pabrik tapioka, 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 air limbah tapioka pada tahun y (ton CO_{2e})</p> <p>$BE_{wwt,y}$ = Emisi metana akibat dekomposisi air limbah tapioka 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 (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><u>Emisi <i>Baseline</i> atas Konsumsi Listrik PLN atau Bahan Bakar ($BE_{power,y}$) untuk pengoperasian IPAL:</u></p> <p>Konsumsi listrik:</p>

$$BE_{power,y} = EC_{BL,y} \times EF_{BL,y} \times (1 + TDL_y) \quad (2)$$

Dimana:

- $BE_{power,y}$ = Emisi *baseline* dari konsumsi listrik atau konsumsi bahan bakar pada tahun y (ton CO_{2e})
 $EC_{BL,y}$ = Konsumsi listrik pada kondisi *baseline* pada tahun y (MWh)
 $EF_{BL,y}$ = Faktor emisi listrik pada tahun y (Ton CO₂/MWh)
 TDL_y = Losses transmisi dan distribusi listrik pada tahun y (fraksi)

Skenario A: Beli dari Jaringan listrik

$EF_{BL,y} = EF_{Grid,CM,y}$ (Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan) setempat.

Skenario B: Dari *captive power*

$$EF_{BL,y} = \frac{FC_{i,y} \times NCV_{i,y} \times EF_{CO2,i,y} \times \rho_{i,y}}{EG_{i,y}} \quad (3)$$

Dimana:

- $EF_{BL,y}$ = Faktor emisi *captive power* pada tahun y (ton CO₂/MWh)
 $FC_{i,x}$ = Konsumsi bahan bakar minyak pada tahun y (kilo liter)
 $NCV_{i,x}$ = Nilai kalor bersih (*weighted average*) bahan bakar minyak pada tahun y (TJ/Gg)
 $EF_{CO2,i,x}$ = Faktor emisi bahan bakar minyak pada tahun y (Ton CO₂/MJ)
 $\rho_{i,x}$ = Density bahan bakar minyak pada tahun y (kg/m³)
 $EG_{i,x}$ = Produksi listrik pada tahun y (MWh)
 i = Jenis bahan bakar

Emisi *Baseline* Sistem Pengolahan Air Limbah ($BE_{wwt,y}$):

$$BE_{wwt,y} = \left(\sum_i (Q_{WW,i,y} \times COD_{in,i,y} \times \eta_{COD,BL,i} \times MCF_{wwt,BL,i}) \times B_{o,ww} \times UF_{BL} \times GWP_{CH4} \right) \quad (4)$$

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* (m³)
 $COD_{in,i,y}$ = COD dari aliran air limbah yang masuk ke sistem pengolahan air limbah *baseline* pada tahun y (t/m³)
 $\eta_{COD,BL,i}$ = Efisiensi COD removal dari sistem pengolahan air limbah *baseline*
 $MCF_{wwt,BL,i}$ = Faktor koreksi metana untuk sistem pengolahan air limbah (Tabel 1).

$B_{0,ww}$	= 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}	= <i>Global Warming Potential</i> 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> ^{*)}	0,1

^{*)} 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 ($BE_{s,treatment,y}$):

$$BE_{s,treatment,y} = \left(\sum_i (S_{j,BL,y} \times MCF_{s,treatment,BL,j} \times DOC_s \times UF_{BL} \times DOC_F \times F \times \frac{16}{12} \times GWP_{CH_4}) \right) \quad (5)$$

Dimana:

$BE_{s,treatment,y}$	= Emisi <i>baseline</i> dari sistem pengolahan lumpur yang dipengaruhi aksi mitigasi pada tahun y (ton CO _{2e})
j	= Indeks sistem pengolahan lumpur <i>baseline</i>
$S_{j,BL,y}$	= Jumlah partikel kering dalam lumpur yang seharusnya diolah pada sistem pengolahan lumpur <i>baseline</i> (t)
$MCF_{s,treatment,BL,j}$	= Faktor koreksi metana untuk sistem pengolahan lumpur <i>baseline</i> (lihat Tabel 1)
DOC_s	= Fraksi DOC (<i>Degradable Organic Content</i>) dari lumpur yang tidak diolah (nilai <i>default</i> 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 CH ₄ pada biogas (IPCC default value = 0,5)
GWP_{CH_4}	= <i>Global Warming Potential</i> untuk CH ₄ (21 tCO _{2e} /t CH ₄)

