

# DOKUMEN RANCANGAN AKSI MITIGASI (DRAM)

## Formulir Isian Dokumen Rancangan Aksi Mitigasi (DRAM)

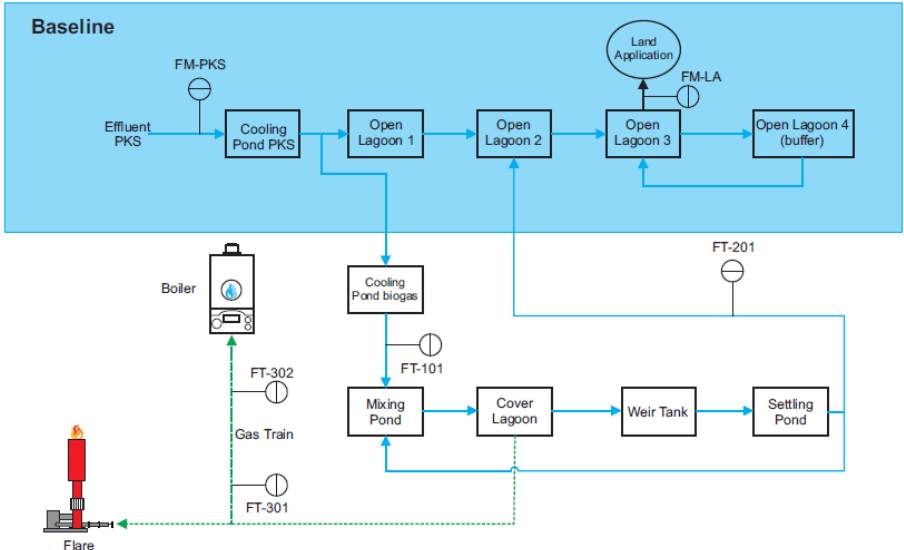
### A. Penjelasan tentang aksi yang diusulkan

#### A.1. Judul kegiatan

PEMANFAATAN LIMBAH PABRIK KELAPA SAWIT (POME) UNTUK BIOGAS CO-FIRING

#### A.2. Penjelasan umum aksi dan teknologi yang diterapkan

Status Kegiatan	<p>Aksi mitigasi (selanjutnya disebut aksi mitigasi/proyek) yang sedang berjalan ini diimplementasikan pada Pabrik Kelapa Sawit (PKS) Lubuk Dalam (selanjutnya disebut PLD) yang dimiliki oleh PT. Perkebunan Nusantara IV Regional III sesuai dengan Surat Keputusan Direksi PT Perkebunan Nusantara IV Nomor: 04.07/Kpts/65/XII/2023 Tentang Struktur Organisasi PT Perkebunan Nusantara IV, yang sebelumnya adalah PT. Perkebunan Nusantara V. Aksi mitigasi ini memiliki kapasitas pengolahan tandan buah segar (TBS) 45 ton/jam yang berada di Kabupaten Siak, Provinsi Riau.</p> <p>Penambahan kegiatan baru yang sedang berjalan ini adalah pembangunan instalasi Pembangkit Tenaga Biogas (PTBg) kapasitas minimal 500 Nm<sup>3</sup> (sesuai perjanjian antara PTPN V dengan PT Ecody Agro Energi selaku perusahaan yang membangun proyek), merupakan pengelolaan lanjutan (<i>continous improvement</i>) sebagai upaya memanfaatkan limbah cair pabrik kelapa sawit (Palm Oil Mill Effluent/POME) yang dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit Lubuk Dalam.</p>
Tujuan Umum	<p>Proyek memperkenalkan penangkapan biogas pada kolam anaerob pengolahan limbah cair POME dari PKS PLD, yang sebelum adanya aksi mitigasi ini menerapkan kolam-kolam anaerob secara terbuka. Kolam pengolahan limbah cair POME anaerob dengan proyek ini ditutup dengan material High Density Polyester (HDPE).</p> <p>Biogas (selanjutnya disebut juga metan karena biogas ini kaya kandungan metan) yang ditangkap ini dimanfaatkan dengan cara membakarnya dalam boiler sebagai sumber energi panas captive power dalam PKS PLD. Kelebihan metan untuk kebutuhan PKS PLD dibakar melalui sistem flaring. Kedua sistem baik penangkapan metan</p>

	<p>untuk bahan bakar boiler maupun sistem flaring akan mengurangi emisi metan ke atmosfer dengan terubahnya metan menjadi karbondioksida melalui pembakaran.</p> <p>Kebutuhan power/listrik untuk start-up dan back-up saat ini dan pada saat proyek beroperasi nanti dipenuhi dari listrik yang berasal dari PKS PLD.</p>
<p>Tujuan Khusus dan Deskripsi Aksi</p>	<p>Tujuan dari proyek ini adalah menangkap dan membakar biogas (metan) yang terlepas karena proses pembusukan bio organik dalam limbah cair POME dengan mengaplikasikan penangkapan biogas (metan) pada sistem pengolahan limbah cair POME kondisi baseline di PKS PLD. Biogas yang ditangkap kemudian akan dibakar dalam boiler menggantikan sebagian bahan bakar boiler cangkang sawit.</p> <p><b>Skenario baseline</b> (<i>baseline scenario</i>), sebelum proyek:</p> <p>Skenario baseline menerapkan sistem pengolahan POME secara anaerob dimana biogas kaya metan teremisikan melalui pengolahan pada kolam terbuka. Sistem pengolahan POME secara aerob dilanjutkan dengan aplikasi ke lahan perkebunan kelapa sawit. Konsumsi listrik yang digunakan untuk pengoperasian fasilitas-fasilitas dalam proses pengolahan limbah berasal dari boiler biomassa (berbahan bakar cangkang dan serabut sawit) dan genset (saat start-up dan back-up). Boiler biomassa juga digunakan untuk menghasilkan listrik dan steam untuk proses pengolahan PKS PLD.</p>  <p>Gambar 1. Pengolahan limbah cair POME kondisi baseline</p> <p><b>Skenario Proyek</b></p> <p>Biogas dari sistem pengolahan limbah cair POME proyek ditangkap dengan teknologi bio digester CIGAR (<i>Covered In Ground Anaerobic Reactor</i>), berupa laguna tertutup (Gambar 2). Proses dekomposisi zat organik dalam limbah cair POME menghasilkan biogas yang kaya</p>

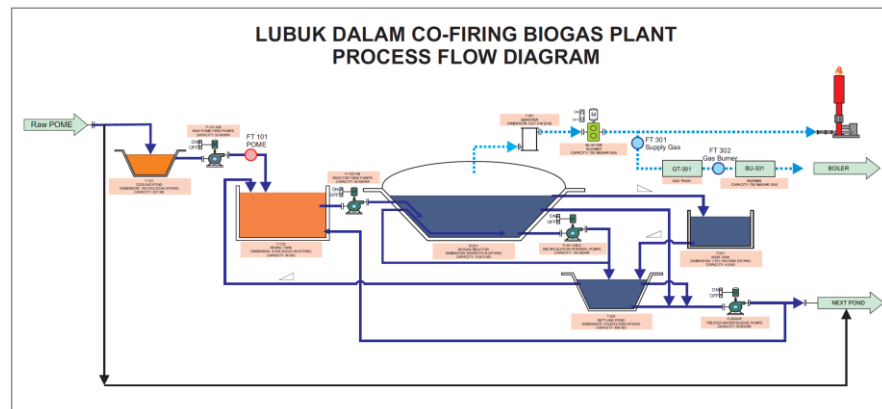
kandungan metan. Air limbah proses anaerob dalam biogas reaktor kemudian mengalir ke kolam anaerobik pond 2 untuk proses selanjutnya. Selanjutnya diolah lebih lanjut pada anaerobic pond 3 untuk kemudian sebagai *land application*.



Gambar 2. Anaerobic Bio digester sistem CIGAR (*Covered In Ground Anaerobic Reactor*)

Biogas (metan) yang dihasilkan dari bio digester (*Anaerobic Digester*) dialirkan ke boiler melalui sistem biogas co-firing, dimana pembakaran biogas terjadi melalui biogas burner. Biogas yang dibakar dalam burner pada proyek adalah untuk menggantikan sebagian cangkang sawit yang pada kondisi baseline digunakan sebagai bahan bakar boiler, selain juga serabut sawit.

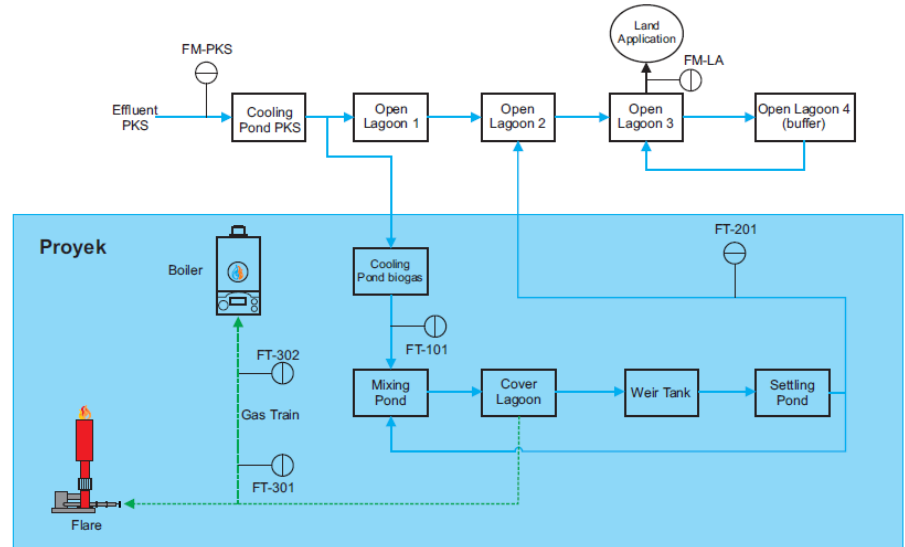
Pada kondisi dimana terjadi kelebihan biogas yang dibutuhkan oleh boiler untuk menghasilkan panas, maka kelebihan biogas ini dibakar melalui sistem flaring yang juga berfungsi untuk mengurangi emisi GRK khususnya metan yang terkandung dalam biogas.



Gambar 3. Process Flow Diagram Biogas Reaktor dan Biogas Co-Firing

Pemanfaatan gas yang dihasilkan dari limbah cair PKS dimulai dari pengambilan limbah cair dari kolam *Fat fit* (kolam pertama) yang

sudah ada selanjutnya dipompakan dan diproses untuk menghasilkan gas metan yang akan ditangkap dan dialirkan ke boiler sebagai *co-firing*. Bagan alir proses secara rinci dimuat dalam lampiran dokumen.