Jika lumpur dikomposkan:

$$BE_{s,treatment,y} = \left(\sum_i (S_{j,BL,y} \times EF_{composting} \times GWP_{CH_4}) \right) \quad (6)$$

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_{CH_4} = *Global Warming Potential* untuk CH₄ (21 tCO_{2e}/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 asumsi kadar air 60% dalam limbah basah.
Pengolahan an-aerobik pada fasilitas biogas	2 (0 - 20)	1 (0 - 8)	diabaikan	diabaikan	

Jika sistem pengolahan air limbah berbeda antara *baseline* dengan aksi mitigasi:

$$S_{j,BL,y} = S_{i,PJ,y} \times \frac{SGR_{BL}}{SGR_{PJ}} \quad (7)$$

Dimana:

- $S_{j,BL,y}$ = Jumlah partikel kering dalam lumpur yang seharusnya diolah pada sistem pengolahan lumpur *baseline* (t)
 $S_{i,PJ,y}$ = Kandungan partikel kering dalam lumpur yang diolah pada sistem pengolahan lumpur aksi mitigasi pada tahun y (t)
 SGR_{BL} = Rasio lumpur yang dihasilkan oleh pengolahan limbah cair pada kondisi *baseline* (ton partikel kering dalam lumpur/t COD *remove*)
 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

Emisi *Baseline* dari Air Limbah yang Dibuang ke Badan Air atau Dimanfaatkan untuk Land

Application (BE_{ww,discharge,y}):

$$BE_{ww,discharge,y} = Q_{ww,y} \times GWP_{CH_4} \times B_{o,ww} \times UF_{BL} \times COD_{ww,discharge,BL,y} \times MCF_{ww,BL,discharge} \quad (8)$$

Dimana:

- $BE_{ww,discharge,y}$ = Emisi metana *baseline* dari dekomposisi bahan organik dalam air limbah yang dibuang ke badan air atau dimanfaatkan untuk land application (ton CO_{2e})
- $Q_{ww,y}$ = Volume air limbah yang atau dibuang ke badan air atau dimanfaatkan untuk land application pada tahun y (m³)
- GWP_{CH_4} = *Global Warming Potential* untuk CH₄ (21 tCO_{2e}/t CH₄)
- $B_{o,ww}$ = Kapasitas produksi metana dari air limbah (0,25 kg CH₄/kg COD, sesuai IPCC 2006)
- UF_{BL} = Faktor koreksi untuk menghitung ketidakpastian (0,89)
- $COD_{ww,discharge,BL,y}$ = COD limbah cair yang dibuang ke badan air atau dimanfaatkan untuk land application pada kondisi *baseline* pada tahun y (t/m³). Jika limbah cair pada kondisi *baseline* tidak diolah, maka menggunakan COD limbah cair yang tidak diolah.
- $MCF_{ww,BL,discharge}$ = Faktor koreksi metana, sesuai Tabel 1.

Jika sistem pengolahan limbah cair pada kondisi *baseline* berbeda dengan kondisi aksi mitigasi, hasil monitoring COD input selama aksi mitigasi akan digunakan untuk menghitung emisi *baseline* ex-post. COD output pada kondisi *baseline* akan diestimasi menggunakan efisiensi sistem pengolahan *baseline*.

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:

$$BE_{s,final,y} = S_{final,BL,y} \times DOC_s \times UF_{BL} \times MCF_{s,BL,final} \times DOC_F \times F \times \frac{16}{12} \times GWP_{CH_4} \quad (9)$$

- $BE_{s,final,y}$ = 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 CH_4 pada biogas (IPCC default value = 0,5)
 GWP_{CH_4} = *Global Warming Potential* untuk CH_4 (21 tCO_{2e}/t CH_4)

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 kedalam > 5 mtr	0,8
Lumpur dibuang ke TPA tidak terkelola dengan kedalam \leq 5 mtr	0,4