Gambar 4. Pengolahan limbah cair POME skenario proyek

Proses pengambilan metan (*methan catcher*) dapat diringkas adalah sebagai berikut:

1. Limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi CPO dialirkan ke masuk ke *mill fat fit (existing)*.
2. Limbah cair dialirkan dengan bantuan pompa transfer ke tangki ekualisasi (*equalisation tank*). Limbah cair diaduk untuk mendapatkan kondisi homogen.
3. Limbah dipompakan ke kolam pendingin untuk menurunkan temperatur air limbah.
4. Limbah yang temperaturnya sudah turun selanjutnya dipompakan ke tangki buffer (*buffer tank*).
5. Dari buffer tank limbah cair dipompakan ke tangki reaktor (reactor tank). Limbah cair kembali diaduk secara terus menerus dengan ditambah bakteri untuk menghasilkan gas metan. Dari reaktor ini akan dihasilkan gas metan dan cairan limbah sisa.
6. Dari reaktor ini akan dipisahkan antara gas metan dengan gas lainnya dari fase cair limbah. Gas metan yang dihasilkan dialirkan ke gas holder dan selanjutnya akan dialirkan ke boiler untuk digunakan sebagai bahan bakar (*co-firing*). Untuk sistem pengamanan kelebihan tekanan atau masalah pada boiler gas akan dibakar di *flare stack* (sebagai *safety device*).
7. Dalam reaktor, cairan dan lumpur akan dipisahkan. Limbah cair yang berbusa akan dialirkan ke foam arrestor, sedangkan sludge akan disirkulasi kembali untuk dipompakan kembali ke tangki reaktor.
8. Limbah cair sisa pengolahan dalam reaktor akan dipompakan kembali ke kolam IPAL PKS (kolam 2).
9. Tahapan terakhir adalah limbah cair yang telah masuk ke IPAL

	<p>dan diolah akan digunakan kembali ke lahan sebagai pupuk organik (aplikasi limbah atau <i>land application</i>).</p> <p>10. Gas sisa dari proses produksi metan akan dibakar di <i>flare</i> agar tidak mencemari lingkungan.</p> <p>PKS PLD yang mempunyai kapasitas olah 45 ton TBS/jam mengolah sekitar 120.000 m<sup>3</sup> limbah cair POME per tahun. Pengurangan emisi GRK dari beroperasinya proyek diperkirakan akan mencapai rata-rata 18.524 tCO<sub>2</sub>e per tahun.</p>
--	---

### A.3. Identitas Peserta Skema SPEI

Organisasi/Entitas	PT. Perkebunan Nusantara IV Regional III, PKS Lubuk Dalam
Jenis Organisasi/Entitas	PT. Perkebunan Nusantara IV Regional III, PKS Lubuk Dalam
Peran dalam Aksi Mitigasi	Pemilik serta pengelola aksi mitigasi yang diusulkan
Bagian Kepemilikan SPE-GRK:	100 persen
Nama perwakilan	Jatmiko K. Santosa
Jabatan	Direktur Utama
Telepon	0761-66565/08126862788
Email	<a href="mailto:ptpn5@ptpn5.co.id">ptpn5@ptpn5.co.id</a>
Website	<a href="https://ptpn5.com">https://ptpn5.com</a>
Alamat	Jalan Rambutan No.43, Pekanbaru
Kecamatan	Marpoyan Damai
Kabupaten/Kota	Pekanbaru
Provinsi	Riau
Kode Pos	28294

### A.4. Identitas Perwakilan dan Narahubung

Organisasi	PT Perkebunan Nusantara IV Regional III
Nama lengkap	Jhon Pieter Sitanggang
Jabatan	Kasubag Sistem Manajemen dan Sustainability
Handphone	081371872875
Email	<a href="mailto:sistemmanajemenregional3@gmail.com">sistemmanajemenregional3@gmail.com</a>

### A.5. Lokasi aksi mitigasi, termasuk koordinat lintangnya

Dusun/ Desa/ Kelurahan	Desa Lubuk Dalam, Sialang Baru dan Koto gasib (Kampung Pangkalan Pisang)
Kecamatan	Lubuk Dalam

Kabupaten / Kota	Siak
Provinsi	Riau
Kode Pos	28655
Longitude/Latitude	N 00°37'47,6" E 101°46'04,0".

#### A.6. Durasi Proyek

Tanggal Mulai Durasi Proyek	19 November 2021
Durasi Proyek yang Dipilih	7 tahun dan dapat diperpanjang

#### A.7. Kontribusi untuk Pembeli Kredit GRK:

Tidak ada
-----------

#### A.8. Analisa *Additionality*

Tanggal mulai aksi mitigasi	19 November 2021
Apakah aksi mitigasi ini diwajibkan oleh kebijakan pemerintah?	Aksi mitigasi (proyek) yang diusulkan bukan merupakan kewajiban yang harus dilaksanakan menurut hukum, Undang-undang ataupun Peraturan Pemerintah. Dengan pemanfaatan biogas hasil pengolahan limbah POME dalam bio digester dengan teknologi CIGAR untuk bahan bakar boiler, maka proyek akan mengurangi emisi GRK terhadap pengolahan limbah POME jika tanpa penangkapan biogas.
Hambatan pelaksanaan	<b>Hambatan Investasi</b>  Pengolahan limbah cair POME secara anaerob dalam kolam terbuka menjadi pilihan untuk diterapkan meski menghasilkan emisi GRK yang lebih tinggi dibanding usulan aksi mitigasi (proyek) karena biaya investasi yang mahal untuk penangkapan biogas. Pendirian sistem biogas dari POME memerlukan investasi awal yang tinggi dalam hal teknologi dan infrastruktur. Beberapa produsen kelapa sawit mungkin enggan mengadopsi teknologi ini karena alasan biaya.  Pelaksanaan pengolahan limbah dengan sistem kolam terbuka saat ini telah memenuhi peraturan yang ada untuk membuang limbah hasil pengolahan ke lingkungan. Tidak ada insentif bagi PKS yang diberikan oleh pemerintah dengan

menginvestasikan sistem penangkapan biogas / metan. Sementara biaya operasinya diperkirakan mencapai sekitar Rp 1,34 miliar/tahun.

Untuk aksi mitigasi yang diusulkan diperlukan biaya investasi sebesar Rp 14,7 miliar, dimana terdiri sebagai berikut:

- Pekerjaan pendahuluan (pengukuran lahan, uji tanah, pembuatan pagar sementara dan lain-lain).
- Pekerjaan engineering (FEED, DED, dan lain-lain)
- Pekerjaan pengadaan (mekanikal, elektrik & instrumen, peralatan lab, dan lain-lain)
- Pekerjaan konstruksi dan instalasi (sipil, fabrikasi & instalasi pipa, mekanikal, elektrik & instrumentasi, dan lain-lain)
- *Testing & Commissioning*

Produksi biogas yang didapat dari aksi mitigasi ini lebih kecil dibandingkan dengan hasil perhitungan yang ada di studi kelayakan (*Feasibility Study/FS*). Sehingga pendapatan aksi mitigasi juga relatif kecil dibandingkan hasil perhitungan FS. Mengacu pada biaya investasi dan O&M, maka kelayakan dari aksi ini diperlihatkan pada tabel berikut ini.

Tabel 1: Hasil perhitungan IRR proyek untuk proyek yang diusulkan

IRR proyek tanpa pendapatan dari penjualan karbon (FS)	16.68%
IRR proyek tanpa pendapatan dari penjualan karbon (Kondisi saat ini)	9,63%

Berdasarkan analisis dalam studi kelayakan, suku bunga pinjaman dalam mata uang rupiah untuk pinjaman investasi dari bank Swasta Nasional rata rata dalam kurun waktu 2015-2019 adalah sebesar 10,37%. Dengan suku bunga sebesar 10,37% dan tingkat pengembalian internal (IRR) proyek sebesar 9,63%, dapat disimpulkan bahwa IRR proyek berada di bawah suku bunga yang digunakan sebagai tingkat diskon (10,37%). Oleh karena itu, proyek pembangkit biogas dapat dianggap tidak memenuhi syarat dalam hal kelayakan finansial karena tingkat pengembalian yang dihasilkan lebih rendah daripada tingkat yang diharapkan.

### **Hambatan Teknologi**

Teknologi Anaerobic Digester yang diterapkan pada baseline menjadi alternatif teknologi dari proyek dengan risiko operasional yang lebih rendah dan garansi performance yang lebih baik. Selain itu, umumnya kurangnya ahli teknik CIGAR untuk diterapkan pada proyek / menangani teknologi ini; diantaranya system flaring, peralatan monitoring serta pemahaman sifat-sifat mikroorganisme dalam limbah POME berkaitan dengan kebutuhan biogas untuk pengolahan di

	<p>PKS.</p> <p>Pemanfaatan biogas plant saat ini belum optimal sehingga hasil biogas belum optimal yang akhirnya mengakibatkan eksese cangkang sebagai pendapatan utama proyek ini belum maksimal, hal ini menjadi hambatan utama proyek biogas Lubuk Dalam. Meskipun desain awalnya dirancang untuk mengolah tandan buah segar (TBS) sebesar sekitar 267.900 ton per tahun, namun hingga tahun 2022, tidak sampai 190.000 ton TBS per tahun yang berhasil diolah. Hal ini menunjukkan bahwa ada kesenjangan antara kapasitas desain dan kapasitas yang sebenarnya dapat diolah oleh teknologi yang digunakan. Bahkan di awal operasi proyek hanya mengolah POME kurang dari separuh dari kapasitas desainnya.</p> <p>Untuk mengatasi hambatan ini maka diperlukan protocol O &amp; M (Operation &amp; Maintenance) yang rinci, termasuk memonitor aksi mitigasi secara cermat sehingga pengurangan emisi GRK terverifikasi dan diakui secara internasional.</p> <p><b>Kesimpulan</b></p> <p>Dari analisa hambatan diatas dapat disimpulkan bahwa aksi mitigasi tidak akan terjadi tanpa adanya tambahan pendapatan dari penjualan penurunan emisi GRK (melalui kredit CER). Usulan proyek (aksi mitigasi) telah mengikuti perundang-undangan dan peraturan pemerintah yang berlaku serta peraturan yang berlaku di industri kelapa sawit.</p>
--	--

#### A.9. Lain-lain

Dari penggunaan sistem biogas co-firing ini, jumlah emisi Gas Rumah Kaca yang dapat dikurangi juga dapat diketahui, dimana data ini dapat mendukung untuk pelaksanaan sertifikasi ISCC.

Penjualan cangkang (pendapatan utama) merupakan pendapatan dari proyek ini.

### B. Penerapan metodologi yang telah disetujui

#### B.1. Pemilihan Metodologi

Judul metodologi	<p>Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (Palm Oil Mill Effluent, POME) dengan Metode Methane Capture dan Pengomposan (MSLI-009)</p> <p>Dengan referensi mengacu pada <i>AMS-III.H (Approved Methodology), Version 19: Methane recovery in wastewater treatment</i></p>
Jenis metodologi yang digunakan	<p>Metodologi yang diterapkan pada usulan aksi mitigasi ini adalah MSLI-009 yang terdapat di SRN Dan AMS-III.H (Approved Methodology), Version 19: Methane recovery in waste treatment dimana metodologi ini ditetapkan oleh UNFCCC</p>



Nomor metodologi	Nomor metodologi yang diadopsi usulan aksi mitigasi adalah MSLI-009 dengan nomor SK.36/PPI/IGAS/PPI.2/11/2021 dengan referensi mengacu pada AMS-III.H dengan versi 19 (Methane recovery in waste treatment – Version 19) <sup>1</sup>
------------------	---

B.2. Penjelasan bagaimana aksi mitigasi memenuhi kriteria/persyaratan dari metodologi yang digunakan

No.	Kriteria kelayakan penerapan metodologi	Pelaksanaan oleh Peserta Skema SPEI
1.	Methane capture dari system pengolahan POME yang dioperasikan diatas tahun 2010.	Proses pengolahan limbah POME dengan methane capture dioperasikan pada tanggal November 2021 sesuai dengan dokumen BA serah terima, BA decomissioning, dll.
2.	Pemanfaatan POME untuk pengomposan EFB	Tidak relevan
3.	<p><b>Scope</b> penerapan MSLI-009 yang mengacu pada AMS III.H., Versi 19</p> <p>Metodologi ini terdiri dari langkah-langkah yang menangkap biogas dari bahan organik biogenik dalam air limbah menggunakan salah satu, atau kombinasi, dari opsi berikut:</p> <p>(a) Penggantian sistem pengolahan air limbah aerob atau lumpur dengan sistem pengolahan air limbah secara anaerob dengan menangkap dan membakar biogas.</p> <p>(b) Pengenalan sistem pengolahan lumpur secara anaerob dengan penangkapan dan pembakaran biogas pada instalasi pengolahan air limbah tanpa pengolahan lumpur.</p> <p>(c) Pengenalan penangkapan dan pembakaran biogas pada sistem pengolahan lumpur.</p> <p>(d) Pengenalan penangkapan dan pembakaran biogas pada sistem pengolahan air limbah anaerob seperti seperti reaktor anaerob, laguna, tangki septik atau <i>on-site</i> instalasi pabrik.</p> <p>(e) Pengenalan pengolahan air limbah</p>	<p>Usulan aksi mitigasi meliputi pengadaan system AD tertutup dengan teknologi CIGAR dengan penangkapan biogas untuk bahan bakar di boiler (co-firing).</p>

<sup>1</sup> <https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/K7FDTJ4FL3432I1UKRNKLDCUFAMBX7>

	<p>anaerob dengan penangkapan dan pembakaran biogas, dengan atau tanpa pengolahan lumpur secara anaerob, ke aliran air limbah yang tidak diolah.</p> <p>(f) Pengenalan pengolahan air limbah bertahap dengan penangkapan dan pembakaran biogas, dengan atau tanpa pengolahan lumpur, pada sistem pengolahan air limbah secara anaerob tanpa penangkapan biogas (misalnya pengenalan pengolahan dalam reaktor anaerob dengan penangkapan biogas sebagai langkah pengolahan berurutan untuk air limbah yang saat ini sedang diolah di laguna anaerob tanpa penangkapan metana).</p>	
	<b>Terapan</b>	
2.	<p>Dalam kasus-kasus di mana sistem dasar adalah anaerobic laguna, metodologi ini dapat diterapkan jika:</p> <p>(a) Laguna adalah kolam dengan kedalaman lebih dari dua meter, tanpa aerasi. Nilai untuk kedalaman adalah diperoleh dari dokumen desain teknik, atau melalui pengukuran langsung, atau dengan membagi luas permukaan dengan volume total. Jika laguna tingkat pengisian bervariasi secara musiman, rata-rata dari tertinggi dan terendah dapat diambil;</p> <p>(b) Suhu lingkungan di atas 15°C, setidaknya selama sebagian tahun, rata-rata bulanan;</p> <p>(c) Interval minimum antara dua peristiwa pembuangan lumpur harus 30 hari.</p>	<p>Pada skenario baseline, sistem kolam terbuka dengan kondisi kolam sebagai berikut:</p> <p>Kedalaman saat ini di Lubuk Dalam:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kedalaman lebih dari dua meter, yaitu dengan kedalaman 3-5 meter, tanpa aerasi</li> </ul> <p>Suhu rata-rata ambien / lingkungan PKS Lubuk Dalam dan sekitar pengolahan limbah lebih dari 15°C, yaitu sekitar 25-32°C sepanjang tahun, (rata-rata).</p> <p>Sludge removal terjadi sekitar sekali setiap enam bulan</p>
3.	<p>Biogas yang ditangkap dari tindakan di atas juga dapat digunakan untuk penerapan berikut selain pembakaran/pembakaran:</p> <p>(a) Pembangkitan energy panas, mekanik atau listrik secara langsung;</p> <p>(b) Pembangkitan energi termal, mekanik atau listrik setelah pembotolan biogas yang dimurnikan, dalam hal ini panduan tambahan yang diberikan dalam Lampiran 1 harus diikuti; atau</p>	<p>Biogas yang ditangkap akan digunakan untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Membangkitkan panas untuk keperluan pengolahan kelapa sawit PKS PLD, dengan cara dibakar dalam boiler (co-firing dengan cangkang) tanpa dilakukan pemurnian biogas.</li> </ul>

	<p>(c) Pembangkitan energi panas, mekanik atau listrik energi termal, mekanik atau listrik setelah pemurnian dan distribusi, dalam hal ini panduan tambahan yang diberikan dalam Lampiran 1 harus diikuti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(i) Pemurnian dan injeksi biogas ke dalam jaringan distribusi gas alam tanpa kendala transmisi yang signifikan; atau</li> <li>(ii) Peningkatan dan pengangkutan biogas melalui jaringan pipa khusus ke sekelompok pengguna akhir; atau</li> <li>(iii) Pemurnian dan pengangkutan biogas (seperti dengan truk) ke titik distribusi untuk pengguna akhir</li> </ul> <p>(d) Produksi hidrogen;</p> <p>(e) Penggunaan sebagai bahan bakar dalam transportasi setelah pemurnian.</p>	
4.	Jika biogas yang dimurnikan digunakan untuk usulan aksi mitigasi yang tercakup dalam paragraf 3 (a), maka komponen kegiatan proyek tersebut dapat menggunakan metodologi yang sesuai di bawah Tipe I.	Pada usulan aksi mitigasi, biogas yang ditangkap dan kemudian dibakar dalam boiler tanpa dilakukan pemurnian terlebih dahulu.
5.	Untuk kegiatan proyek yang tercakup dalam paragraph 4 (b), jika botol dengan biogas yang telah dimurnikan dijual di luar batas aksi mitigasi, penggunaan akhir dari biogas harus dipastikan melalui kontrak antara penjual biogas dalam kemasan dan pengguna akhir. Pengurangan emisi tidak dapat diklaim dari penggantian bahan bakar dari penggunaan akhir biogas dibatalkan (kemasan) dalam situasi seperti itu. Namun jika penggunaan akhir dari biogas dalam kemasan termasuk dalam batas aksi mitigasi dan dipantau selama periode pemberian kredit emisi CO <sub>2</sub> yang dihindari oleh perpindahan bahan bakar fosil dapat diklaim di bawah metodologi Tipe I yang sesuai, misalnya AMS-I.C "Produksi energi termal dengan atau tanpa listrik".	Usulan aksi mitigasi tidak melibatkan pengemasan biogas dalam botol.
6.	Untuk kegiatan proyek yang tercakup dalam paragraf 4 (c) (i), pengurangan emisi dari penggantian penggunaan gas alam memenuhi syarat di bawah metodologi ini, asalkan cakupan geografis dari jaringan distribusi gas alam berada di dalam batas-batas wilayah	Usulan aksi mitigasi tidak melibatkan pemurnian biogas serta pendistribusian ke tempat lain diluar PKS PLD.

	negara tuan rumah.	
7.	Untuk kegiatan proyek yang tercakup dalam paragraf 4 (c) (ii) pengurangan emisi untuk penggantian penggunaan bahan bakar dapat diklaim dengan mengikuti ketentuan dalam metodologi tipe I yang sesuai, misalnya AMS-I.C.	Usulan aksi mitigasi tidak melibatkan pendistribusian biogas ke tempat lain diluar penggunaan dalam PKS PLD.
8.	Khususnya, untuk kasus 4 (b) dan (c) (iii), kebocoran fisik selama penyimpanan dan pengangkutan biogas yang telah dimurnikan, serta emisi dari bahan bakar fosil yang dikonsumsi oleh kendaraan pengangkut biogas harus dipertimbangkan. Prosedur yang relevan dalam paragraf 18 dari lampiran 1 dari AMS-III.H "Penangkapan metana dalam pengolahan air limbah" harus diikuti dalam hal ini.	Usulan aksi mitigasi tidak melibatkan pemurnian, penyimpanan serta pengangkutan, biogas yang ditangkap dialirkan ke boiler milik PKS PLD untuk kebutuhan pengolahan dalam PKS.
9.	Untuk kegiatan proyek yang tercakup dalam paragraf 4 (b) dan (c), metodologi ini dapat diterapkan jika kandungan metana yang ditingkatkan dari biogas berada dalam sesuai dengan peraturan nasional yang relevan (jika ada) atau, jika tidak ada peraturan nasional yang relevan (jika ada) atau, jika tidak ada peraturan nasional, minimal 96% (berdasarkan volume).	Usulan aksi mitigasi tidak melibatkan pemurnian biogas maupun pengemasan biogas dalam botol serta mendistribusikan ke luar PKS PLD.
10.	Jika biogas yang ditangkap digunakan untuk proyek kegiatan yang tercakup dalam paragraf 3 (d), bahwa komponen kegiatan proyek harus menggunakan metodologi yang sesuai AMS-III.O: "Hydrogen production using methane extracted from biogas".	Usulan aksi mitigasi tidak menangkap biogas untuk memproduksi hidrogen.
11.	Jika biogas yang ditangkap digunakan untuk proyek kegiatan yang tercakup dalam paragraf 4 (e), bahwa komponen kegiatan proyek harus menggunakan metodologi yang sesuai AMS-III. .AQ.: "Introduction of Bio-CNG in transportation applications".	Usulan aksi mitigasi menangkap biogas untuk bahan bakar boiler namun bukan untuk transportasi.
12.	Fasilitas baru (proyek-proyek GreenfiePLD) dan proyek kegiatan yang melibatkan perubahan peralatan menghasilkan penambahan kapasitas air limbah atau sistem pengolahan air limbah atau lumpur dibandingkan dengan kapasitas kapasitas sistem pengolahan awal yang dirancang hanya memenuhi syarat untuk	Usulan aksi mitigasi tidak melibatkan penambahan kapasitas pengolahan kelapa sawit pada PKS PLD yang dapat menyebabkan penambahan kapasitas limbah POME.