D. Perhitungan Emisi Aksi Mitigasi

Aksi Mitigasi :	Penangkapan gas methane atau Biogas Recovery
Cara perhitungan emisi aksi mitigasi :	<p>Emisi aksi mitigasi dihitung dengan menggunakan rumus berikut:</p> $PE_y = PE_{power,y} + PE_{ww,treatment,y} + PE_{s,treatment,y} + PE_{ww,discharge,y} + PE_{fugitive,y} + PE_{s,final,y} + PE_{flaring,y} \quad (10)$ <p>Dimana:</p> <p> PE_y = Emisi aksi mitigasi pada tahun y (ton CO_{2e}) $PE_{power,y}$ = 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). $PE_{ww,treatment,y}$ = 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 (6) $PE_{fugitive,y}$ = Emisi metana akibat ketidak efisienan aksi mitigasi dalam sistem penangkapan metana pada tahun y (ton CO_{2e}); dihitung menggunakan persamaan (8) $PE_{s,final,y}$ = 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}) </p> <p><u>Emisi aksi mitigasi dari sistem pengolahan lumpur yang tidak dilengkapi peralatan pemulihan biogas ($PE_{s,treatment,y}$)</u></p>

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).

Emisi aksi mitigasi dari DOC yang sudah diolah di instalasi pengolahan air limbah ($PE_{ww,discharge,y}$)

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)

Emisi aksi mitigasi atas biogas yang terlepas dari sistem penangkapan metana ($PE_{fugitive,y}$)

Emisi aksi mitigasi atas biogas yang terlepas dari sistem penangkapan metana ($PE_{fugitive,y}$) dapat dihitung sebagai berikut:

a. Berdasarkan potensi metana saat pengolahan limbah cair dan lumpur:

$$PE_{fugitive,y} = PE_{fugitive,ww,y} + PE_{fugitive,s,y} \quad (11)$$

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})

$$PE_{fugitive,ww,y} = (1 - CFE_{ww}) \times MEP_{wwt,y} \times GWP_{CH4} \quad (12)$$

Dimana:

- CFE_{ww} = Efisiensi penangkapan biogas di peralatan pemulihan pada sistem pengolahan limbah cair (*default value* = 0,9).
- $MEP_{wwt,y}$ = Potensi emisi metana pada sistem pengolahan limbah cair yang dilengkapi dengan peralatan biogas recovery pada tahun y (ton CO_{2e})

$$MEP_{wwt,y} = Q_{ww,y} \times B_{o,ww} \times UF_{PJ} \times \sum_k COD_{removed,PJ,k,y} \times MCF_{wwt,PJ} \quad (13)$$

Dimana:

- $COD_{removed,PJ,k,y}$ = 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).
- $MCF_{wwt,PJ}$ = Faktor koreksi metana aksi mitigasi pada sistem pengolahan limbah cair k yang dilengkapi dengan sistem biogas recovery pada tahun y (Tabel 1).
- UF_{PJ} = Faktor koreksi model untuk mempertimbangkan ketidakpastian (1,12).

$$PE_{fugitive,s,y} = (1 - CFE_s) \times MEP_{s,treatment,y} \times GWP_{CH4} \quad (14)$$

Dimana:

- CFE_s = Efisiensi penangkapan biogas di peralatan pemulihan pada sistem pengolahan lumpur (*default value* = 0,9).

	<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> $MEP_{s,treatment,y} = \sum_l (S_{l,PJ,y} \times MCF_{s,treatment,PJ,l,y}) \times DOC_s \times UF_{PJ} \times DOC_F \times \frac{16}{12} \quad (15)$ <p>Dimana:</p> <p> $S_{l,PJ,y}$ = Jumlah lumpur yang diolah pada sistem pengolahan lumpur ke 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 <i>flaring</i> 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. Jika <i>flaring</i> tidak beroperasi, standarnya nilai yang diadopsi untuk efisiensi suar adalah 0%. 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.
E. Perhitungan Penurunan Emisi	
<p>Cara perhitungan : penurunan emisi</p>	<p>Estimasi Reduksi Emisi Ex-post</p> <ul style="list-style-type: none"> Pengurangan emisi <i>ex post</i> akibat aksi mitigasi yang dilakukan (<i>Methane Capture</i>) Pengurangan emisi <i>ex post</i> harus didasarkan pada nilai terendah dari hasil perhitungan sebagai berikut: $ER_{y,ex\ post} = \min \left((BE_{y,ex\ post} - (PE_{y,ex\ post} + LE_{y,ex\ post})), (MD_y - (PE_{power,y} + LE_{y,ex\ post})) \right) \quad (16)$ <p>Dimana:</p>