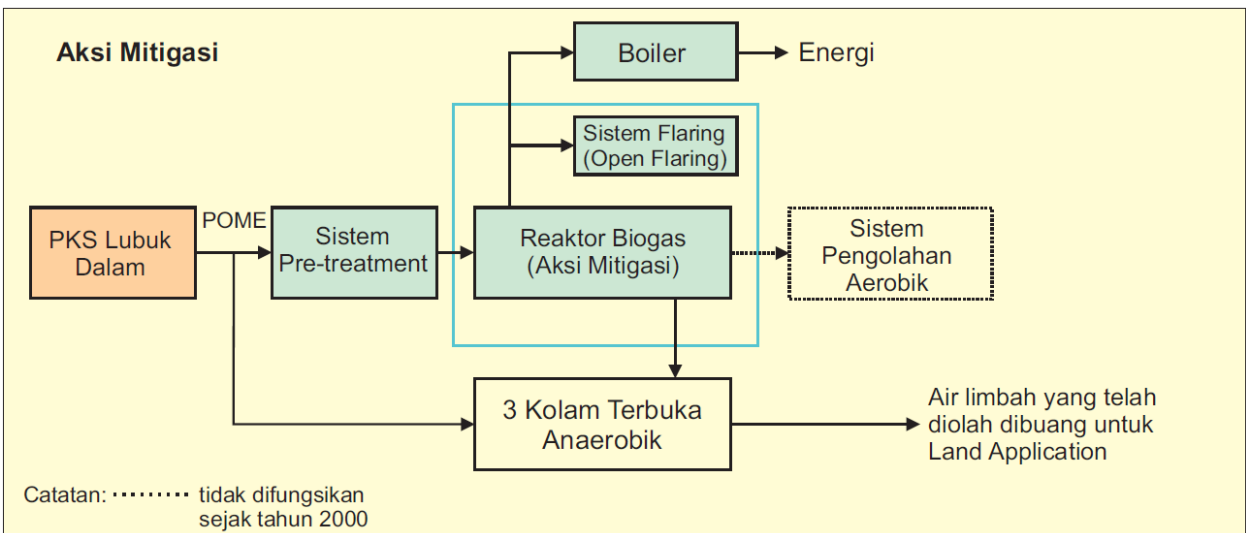
	menerapkan metodologi ini jika memenuhi dengan persyaratan dalam Panduan Umum untuk Metodologi SSC mengenai topik-topik ini. Selain itu, persyaratan untuk demonstrasi sisa masa pakai peralatan yang diganti sebagaimana dijelaskan dalam panduan umum harus diikuti.	
13.	Lokasi instalasi pengolahan air limbah serta sumber penghasil air limbah harus ditentukan secara unik dan dijelaskan dalam DRAM	Detail lokasi dari pengolahan limbah POME serta sumber terjadinya limbah POME tertulis pada DRAM (Paragraf A.5).
14.	Langkah-langkah terbatas pada langkah-langkah yang menghasilkan pengurangan emisi agregat kurang dari atau sama dengan dengan 60 kt CO <sub>2</sub> setara per tahun dari semua komponen kegiatan aksi mitigasi	Usulan aksi mitigasi diperkirakan akan menghasilkan pengurangan emisi kurang atau sama dengan 60 kt CO <sub>2</sub> eq per tahun, dari semua komponen kegiatan aksi mitigasi.

### C. Perhitungan penurunan emisi

#### C.1. Deskripsi Skenario Baseline

##### **Batasan aksi mitigasi / proyek (Project Boundary)**

Batasan proyek adalah lokasi fisik dan geografis dimana limbah cair / POME dan pengolahannya terjadi pada kondisi baseline / dasar dan proyek. Batasan ini meliputi fasilitas yang terpengaruh / terdampak oleh aktivitas proyek dimana pengolahan, transportasi, pemanfaatan serta pembuangan limbah POME dan produksi biogas terjadi.



Gambar 5. Batasan Proyek

Sistem pengolahan limbah untuk aksi mitigasi terdiri dari sistem pre treatment dan sistem pengolahan anaerob dan sistem flaring serta pemanfaatan biogas sebagai bahan bakar di boiler.

Baseline sampling dilakukan untuk memperoleh nilai COD historis, dimana sampling diambil ex ante sebelum POME memasuki baseline treatment system ( $COD_{inflow,i}$ ) dan sebelum limbah POME setelah diolah memasuki kolam aerob ( $COD_{outflow,i}$ )

Pengambilan sampel COD untuk skenario aksi mitigasi /proyek (PJ) diukur secara ex-post, saat memasuki sistem pengolahan dan setelah keluar dari digester anaerobik dan sebelum memasuki sistem kolam aerobik ( $COD_{ww, untreated, y}$ ), setelah pengolahan dalam sistem kolam anaerobik ( $COD_{outflow, k, y}$ ) dan pada saat pembuangan akhir ( $COD_{ww, discharge, PJ,y}$ ).

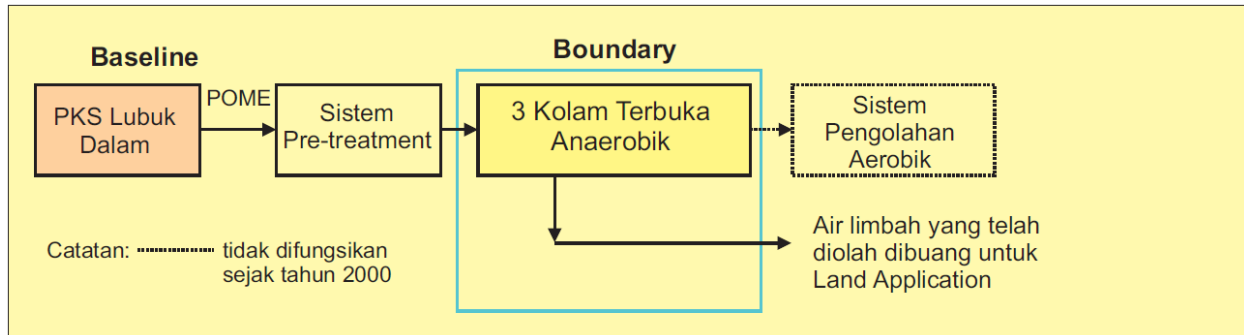
### Baseline pengolahan limbah cair (POME)

Tanpa adanya usulan aksi mitigasi, pengolahan POME dari PKS (Lubuk Dalam) milik PTPN IV Regional III akan terus dilakukan pada sistem kolam pengolahan terbuka seperti baseline. Skenario dasar usulan aksi mitigasi/proyek adalah "Methane recovery in waste water treatment".

Untuk sistem pengolahan POME , baseline diuraikan sebagai berikut:

Pengenalan pemulihan dan pembakaran biogas ke sistem pengolahan air limbah anaerobik seperti reaktor anaerobik, laguna, tangki septik, atau pabrik industri di lokasi. Pada skenario baseline, POME dari kolam pendingin akan memasuki kolam anaerobik terbuka dan pada akhirnya memasuki kolam aerobik. Akumulasi sludge (lumpur) akan secara periodik dikeluarkan (desludged) untuk menghindari masalah siltation. Siltation merujuk pada akumulasi endapan sedimen halus yang disebut silt di dasar kolam. Endapan ini terdiri dari partikel-partikel halus yang lebih kecil dari pasir, tetapi lebih besar dari partikel tanah liat. Siltation dapat terjadi ketika partikel-partikel silt mengendap dan menumpuk di dasar kolam, membentuk lapisan lumpur atau endapan halus yang dapat menyebabkan berbagai masalah.

Untuk skenario baseline, MCF (methane correction factor) diturunkan dari metodologi AMS III.H (Versi 19), dimana kolam-kolam pengolahan POME saat ini mempunyai kedalaman lebih dari dua meter, sehingga digunakan nilai MCF 0,8.



**Gambar 6.** Skenario baseline sistem pengolahan POME dengan kolam terbuka

Pengambilan sampel untuk kampanye historis baseline (BL), diambil sebelum POME memasuki sistem pengolahan baseline ( $COD_{inflow,i}$ ) dan sebelum POME yang diolah memasuki sistem pengolahan aerob ( $COD_{outflow,i}$ ).

### Estimasi emisi baseline

Jumlah biogas yang akan dilepaskan ke atmosfer tanpa adanya usulan aksi mitigasi dapat diestimasikan menurut metodologi AMS III.H., *Methane recovery in wastewater treatment*, Versi 19 sebagai berikut :

- (i) Emisi baseline dari konsumsi listrik (PLN atau *captive power*) atau konsumsi bahan bakar fosil untuk kegiatan pengolahan POME pada tahun  $y$  ( $BE_{power,y}$ );
- (ii) Emisi metana akibat dekomposisi POME dalam sistem pengolahan air limbah pada tahun  $y$  ( $BE_{ww,treatment,y}$ );
- (iii) Emisi metana baseline dari sistem pengolahan sludge (lumpur) yang dipengaruhi aksi mitigasi pada tahun  $y$  ( $BE_{s,treatment,y}$ );
- (iv) Emisi metana baseline dari dekomposisi bahan organik dalam air limbah yang dibuang ke badan air (sungai/danau/laut) atau dimanfaatkan untuk land application ( $BE_{ww,discharge,y}$ );
- (v) Emisi metana baseline dari pembusukan anaerobik pada lumpur akhir yang dihasilkan pada tahun  $y$  ( $BE_{s,final,y}$ ).

Butir-butir diatas dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut

$$BE_y = \{BE_{power,y} + BE_{ww,treatment,y} + BE_{s,treatment,y} + BE_{ww,discharge,y} + BE_{s,final,y}\} \quad \text{Equation (1)}$$

Dimana:

$BE_y$	=	Emisi baseline pada tahun $y$ (t CO <sub>2</sub> e)
$BE_{power,y}$	=	Emisi baseline dari listrik atau kebutuhan bahan bakar pada tahun $y$ (t CO <sub>2</sub> e)
$BE_{ww,treatment,y}$	=	Emisi baseline dari sistem pengolahan limbah yang dipengaruhi oleh aktivitas proyek pada tahun $y$ (t CO <sub>2</sub> e)
$BE_{s,treatment,y}$	=	Emisi baseline dari sistem pengolahan lumpur yang dipengaruhi oleh aktivitas proyek pada tahun $y$ (t CO <sub>2</sub> e)
$BE_{ww,discharge,y}$	=	Emisi baseline metan dari pembusukan karbon organik dari hasil pengolahan POME yang dibuang ke sungai/laut/danau pada tahun $y$ (t CO <sub>2</sub> e)
$BE_{s,final,y}$	=	Emisi baseline metan dari pembusukan anaerob dari lumpur akhir yang diproduksi pada tahun $y$ (t CO <sub>2</sub> e). Jika lumpur dibakar secara terkontrol, dibuang ke tempat pembuangan dengan penangkapan biogas, atau digunakan untuk aplikasi tanah pada skenario baseline, maka ketentuan ini harus diabaikan.

Untuk usulan aksi mitigasi ini, butir (i), (iii), (iv) dan (v) tidak berlaku untuk emisi kegiatan, karena alasan berikut:

- Butir (i),  $BE_{power,y}$ , tidak dapat diterapkan karena listrik sistem pengolahan air limbah POME baseline utamanya bersumber dari generator PKS PLD berbahan bakar cangkang dan serabut, sehingga tidak menghasilkan emisi (carbon netral), maka  $BE_{power,y}=0$ .
- Butir (iii),  $BE_{s,treatment,y}$ , tidak dapat diterapkan karena baseline tidak melakukan sistem pengolahan lumpur.
- Butir (v), setelah pengolahan limbah POME, lumpur yang dihasilkan digunakan sebagai pupuk/soil application, maka  $BE_{s,final,y}=0$ .

Sehingga persamaan (1) untuk menghitung emisi baseline menjadi seperti dibawah ini

$$BE_y = \{BE_{ww,treatment,y}\} \quad \text{Equation (2)}$$

Dimana

$BE_y$	=	Emisi baseline pada tahun $y$ (t CO <sub>2</sub> e)
$BE_{ww,treatment,y}$	=	Emisi baseline dari sistem pengolahan limbah yang dipengaruhi oleh aktivitas proyek pada tahun $y$ (t CO <sub>2</sub> e)



Emisi metan dari sistem pengolahan limbah POME pada baseline yang dipengaruhi aksi mitigasi ( $BE_{ww,treatment,y}$ ) ditetapkan menggunakan COD removal efficiency dari instalasi pengolahan limbah baseline:

$$BE_{ww,treatment,y} = \sum_i (Q_{ww,i,y} \times COD_{inflow,i,y} \times \eta_{COD,BL,i} \times MCF_{ww,treatment,BL,i}) \times B_{o,ww} \times UF_{BL} \times GWP_{CH_4} \quad \text{Equation (3)}$$

Dimana:

- $Q_{ww,i,y}$  = Volume limbah diolah pada sistem  $i$  pengolahan limbah baseline pada tahun  $y$  ( $m^3$ ).
- $COD_{inflow,i,y}$  = Chemical oxygen demand (COD) dari limbah POME cair masuk ke sistem  $i$  pengolahan limbah cair baseline pada tahun  $y$  ( $t/m^3$ ). Nilai rata-rata dapat digunakan melalui sampling dengan tingkat kepercayaan/presisi 90/10.
- $\eta_{COD,BL,i}$  = COD removal efficiency dari sistem  $i$  pengolahan limbah cair baseline
- $MCF_{ww,treatment,BL,i}$  = Methane correction factor sistem  $i$  pengolahan limbah cair POME baseline (MCF values as per Table 2 below)
- $i$  = Index untuk sistem pengolahan limbah  $i$  baseline
- $B_{o,ww}$  = Kapasitas produksi metan dari limbah cair (nilai IPCC  $0.25 \text{ kg CH}_4/\text{kg COD}$ )<sup>2</sup>
- $UF_{BL}$  = Model correction factor untuk memperhitungkan ketidakpastian model  $(0.89)^3$
- $GWP_{CH_4}$  = Global Warming Potential untuk metan

C.2. Semua sumber emisi/serapan GRK-nya yang berkaitan dengan aksi mitigasi dalam skema SPEI

Emisi <i>Baseline</i>			
Sumber-sumber emisi dan/atau serapan	Tipe (jenis) GRK		
Emisi langsung dari	CO <sub>2</sub>	Tidak dihitung	Emisi CO <sub>2</sub> netral dari biomasa

<sup>2</sup> Kegiatan proyek dapat menggunakan nilai default  $0,6 \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD}$ , jika parameter BOD<sub>5,20</sub> digunakan untuk menentukan kandungan organik air limbah. Dalam hal ini, perhitungan baseline dan emisi proyek harus menggunakan BOD sebagai pengganti COD dalam persamaan, dan pemantauan aktivitas proyek harus didasarkan pada pengukuran langsung BOD<sub>5,20</sub>, yaitu estimasi nilai BOD berdasarkan pengukuran COD tidak diperbolehkan.

<sup>3</sup> Referensi: FCCC/SBSTA/2003/10/Add.2, halaman 25.

pengolahan limbah POME			
	CH <sub>4</sub>	Dihitung	Emisi metan dari proses anaerob
	N <sub>2</sub> O	Tidak dihitung	Tidak signifikan, dikecualikan untuk penyederhanaan dan konservatif
Emisi langsung dari proses pembuangan air limbah ke <i>land application</i>	CO <sub>2</sub>	Tidak dihitung	Emisi CO <sub>2</sub> netral dari biomasa
	CH <sub>4</sub>	Dihitung	Emisi metan dari proses anaerob
	N <sub>2</sub> O	Tidak dihitung	Tidak signifikan, dikecualikan untuk penyederhanaan dan konservatif
<b>Emisi Aksi (proyek)</b>			
Sumber-sumber emisi dan/atau serapan	Tipe (jenis) GRK		
Anaerobic Digester (AD) – Covered pond	CO <sub>2</sub>	Tidak dihitung	Emisi CO <sub>2</sub> netral dari biomasa
	CH <sub>4</sub>	Dihitung	Emisi metan dari proses anaerob
	N <sub>2</sub> O	Tidak dihitung	Tidak signifikan, dikecualikan untuk penyederhanaan dan konservatif
Emisi langsung dari proses pembuangan air limbah ke <i>land application</i>	CO <sub>2</sub>	Tidak dihitung	Emisi CO <sub>2</sub> netral dari biomasa
	CH <sub>4</sub>	Dihitung	Emisi metan dari proses anaerob
	N <sub>2</sub> O	Tidak dihitung	Tidak signifikan, dikecualikan untuk penyederhanaan dan konservatif
Generator Set	CO <sub>2</sub>	Tidak dihitung	Emisi CO <sub>2</sub> dari pembakaran solar (bila ada)
	CH <sub>4</sub>	Tidak dihitung	Jumlah gas metan dibakar pada genset akan dimonitor
	N <sub>2</sub> O	Tidak dihitung	Tidak signifikan, dikecualikan untuk penyederhanaan dan konservatif
Emisi langsung dari kebocoran proses penangkapan emisi dari proses pengolahan limbah POME	CO <sub>2</sub>	Tidak dihitung	Emisi CO <sub>2</sub> netral dari biomasa
	CH <sub>4</sub>	Dihitung	Emisi metan dari proses anaerob
	N <sub>2</sub> O	Tidak dihitung	Tidak signifikan, dikecualikan untuk penyederhanaan dan konservatif
Sistem Flaring	CO <sub>2</sub>	Tidak dihitung	Tidak dihitung karena emisi CO <sub>2</sub> dari biogas netral
	CH <sub>4</sub>	Dihitung	Emisi metan karena pembakaran yang tidak sempurna
	N <sub>2</sub> O	Tidak dihitung	Tidak signifikan, dikecualikan untuk penyederhanaan dan konservatif
<b>Emisi Leakage</b>			
Sumber-sumber emisi dan/atau serapan	Tipe (jenis) GRK		
	Dari Metodologi yang diadopsi, MSLI-009 dengan referensi acuan AMS III.H. Versi 19, disimpulkan bahwa karena peralatan yang akan		

	digunakan untuk aksi mitigasi bukan berasal dari aktivitas aksi mitigasi yang lain / proyek lain, maka emisi leakage tidak perlu dipertimbangkan / dihitung.
--	--

## Emisi Aksi Mitigasi

Metodologi yang akan digunakan untuk usulan aksi mitigasi adalah MSLI-009 dengan referensi acuan AMS III.H. Versi 19, "Methane Recovery in Wastewater Treatment". Usulan aksi mitigasi memenuhi persyaratan penerapan seperti yang ditetapkan oleh metodologi yang sudah disetujui AMS III.H.

Emisi menurut metodologi yang dianut akibat beroperasinya aksi mitigasi dapat diuraikan sebagai berikut:

- (i) Emisi CO<sub>2</sub> dari listrik dan bahan bakar yang digunakan oleh berbagai fasilitas aksi mitigasi ( $PE_{power,y}$ );
- (ii) Emisi metan dari sistem pengolahan limbah cair akibat aksi mitigasi dan tidak dilengkapi dengan penangkapan biogas  $PE_{ww,treatment,y}$ .
- (iii) Emisi metan dari sistem pengolahan lumpur akibat aksi mitigasi, dan tidak dilengkapi dengan penangkapan biogas  $PE_{s,treatment,y}$ .
- (iv) Emisi metan dari pembusukan karbon organik pada limbah cair POME yang diolah  $PE_{ww,discharge,y}$ .
- (v) Emisi metan dari pembusukan anaerob dari lumpur akhir yang dihasilkan, setelah aksi mitigasi berjalan  $PE_{s,final,y}$ .
- (vi) Emisi metan dari pelepasan biogas dalam sistem penangkapan aksi mitigasi  $PE_{fugitive,y}$ .
- (vii) Emisi metan dari ketidaksempurnaan flaring (pembakaran)  $PE_{flaring,y}$ .
- (viii) Emisi metan dari penyimpanan biomassa pada kondisi anaerob  $PE_{biomass,y}$ .

Estimasi emisi aksi mitigasi dihitung seperti dibawah ini:

$$PE_y = \begin{cases} PE_{power,y} + PE_{ww,treatment,y} + PE_{s,treatment,y} + PE_{ww,discharge,y} + PE_{s,final,y}, \\ PE_{fugitive,y} + PE_{biomass,y} + PE_{flaring,y} \end{cases} \quad \text{Equation (4)}$$

Dimana:

$PE_y$	Emisi setelah aksi mitigasi berjalan pada tahun y (t CO <sub>2</sub> e)
$PE_{power,y}$	Emisi dari listrik atau konsumsi bahan bakar pada tahun y (t CO <sub>2</sub> e), menggunakan data konsumsi dari semua alat/mesin yang digunakan pada pengolahan limbah untuk menangkap biogas dan flaring.
$PE_{ww,treatment,y}$	Emisi metan dari sistem pengolahan limbah cair yang terdampak aksi mitigasi dan tidak dilengkapi dengan penangkapan biogas, pada tahun y (t CO <sub>2</sub> e).

$MCF_{ww,treatment,PJ,k}$	Methane correction factor untuk sistem k pengolahan limbah cair
$\eta_{PJ,k,y}$	Chemical oxygen demand removal efficiency dari sistem k pengolahan limbah cair pada tahun y ( $t/m^3$ ), diukur berdasarkan inflow COD dan outflow COD pada system k
$PE_{s,treatment,y}$	<p>Emisi metan dari sistem pengolahan lumpur akibat aksi mitigasi, dan tidak dilengkapi dengan penangkapan biogas, pada tahun y (<math>t\ CO_2e</math>). Emisi ini harus dihitung sesuai dengan <i>equation</i> (3) dan (4), menggunakan faktor ketidakpastian sebesar 1,12 dan data yang berlaku untuk situasi proyek (<math>S_{i,PJ,y}</math>, <math>MCF_{s,treatment,i}</math>) dan dengan definisi parameter yang telah diubah sebagai berikut:</p> <p><math>S_{i,PJ,y}</math> Jumlah bahan kering dalam lumpur yang diolah oleh sistem pengolahan lumpur I dalam skenario proyek pada tahun y (t)</p> <p><math>MCF_{s,treatment,i}</math> <i>Methane correction factor</i> untuk sistem i pengolahan lumpur pada aksi mitigasi (nilai MCF seperti Tabel 2 pada metodologi AMS. III.H., Versi 19)</p>
$PE_{ww,discharge,y}$	<p>Emisi <i>methane</i> dari pembusukan karbon organik pada limbah cair POME yang diolah pada tahun y (<math>tCO_2e</math>). Emisi ini harus dihitung sesuai pada AMS. III.H., Versi 19, menggunakan factor ketidakpastian 1,12 dan data yang berlaku untuk kondisi proyek (<math>COD_{ww,discharge,PJ,y}</math>, <math>MCF_{ww,PJ,discharge}</math>) dan dengan perubahan definisi parameter sebagai berikut:</p> <p><math>COD_{ww,discharge,PJ,y}</math> Chemical oxygen demand (COD) dari limbah cair POME diolah yang dibuang ke laut, sungai atau danau pada skenario aksi mitigasi pada tahun y (<math>t/m^3</math>)</p> <p><math>MCF_{ww,PJ,discharge}</math> Methane correction factor berdasarkan jalur pembuangan dari limbah cair pada scenario aksi mitigasi (e.g. ke laut, sungai atau danau) (nilai <i>MCF</i> sebagaimana dalam Tabel 2 pada metodologi AMS-III.H. v19)</p>
$PE_{s,final,y}$	<p>Emisi metan dari pembusukan anaerob dari lumpur akhir yang dihasilkan, setelah aksi mitigasi berjalan pada tahun y (<math>t\ CO_2e</math>). Emisi ini harus dihitung menggunakan faktor ketidakpastian 1,12 dan data yang berlaku untuk kondisi proyek (<math>MCF_{s,PJ,final}</math>, <math>S_{final,PJ,y}</math>). Jika lumpur dibakar secara terkendali, dibuang ke TPA dengan pemulihan biogas, atau digunakan untuk aplikasi tanah dalam kondisi aerobik dalam kegiatan proyek, maka emisi ini akan diabaikan, dan pengolahan dan/atau penggunaan lumpur dan/atau pembuangan akhir harus dipantau selama periode pemberian kredit dengan definisi parameter yang telah direvisi sebagai berikut:</p> <p><math>MCF_{s,PJ,final}</math> Faktor koreksi metana dari lokasi pembuangan yang menerima lumpur akhir dalam situasi proyek, diperkirakan sesuai dengan prosedur yang dijelaskan dalam perangkat metodologi "Emissions from solid waste disposal sites "</p>