	$ER_{y,ex\ post}$ = Reduksi emisi akibat aksi mitigasi sesuai data monitoring pada tahun y (ton CO _{2e}) $BE_{y,ex\ post}$ = Emisi <i>baseline</i> dihitung sesuai Persamaan (1) sesuai data monitoring <i>ex post</i> pada tahun y (ton CO _{2e}) $PE_{y,ex\ post}$ = Emisi aksi mitigasi sesuai persamaan (6) sesuai data monitoring <i>ex post</i> pada tahun y (ton CO _{2e}) $LE_{y,ex\ post}$ = Emisi <i>leakage</i> sesuai data monitoring <i>ex post</i> pada tahun y (ton CO _{2e}) MD_y = Metana yang ditangkap dan dibakar (flared)/digunakan secara menguntungkan selama aktivitas pada tahun y (ton CO _{2e}) $PE_{power,y}$ = Emisi aksi mitigasi karena konsumsi listrik dari PLN atau bahan bakar fosil pada tahun y (ton CO _{2e})
	<p><u>Metana yang ditangkap dan dihancurkan/digunakan</u></p> $MD_y = BG_{burnt,y} \times w_{CH_4,y} \times D_{CH_4} \times FE \times GWP_{CH_4} \quad (17)$ <p>Dimana:</p> MD_y = Metana yang ditangkap dan dibakar (flared)/digunakan secara menguntungkan selama aktivitas pada tahun y (ton CO _{2e}) $BG_{burnt,y}$ = Biogas yang dibakar pada tahun y (m ³). Volume dan konsentrasi metana dalam biogas harus pada basis yang sama (basah atau kering) $w_{CH_4,y}$ = Kandungan metana (fraksi volume) dari biogas pada tahun y D_{CH_4} = Densitas metana pada temperatur dan tekanan biogas pada tahun y (t/m ³) FE = Efisiensi <i>flaring</i> pada tahun y (fraksi). Jika biogas dimanfaatkan maka efisiensi dapat dianggap 100%. GWP_{CH_4} = Global warming potential (ton CO _{2e} /ton CH ₄)

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 tapioka
Prosedur Pengukuran	Pengukuran dengan menggunakan <i>flow meter</i> (jika ada), atau menggunakan <i>Default Value</i> , Produksi Air Limbah Rata-Rata = 17,11 M3/Ton Tapioka.
Periode Pengukuran	Pemantauan secara terus menerus (minimal setiap jam dilakukan pencatatan)
Keterangan	Dilakukan di inlet dan outlet setiap unit pengolahan air limbah

2. Produksi Tapioka pada tahun y

Parameter	$P_{tapioka,y}$
Satuan	Ton/tahun
Deskripsi	Jumlah produksi Tapioka pada tahun y

Prosedur Pengukuran (jika ada)	Pengukuran dengan menggunakan <i>timbangan</i> dan pencatatan manual/automatis
Periode Pengukuran	Pemantauan secara terus menerus setiap hari produksi/kegiatan berlangsung
Keterangan	-
3. Chemical Oxygen Demand	
Parameter	$COD_{www,untreated,y}$, $COD_{ww,treated,y}$, $COD_{ww,discharge,y}$
Satuan	Ton COD/m ³
Deskripsi	Chemical Oxygen Demand (COD) air limbah tapioka sebelum, sesudah pengolahan akibat aksi mitigasi, dan COD air limbah yang dibuang ke badan air.
Prosedur Pengukuran (jika ada)	Sesuai standar nasional/internasional dengan sampling yang dapat mewakili atau menggunakan <i>Default Value</i> . $COD_{www,untreated} = 20.000 \text{ mg/l}$; $COD_{ww,treated} = 4.000 \text{ mg/l}$ (COD removal dalam anaerobic pond 80%); $COD_{ww,discharge} = 300 \text{ mg/l}$ (PerMen Lingkungan Hidup No.5 tahun 2014).
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 untuk pengeringan tapioka, PLTBg, atau lainnya) 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>direct 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 Dari hasil pengukuran kandungan gas methane rata-rata diperoleh nilai sekitar 60%. Angka ini dapat digunakan bila tidak diperoleh data hasil pengukuran yang memadai.
Periode Pengukuran	Terus menerus (<i>continuous analyser</i>) atau pengukuran berkala pada tingkat kepercayaan/ketelitian 90/10.
Keterangan	-
6. Temperatur	
Parameter	T

Satuan	°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 Proyek dari kegiatan Flaring”. Perawatan secara reguler harus dilakukan untuk menjamin bahwa pengoperasian <i>flaring</i> berlangsung optimal.
Periode Pengukuran	-
Keterangan	-