	$S_{final,PJ,y}$	Jumlah bahan kering dalam lumpur akhir yang dihasilkan oleh sistem pengolahan air limbah proyek pada tahun $y$ (t)
$PE_{fugitive,y}$		Emisi metan dari pelepasan biogas dalam sistem penangkapan aksi mitigasi pada tahun $y$ (t CO <sub>2</sub> e)
$PE_{flaring,y}$		Emisi metan dari flaring (pembakaran) pada tahun $y$ (t CO <sub>2</sub> e). Untuk estimasi ex ante, perhitungan emisi baseline untuk pengolahan air limbah dan/atau lumpur (yaitu persamaan (2) dan/atau persamaan (3)) dapat digunakan tanpa mempertimbangkan GWP untuk CH <sub>4</sub> . Namun, pengurangan emisi ex post harus dihitung
$PE_{biomass,y}$		Emisi metan dari penyimpanan biomassa pada kondisi anaerob. Jika penyimpanan biomassa dalam kondisi anaerob terjadi dalam proyek dan tidak terjadi pada baseline, emisi metana akibat pembusukan anaerobik biomassa ini harus dipertimbangkan dan ditentukan sesuai prosedur dalam perangkat metodologi " Emissions from solid waste disposal sites " (t CO <sub>2</sub> e)

Untuk kondisi aksi mitigasi yang diusulkan butir-butir berikut tidak berlaku karena alasan berikut:

- Butir (i) tidak dapat diterapkan karena  $PE_{power,y}$  terdiri dari emisi yang berasal dari kebutuhan listrik dan konsumsi bahan bakar fosil. Saat aksi mitigasi berjalan dan AD CIGAR penggunaan listrik PLN atau bahan bakar fosil tidak digunakan sebagai sumber pembangkit listrik, sehingga  $PE_{power,y}=0$ . Penggunaan listrik PLTD (genset) untuk *start up* atau saat AD CIGAR tidak beroperasi diabaikan karena sangat kecil.
- Butir (ii) Aksi mitigasi tidak dapat diterapkan karena nilai COD discharge menggunakan nilai CODout cover lagoon, sehingga emisi dari kegiatan tersebut  $PE_{ww,treatment,y}=0$
- Butir (iii) Aksi mitigasi tidak mengolah lumpur, sehingga emisi dari kegiatan tersebut  $PE_{s,treatment,y}=0$
- Butir (v), lumpur setelah pengolahan limbah cair POME dengan AD CIGAR akan dikeringkan dengan matahari dan digunakan untuk pupuk/*soil application*, sehingga  $PE_{s,final,y}=0$ .
- Butir (viii) juga tidak berlaku karena tidak ada penyimpanan biomassa dalam kondisi anaerob, sehingga  $PE_{biomass,y}=0$ .

Mengacu pada butir-butir diatas yang tidak berlaku untuk aksi mitigasi, maka persamaan menjadi,

$$PE_y = \left\{ PE_{ww,discharge,y} + PE_{fugitive,y} + PE_{flaring,y} \right\} \quad \text{Equation (5)}$$

Dimana

$$PE_{ww,discharge,y} = Q_{ww,y} \times GWP_{CH_4} \times B_{o,ww} \times UF_{PJ} \times COD_{ww,discharge,PJ,y} \times MCF_{ww,PJ,discharge} \quad \text{Equation (6)}$$

Dimana:

$PE_{ww,discharge,y}$	=	Emisi metana dari karbon organik yang dapat terurai dalam air limbah yang diolah pada tahun $y$ (tCO <sub>2</sub> e)
$Q_{ww,y}$	=	Volume air limbah yang diolah yang dibuang pada tahun $y$ (m <sup>3</sup> )
$UF_{PJ}$	=	<i>Model correction factor</i> untuk memperhitungkan ketidakpastian model (1,12)
$COD_{ww,discharge,PJ,y}$	=	Nilai COD (Chemical oxygen demand) pada air limbah yang keluar dari cover lagoon
$MCF_{ww,PJ,discharge}$	=	Faktor koreksi metana berdasarkan jalur pembuangan air limbah dalam skenario proyek (mis. ke laut, sungai, atau danau) (nilai $MCF$ sesuai Tabel 2)

**Emisi aksi mitigasi dari pelepasan metan pada sistem penangkapan metan** ditetapkan sebagai berikut:

**(a) Berdasarkan potensi emisi metan dari limbah cair POME dan/atau lumpur:**

$$PE_{fugitive,y} = PE_{fugitive,ww,y} + PE_{fugitive,s,y} \quad \text{Equation (7)}$$

Dimana:

$PE_{fugitive,ww,y}$	=	Emisi fugitif melalui ketidakefisienan sistem penangkapan biogas pada sistem pengolahan limbah cair secara anaerob pada tahun $y$ (t CO <sub>2</sub> e)
$PE_{fugitive,s,y}$	=	Emisi fugitive melalui ketidakefisienan sistem penangkapan biogas pada sistem pengolahan limbah lumpur secara anaerob pada tahun $y$ (t CO <sub>2</sub> e)

Karena tidak ada pengolahan lumpur, maka  $PE_{fugitive,s,y} = 0$

$$PE_{fugitive,ww,y} = (1 - CFE_{ww}) \times MEP_{ww,treatment,y} \times GWP_{CH4} \quad \text{Equation (8)}$$

Dimana:

$CFE_{ww}$	=	Efisiensi fasilitas penangkapan biogas pada sistem pengolahan limbah cair (nilai default 0,9 harus digunakan)
$MEP_{ww,treatment,y}$	=	Potensi emisi metan dari kolam anaerobik yang dilengkapi dengan sistem penangkapan biogas pada tahun $y$ (t)

$$MEP_{ww,treatment,y}$$

Equation (9)

$$= Q_{ww,y} \times B_{o,ww} \times UF_{PJ} \times \sum_k COD_{removed,PJ,k,y} \\ \times MCF_{ww,treatment,PJ,k}$$

Dimana:

- $COD_{removed,PJ,k,y}$  = Jumlah COD terambil/terolah<sup>4</sup> oleh sistem k dari aksi mitigasi yang dilengkapi dengan penangkapan biogas pada tahun y (t/m<sup>3</sup>)
- $MCF_{ww,treatment,PJ,k}$  = Methane correction factor untuk sistem pengolahan k aksi mitigasi yang dilengkapi dengan penangkapan biogas (nilai  $MCF$  0,8 untuk pengolahan limbah secara anaerob)
- $UF_{PJ}$  = Model correction factor untuk perhitungan ketidakpastian model (1.12)
- $Q_{ww,i,y}$  = Volume limbah diolah pada sistem i pengolahan limbah baseline pada tahun y (m<sup>3</sup>).
- $B_{o,ww}$  = Kapasitas produksi metan dari limbah cair (nilai IPCC 0.25 kg CH<sub>4</sub>/kg COD)<sup>5</sup>

- (b) Secara opsional, nilai default sebesar 0,05 m<sup>3</sup> biogas yang lepas/m<sup>3</sup> biogas yang dihasilkan dapat digunakan sebagai alternatif perhitungan menurut persamaan (9) hingga (13).

Mengingat pada saat sistem AD CIGAR beroperasi, tidak ada sistem pengolahan lumpur, maka nilai  $PE_{fugitive,s,y}=0$ . Sedangkan  $PE_{fugitive,ww,y}$  adalah emisi yang berasal dari ketidakefisienan penangkapan biogas pada sistem pengolahan limbah cair secara anaerob. Sehingga emisi aksi mitigasi karena pelepasan metan pada sistem penangkapan biogas menjadi seperti berikut,

$$PE_{fugitive,y} = PE_{fugitive,ww,y}$$

Equation (10)

Dimana

- $PE_{fugitive,ww,y}$  = Emisi fugitif melalui ketidakefisienan sistem penangkapan biogas pada sistem pengolahan limbah cair secara anaerob pada tahun y (t CO<sub>2</sub>e)

<sup>4</sup> Perbedaan antara COD inflow dan COD outflow.

<sup>5</sup> Kegiatan proyek dapat menggunakan nilai default 0,6 kg CH<sub>4</sub>/kg BOD, jika parameter BOD<sub>5,20</sub> digunakan untuk menentukan kandungan organik air limbah. Dalam hal ini, perhitungan baseline dan emisi proyek harus menggunakan BOD sebagai pengganti COD dalam persamaan, dan pemantauan aktivitas proyek harus didasarkan pada pengukuran langsung BOD<sub>5,20</sub>, yaitu estimasi nilai BOD berdasarkan pengukuran COD tidak diperbolehkan.

$$PE_{fugitive,ww,y} = (1 - CFE_{ww}) \times MEP_{ww,treatment,y} \times GWP_{CH_4} \quad \text{Equation (11)}$$

Dimana:

$CFE_{ww}$  = Efisiensi fasilitas penangkapan biogas pada sistem pengolahan limbah cair (digunakan nilai default 0,9)  
 $MEP_{ww,treatment,y}$  = Potensi emisi metan dari kolam anaerobik yang dilengkapi dengan sistem penangkapan biogas pada tahun y (t)

$$MEP_{ww,treatment,y} \quad \text{Equation (12)}$$

$$= Q_{ww,y} \times B_{o,ww} \times UF_{PJ} \times \sum_k COD_{removed,PJ,k,y} \times MCF_{ww,treatment,PJ,k}$$

Dimana:

$COD_{removed,PJ,k,y}$  = Jumlah COD terambil/terolah<sup>6</sup> oleh sistem k dari aksi mitigasi yang dilengkapi dengan penangkapan biogas pada tahun y (t/m<sup>3</sup>)  
 $MCF_{ww,treatment,PJ,k}$  = Methane correction factor untuk sistem pengolahan k aksi mitigasi yang dilengkapi dengan penangkapan biogas (nilai  $MCF= 0,8$  (IPCC default value, kolam anaerob dalam)  
 $UF_{PJ}$  = Model correction factor untuk perhitungan ketidakpastian model (1.12)  
 $Q_{ww,i,y}$  = Volume limbah diolah pada sistem i pengolahan limbah baseline pada tahun y (m<sup>3</sup>).  
 $B_{o,ww}$  = Kapasitas produksi metan dari limbah cair (nilai IPCC 0.25 kg CH<sub>4</sub>/kg COD)<sup>7</sup>

### Emisi metan karena flaring yang tidak sempurna

Sesuai dengan metodologi AMS.III.H, Versi 19, untuk estimasi *ex ante*, perhitungan emisi baseline untuk pengolahan air limbah dapat digunakan untuk menghitung emisi metan akibat pembakaran yang tidak sempurna, tetapi tanpa mempertimbangkan GWP untuk CH<sub>4</sub>. Namun, pengurangan emisi *ex post* harus dihitung dengan menggunakan data aktual yang dipantau.

<sup>6</sup> Perbedaan antara COD inflow dan COD outflow.

<sup>7</sup> Kegiatan proyek dapat menggunakan nilai default 0,6 kg CH<sub>4</sub>/kg BOD, jika parameter BOD<sub>5,20</sub> digunakan untuk menentukan kandungan organik air limbah. Dalam hal ini, perhitungan baseline dan emisi proyek harus menggunakan BOD sebagai pengganti COD dalam persamaan, dan pemantauan aktivitas proyek harus didasarkan pada pengukuran langsung BOD<sub>5,20</sub>, yaitu estimasi nilai BOD berdasarkan pengukuran COD tidak diperbolehkan.



$$PE_{flaring,y} = \frac{BE_{ww,treatment,y}}{GWPC_{CH_4}} \quad \text{Equation (13)}$$

Dimana

$PE_{flaring,y}$	= Emisi metan dari ketidaksempurnaan flaring (pembakaran) pada tahun $y$ (t CO <sub>2</sub> e)
$BE_{ww,treatment,y}$	= Emisi baseline dari sistem pengolahan limbah yang dipengaruhi oleh aktivitas proyek pada tahun $y$ (t CO <sub>2</sub> e)
$GWPC_{CH_4}$	= Global Warming Potential untuk metan

Diasumsikan untuk parameter  $PE_{flaring,y}$  adalah semua biogas akan masuk ke dalam sistem pembakaran secara *ex-ante* jika tidak ada pemanfaatan. Namun, pengukuran di lokasi selama kegiatan proyek akan ditabulasi secara *ex-post* menggunakan alat metodologi "*Project emission from flaring*" versi 04.0<sup>8</sup> dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- STEP 1: Penentuan aliran masa metana dari gas sisa
- STEP 2: Penentuan efisiensi flaring
- STEP 3: Perhitungan emisi aksi mitigasi dari flaring

### **STEP 1: Penentuan aliran masa metana dari gas sisa**

"*Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream*" versi 03.0<sup>9</sup> harus digunakan untuk menentukan parameter  $F_{CH_4, m}$  (Aliran massa metana dalam aliran gas residu dalam menit  $m$ ).

Persyaratan berikut ini berlaku:

- "*Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream* Versi 03.0 harus diaplikasikan pada gas residu;
- Aliran gas harus diukur secara terus menerus;
- CH<sub>4</sub> adalah gas rumah kaca i yang aliran massanya harus ditentukan;
- Penyederhanaan yang ditawarkan untuk menghitung massa molekul aliran gas adalah valid (persamaan 3 dan 17 dalam Tool ini); dan
- Interval waktu  $t$  dimana aliran massa harus dihitung adalah setiap menit  $m$ .

$F_{CH_4, m}$ , yang diukur sebagai aliran massa selama menit ke- $m$ , akan digunakan untuk menentukan massa metan dalam kilogram yang diumpankan ke flaring pada menit ke- $m$  ( $F_{CH_4, RG, m}$ ).  $F_{CH_4, m}$  harus ditentukan berdasarkan *dry basis*, dan per opsi pengukuran dalam Tool, opsi D dari "*Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream*" versi 03.0 harus digunakan untuk menentukan parameter  $F_{CH_4, m}$ .

Pengukuran aliran *dry basis* tidak dapat dilakukan untuk aliran gas basah. Oleh karena itu, perlu untuk menunjukkan bahwa aliran gas adalah kering dengan menggunakan opsi berikut. Ada dua

<sup>8</sup> <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-06-v4.0.pdf>

<sup>9</sup> <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-08-v3.0.pdf>

cara untuk melakukan ini:

- (a) Ukur kadar air dari aliran gas ( $C_{H_2O, t, db, n}$ ) dan tunjukkan bahwa ini kurang atau sama dengan 0,05 kg  $H_2O/m^3$  gas kering; atau
- (b) Tunjukkan bahwa suhu aliran gas ( $T_t$ ) kurang dari 60°C (333,15 K) pada titik pengukuran aliran.

Aliran massa gas rumah kaca i ( $F_{i,t} = F_{CH_4, RG, m}$ ) ditentukan dengan menggunakan persamaan (5) dan (6) pada " Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream " versi 03.0.<sup>10</sup>

$$F_{CH_4, RG, m} = V_{t, db} \times v_{i, t, db} \times \rho_{i, t}$$

$$F_{i, t} = V_{t, db} \times v_{i, t, db} \times \rho_{i, t}$$

Dengan:

$$\rho_{i, t} = \frac{P_t \times MM_i}{R_u \times T_t}$$

Dimana:

$F_{i, t}$  = Aliran massa gas rumah kaca i dalam aliran gas dalam interval waktu t (kg gas/h)

$V_{t, db}$  = Aliran volumetrik aliran gas dalam interval waktu t pada dry gas ( $m^3$  dry gas/h)

$v_{i, t, db}$  = Fraksi volumetrik gas rumah kaca i dalam aliran gas dalam interval waktu t pada basis kering ( $m^3$  gas i/ $m^3$  dry gas)

$\rho_{i, t}$  = Densitas gas rumah kaca i dalam aliran gas dalam interval waktu t (kg gas i/ $m^3$  gas i)

$P_t$  = Tekanan absolut aliran gas dalam interval waktu t (Pa)

$MM_i$  = Massa molekul gas rumah kaca i (kg/kmol)

$R_u$  = Konstanta gas ideal universal ( $Pa \cdot m^3 / kmol \cdot K$ )

$T_t$  = Suhu aliran gas dalam interval waktu t (K)

Aliran volumetrik aliran gas dalam interval waktu t pada basis kering ( $V_{t, db}$ ) adalah ditentukan dengan mengubah aliran massa aliran gas menjadi aliran volumetrik sebagai berikut

$$V_{t, db} = M_{t, db} / \rho_{t, db}$$

Dimana:

$V_{t, db}$  = Aliran volumetrik aliran gas dalam interval waktu t pada dry gas ( $m^3$  dry gas/h)

$M_{t, db}$  = Aliran massa aliran gas dalam interval waktu t pada dry gas (kg/h)

$\rho_{t, db}$  = Densitas aliran gas dalam interval waktu t pada dry gas (kg dry gas/ $m^3$  dry gas)

Densitas aliran gas ( $\rho_{t, db}$ ) harus ditentukan sebagai berikut:

$$\rho_{t, db} = \frac{P_t \times MM_{t, db}}{R_u \times T_t}$$

<sup>10</sup> <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-08-v3.0.pdf>

Dimana:

$\rho_{t,db}$  = Densitas aliran gas dalam interval waktu t pada dry gas (kg dry gas/m<sup>3</sup> dry gas)

$P_t$  = Tekanan aliran gas dalam interval waktu t (Pa)

$MM_{t,db}$  = Massa molekul aliran gas dalam interval waktu t pada dry gas (kg dry gas/kmol dry gas)

$R_u$  = Konstanta gas ideal universal (Pa.m<sup>3</sup> /kmol.K)

$T_t$  = Suhu aliran gas dalam interval waktu t (K)

Massa molekul aliran gas ( $MM_{t,db}$ ) diperkirakan dengan menggunakan persamaan (3)

$$MM_{t,db} = \sum_k (v_{k,t,db} \times MM_k)$$

Dimana:

$MM_{t,db}$  = Massa molekul aliran gas dalam interval waktu t dengan basis kering (kg gas kering/kmol gas kering)

$v_{k,t,db}$  = Fraksi volumetrik gas k dalam aliran gas dalam interval waktu t dengan basis kering (m<sup>3</sup> gas k/m<sup>3</sup> gas kering)

$MM_k$  = Massa molekul gas k (kg/kmol)

$k$  = Semua gas, kecuali H<sub>2</sub>O, terkandung dalam aliran gas (misalnya N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub> and PFC). Lihat penyederhanaan yang tersedia di bawah ini.

## **STEP 2: Penentuan efisiensi flaring**

Efisiensi flaring bergantung pada efisiensi pembakaran di dalam flaring dan waktu flare beroperasi. Untuk menentukan efisiensi flare tertutup, peserta proyek harus memilih untuk menentukan efisiensi berdasarkan data yang dipantau atau opsi untuk menerapkan nilai default. Untuk suar terbuka, nilai default harus diterapkan. Waktu flare beroperasi ditentukan dengan menggunakan detektor nyala api dan, untuk kasus flare tertutup, sebagai tambahan, persyaratan pemantauan yang disediakan oleh spesifikasi pabrikan untuk kondisi operasi harus dipenuhi.

Aktivitas proyek menggunakan flare terbuka. Dalam kasus suar terbuka, efisiensi suar pada menit ke-m ( $\eta_{flare,m}$ ) adalah 50% ketika nyala api terdeteksi pada menit ke-m ( $Flame_m$ ), jika tidak,  $\eta_{flare,m}$  adalah 0%.

## **STEP 3: Perhitungan emisi aksi mitigasi dari flaring**

Emisi proyek dari *flaring* tertahan di peralatan upgrading tidak perlu dipertimbangkan jika gas buang ( $PE_{vent\ gas, y}$ ) disalurkan ke kantong penyimpanan. Jika gas ventilasi dibakar, emisi akibat pembakaran gas yang tidak sempurna atau tidak efisien akan dihitung dengan menggunakan alat metodologi " Project emissions from flaring ", sebagai berikut:

$$PE_{flare,y} = \sum TMRG, h \times (1 - \eta_{flare,m}) \times GWP_{CH_4}$$

Dimana:

$PE_{flare,y}$  = Emisi aksi mitigasi flaring dari sisa biogas (Residual Gas) pada tahun y (tCO<sub>2</sub>e)

$GWP_{CH_4}$  = Global Warming Potential dari metan (tCO<sub>2</sub>e/tCH<sub>4</sub>)

$$\begin{aligned}
TMRG, h &= \text{Laju aliran massa metana dalam gas residu dalam jam } h \text{ (kg/h)} \\
\eta_{flare, h} &= \text{Efisiensi flare dalam jam } h
\end{aligned}$$

Efisiensi flare  $\eta_{flare, m}$  dalam jam, 0,5

$TM_{RG, h}$  adalah sama dengan sisa gas metana yang dibakar di boiler,  $MG_{burnt, y}$  setelah dikurangi jumlah gas metana yang terlepas pada dari sistem *cover lagoon*,  $PE_{fugitive, ww}$ ,

Pada kajian ini, untuk Project Emission ada tambahan untuk penggunaan listrik untuk mengerakkan pompa sirkulasi sebesar 22 kW, dengan sumber energi dari pembangkit listrik milik PKS. Namun karena listrik untuk suplai listrik pompa sirkulasi berasal dari PKS yang berasal dari sumber energi terbarukan, maka emisi dari sumber listrik tersebut tidak diperhitungkan.

### Kebocoran/Leakage ( $LE_y$ )

Menurut metodologi AMS III.H, Versi 19 yang diadopsi, *leakage* dianggap tidak ada ( $LE_y=0$ ) karena instalasi sistem penangkapan dan pembakaran biogas merupakan sistem/peralatan baru.