9. Konsumsi Listrik dari Jaringan PLN

Parameter	$EC_{BL,y}$
Satuan	MWh
Deskripsi	Konsumsi listrik pengolahan air limbah untuk menghitung emisi akibat penggunaan listrik
Prosedur Pengukuran (jika ada)	Dilakukan pengukuran konsumsi listrik untuk kegiatan aksi mitigasi dengan menggunakan kWh meter
Periode Pengukuran	Setiap saat dalam setahun dan dilaporkan minimal sebulan sekali
Keterangan	Cross check dengan <i>invoice</i> pembelian listrik, jika tersedia

10. Faktor Emisi Listrik

Parameter	$EF_{BL,y}$
Satuan	Ton CO ₂ /MWh
Deskripsi	Faktor emisi listrik
Prosedur Pengukuran (jika ada)	-
Periode Pengukuran	Setahun sekali atau sesuai publikasi terakhir KESDM

Keterangan	-
11. Losses transmisi dan distribusi	
Parameter	TDLy
Satuan	%
Deskripsi	Loses transmisi dan distribusi
Prosedur Pengukuran (jika ada)	-
Periode Pengukuran	-
Keterangan	Sumber data PLN dan atau Ditjen Gatrik KESDM
12. Konsumsi Bahan Bakar Fosil	
Parameter	$FC_{i,y}$
Satuan	Kiloliter
Deskripsi	Konsumsi bahan bakar
Prosedur Pengukuran (jika ada)	Volume meter di tanki bahan bakar
Periode Pengukuran	Setiap saat dalam setahun dan dilaporkan minimal sebulan sekali
Keterangan	Cross check dengan invoice pembelian bahan bakar
13. Nilai Kalor Bersih Bahan Bakar	
Parameter	$NCV_{i,y}$
Satuan	TJ/Gg
Deskripsi	Nilai kalor bersih (<i>weighted average</i>) bahan bakar pada tahun y
Prosedur Pengukuran (jika ada)	Sesuai standar nasional dan internasional
Periode Pengukuran	Setiap pembelian bahan bakar
Keterangan	Sumber data: (a) Sesuai invoice saat membeli bahan bakar, (b) Publikasi terakhir KESDM
14. Faktor Emisi Bahan Bakar	
Parameter	$EF_{CO_2,i,y}$
Satuan	Ton CO ₂ e/TJ
Deskripsi	Faktor Emisi bahan bakar pada tahun y
Prosedur Pengukuran (jika ada)	Dihitung berdasarkan konsumsi bahan bakar, Nilai Kalor Bersih, dan referensi Faktor emisi yang diakui
Periode Pengukuran	Setiap tahun Ketika hendak melakukan pelaporan
Keterangan	-
15. Densitas Bahan Bakar	
Parameter	$\rho_{i,y}$
Satuan	Kg/m ³
Deskripsi	Densitas bahan bakar minyak
Prosedur Pengukuran (jika ada)	Sesuai standar nasional dan internasional
Periode Pengukuran	Setiap pembelian bahan bakar
Keterangan	-
G. Dokumen Verifikasi	

1. Produksi Tapioka
2. Volume air limbah tapioka yang diolah dalam sistem pengolahan air limbah Open Pond
3. *Chemical Oxygen Demand*
4. Volume biogas
5. Volume air limbah yang diolah dalam sistem methane capture dan unit pengolahan lainnya
6. Kandungan gas metana
7. Temperatur
8. Tekanan
9. Efisiensi *flaring*
10. Konsumsi listrik
11. Faktor emisi listrik
12. Losses transmisi dan distribusi
13. Konsumsi bahan bakar
14. Nilai kalor bersih bahan bakar
15. Faktor emisi bahan bakar
16. Densitas bahan bakar
17. kWh meter
18. Flow meter
19. Gas analyzer
20. Jembatan timbang

H. Daftar Singkatan

CO ₂	Karbondioksida
CH ₄	metana
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>
DOC	<i>Degradable Organic Content</i>
KWh	<i>Kilowatt hour</i>
KESDM	Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

I. Daftar Istilah

Faktor Emisi GRK Sistem Interkoneksi Ketenagalistrikan	Jumlah emisi CO ₂ yang dilepaskan untuk memproduksi 1 MWh energi listrik di jaringan interkoneksi ketenagalistrikan tertentu.
COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	Jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air secara kimiawi.
DOC (<i>Degradable Organic Content</i>)	Kandungan bahan organik yang dapat didekomposisi secara biological