### Pengurangan Emisi ( $ER_y$ )

Estimasi pengurangan emisi dihitung dengan persamaan yang diberikan pada baseline, aksi mitigasi dan leakage, sebagaimana berikut:

$$ER_{y, ex\ ante} = BE_{y, ex\ ante} - (PE_{y, ex\ ante} + LE_{y, ex\ ante}) \quad \text{Equation (14)}$$

Dimana:

$$\begin{aligned}
ER_{y, ex\ ante} &= \text{Pengurangan emisi Ex ante pada tahun } y \text{ (t CO}_2\text{e)} \\
LE_{y, ex\ ante} &= \text{Emisi Leakage pada tahun } y \text{ (t CO}_2\text{e)} \\
PE_{y, ex\ ante} &= \text{Emisi aksi mitigasi pada tahun } y \text{ (t CO}_2\text{e)} \\
BE_{y, ex\ ante} &= \text{Emisi baseline Ex ante pada tahun } y \text{ (t CO}_2\text{e)}
\end{aligned}$$

Untuk pengolahan limbah cair POME PKS Lubuk Dalam : ada kemungkinan bahwa kegiatan aksi mitigasi melibatkan sistem pengolahan air limbah dengan faktor konversi metana (MCF) yang lebih tinggi atau dengan efisiensi yang lebih tinggi daripada sistem pengolahan yang digunakan pada situasi awal (baseline). Oleh karena itu, pengurangan emisi yang dicapai oleh kegiatan aksi mitigasi terbatas pada emisi baseline yang dihitung secara ex-post dikurangi dengan emisi aksi mitigasi dengan menggunakan data aktual yang dipantau untuk kegiatan aksi mitigasi. Pengurangan emisi yang dicapai pada setiap tahun adalah nilai terendah dari yang berikut ini:

$$\begin{aligned}
ER_{y, ex\ post} = \min &\left( (BE_{y, ex\ post} - PE_{y, ex\ post} - LE_{y, ex\ post}), (MD_y \right. \\
&\left. - PE_{power, y} - PE_{biomass, y} - LE_{y, ex\ post}) \right) \quad \text{Equation (15)}
\end{aligned}$$

Dimana:

- $ER_{y,ex\ post}$  = Pengurangan emisi yang dicapai oleh aksi mitigasi berdasarkan nilai yang dipantau untuk tahun  $y$  (t CO<sub>2</sub>e)
- $BE_{y,ex\ post}$  = Emisi baseline menggunakan nilai dipantau ex post
- $PE_{y,ex\ post}$  = Emisi aksi mitigasi dihitung menggunakan nilai dipantau ex post
- $MD_y$  = Metan ditangkap dan dihancurkan/ digunakan aksi mitigasi pada tahun  $y$  (t CO<sub>2</sub>e)

Dalam kasus flaring/pembakaran,  $MD_y$  akan diukur dengan menggunakan kondisi proses pembakaran:

$$MD_y = BG_{burnt,y} \times w_{CH_4,y} \times D_{CH_4} \times FE \times GWP_{CH_4} \quad \text{Equation (16)}$$

Dimana:

- $BG_{burnt,y}$  = Biogas<sup>11</sup> flared/dibakar in year  $y$  (m<sup>3</sup>)
- $w_{CH_4,y}$  = Kandungan metan <sup>13</sup> dari biogas pada tahun  $y$  (fraksi volum)
- $D_{CH_4}$  = Densitas metan pada suhu dan tekanan biogas pada tahun  $y$  (t/m<sup>3</sup>)
- $FE$  = Efisiensi flare pada tahun  $y$  (fraksi). Jika biogas dibakar untuk tujuan tertentu, seperti diumpankan ke gas engine, efisiensi 100% dapat diaplikasikan

### C.3. Perkiraan pengurangan emisi dari aksi mitigasi

Tahun	Perkiraan emisibaseline (tCO <sub>2</sub> e)	Perkiraan emisi aksi (tCO <sub>2</sub> e)	Perkiraan emisi <i>leakage</i> (tCO <sub>2</sub> e)	Perkiraan pengurangan emisi (tCO <sub>2</sub> e)
Nov 2021 ~ Oct 2022	9.764	1.500	0	8.264
Nov 2022 ~ Oct 2023	20.302	3.116	0	17.186
Nov 2023~ Oct 2024	23.503	3.469	0	20.034
Nov 2024 ~ Oct 2025	22.238	3.281	0	18.957
Nov 2025 ~ Oct 2026	22.238	3.281	0	18.957
Nov 2026 ~ Oct 2027	22.238	3.281	0	18.957
Nov 2027 ~ Oct 2028	22.238	3.281	0	18.957
Total perkiraan pengurangan emisi (tCO <sub>2</sub> e)				<b>121.312</b>

<sup>11</sup> Biogas volume and methane content measurements shall be on the same basis (wet or dry).

#### C.4. Perkiraan jumlah buffer penjamin permanensi.

*Tidak Relevan*

#### D. Kajian Lingkungan dan Kontribusi pada Pembangunan Berkelanjutan

Apakah aksi mitigasi wajib AMDAL/UKL/UPL?	Kegiatan aksi mitigasi (PTBg) ini merupakan kegiatan yang terintegrasi dengan Perkebunan Kelapa Sawit & penambahan kapasitas pabrik kelapa sawit (Kapasitas PKS Sei Buatan 60 Ton/ jam, Kapasitas PKS Lubuk Dalam 30 Ton TBS/jam menjadi 45 TBS/jam). Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 4 Tahun 2021 tentang Daftar Usaha Dan/Atau Kegiatan yang Wajib Memiliki Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup, Upaya Pengelolaan Lingkungan Hidup Dan Upaya Pemantauan Lingkungan Hidup Atau Surat Pernyataan Kesanggupan Pengelolaan Dan Pemantauan Lingkungan Hidup menyebutkan Pengolahan Minyak Mentah Kelapa Sawit (Crude Palm Oil) terintegrasi dengan kebun kelapa sawit (no KBLI 10431) dan juga kegiatan pembangunan pembangkit tenaga biogas, maka diperlukan AMDAL.
Status dokumen AMDAL/UKL/UPL (bila relevan)	Kegiatan aksi mitigasi (PTBg) ini telah mendapatkan persetujuan Analisa Dampak Lingkungan Rencana Pengelolaan Lingkungan Hidup untuk pembangunan pembangkit tenaga biogas kapasitas 1000 kW <b>dan</b> pembangunan kolam IPAL Domestik dan IPAL PKS Lubuk Dalam.  Dokumen ANDAL RKL/RPL telah disetujui oleh Kepala Dinas Lingkungan Hidup dengan nomor surat keputusan : Surat Keputusan Kepala Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Siak No.660/KPTS/SKKL/DLH-S/01 tertanggal 18 Agustus 2021.
Keterangan singkat tentang kontribusi aksi mitigasi pada pembangunan berkelanjutan	Proyek produksi biogas dari Palm Oil Mill Effluent (POME) di pabrik kelapa sawit Lubuk Dalam dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pembangunan berkelanjutan. Aksi mitigasi ini dapat dikaitkan dengan beberapa Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) sebagai berikut: 1. SDGs 6 : Air Bersih dan Sanitasi Layak Persentase limbah cair industri cair yang diolah secara aman. - POME yang sebelumnya dianggap sebagai limbah cair dilakukan pengelolaan dan dimanfaatkan untuk menghasilkan biogas. Ini mengurangi volume limbah cair yang harus dikelola dan menambah nilai dari proses produksi minyak sawit.

	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. SDGs 7: Energi Bersih dan Terjangkau <ul style="list-style-type: none"> <li>- Penggunaan Energi Terbarukan: Biogas yang dihasilkan dari POME digunakan sebagai bahan bakar di boiler menggantikan fiber dan cangkang, yang merupakan sumber energi terbarukan dan lebih bersih dibandingkan bahan bakar fosil.</li> </ul> </li> <li>3. SDGs 13: Penanganan Perubahan Iklim <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mitigasi Emisi Gas Rumah Kaca: Penggunaan biogas dari POME membantu mengurangi emisi metana, yang merupakan gas rumah kaca dengan potensi pemanasan global yang sangat tinggi. Hal ini sangat penting dalam mitigasi perubahan iklim.</li> </ul> </li> <li>4. SDGs 8: Pekerjaan Layak dan Pertumbuhan Ekonomi <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pendapatan Tambahan: Pengurangan konsumsi cangkang memberikan peluang untuk menjual ekses cangkang sebagai bahan baku atau produk bernilai tambah lainnya. Ini dapat memberikan pendapatan tambahan bagi pemilik proyek.</li> <li>- Penciptaan Lapangan Kerja: Proyek ini juga dapat menciptakan lapangan kerja baru dalam proses pengolahan biogas dan manajemen limbah, memberikan kontribusi pada ekonomi lokal.</li> </ul> </li> </ol>
--	---

#### E. Konsultasi Publik

Pertemuan pemangku kepentingan lokal untuk aksi mitigasi (kegiatan proyek) yang diusulkan ini diadakan pada tanggal 11 Januari 2024 bersama dengan Manajer Pabrik Kelapa Sawit Lubuk Dalam PTPN IV Regional III undangan pertemuan pemangku kepentingan disampaikan kepada dikirimkan kepada masyarakat lokal di sekitar lokasi proyek dan juga kepada Kecamatan Lubuk Dalam (tertanggal 9 Januari 2024).

Agenda pertemuan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Penjelasan tentang proyek aksi mitigasi.
2. Penjelasan mengenai teknologi yang digunakan dalam proyek.
3. Penyampaian program biogas co-firing PKS Lubuk Dalam
4. Kontribusi proyek terhadap pembangunan berkelanjutan.
5. Penurunan emisi gas rumah kaca dalam skema SRN.
6. Sesi tanya jawab.

Para pemangku kepentingan lokal tidak mengajukan keberatan atau kekhawatiran tentang aksi mitigasi (kegiatan proyek) yang disampaikan.

Beberapa saran yang disampaikan diantaranya adalah pembangunan biogas yang ada di PKS LDA diharapkan ini dapat membuka lapangan kerja bagi pemuda-pemudi desa Lubuk Dalam dan sekitar.

Tanggal Konsultasi Publik	Peserta	Catatan dari Konsultasi Publik bagi Aksi Mitigasi	Tindak Lanjut
11 Januari 2024	55 orang	Pemaparan biogas plant yang ada di PKS Lubuk Dalam	---

#### F. Sumber Daya

Alih Teknologi	<p>Untuk mengoptimalkan dan meningkatkan efisiensi proyek biogas plant yang sudah berjalan selama sekitar 2 tahun di pabrik kelapa sawit Lubuk Dalam, berikut adalah kebutuhan alih teknologi dan peningkatan kapasitas yang diperlukan:</p> <p>1. Optimalisasi Teknologi yang Sudah Ada</p> <p>Peningkatan Efisiensi Digester</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluasi Kinerja: Melakukan audit teknis untuk mengevaluasi kinerja digester anaerobik saat ini dan mengidentifikasi area untuk perbaikan.</li> <li>- Teknologi Peningkatan Proses: Implementasi teknologi terbaru untuk meningkatkan efisiensi proses, seperti cara feeding dan pengadukan yang baik.</li> <li>- Pemeliharaan Preventif: Penguatan program pemeliharaan preventif untuk mencegah downtime dan meningkatkan masa pakai peralatan.</li> </ul> <p>Integrasi Boiler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Optimasi Pembakaran: Penyesuaian dan kalibrasi sistem pembakaran boiler untuk meningkatkan efisiensi penggunaan biogas.</li> <li>- Sistem Kontrol Lanjutan: Pemasangan sistem kontrol otomatis yang lebih canggih untuk mengatur aliran biogas dan memonitor kinerja boiler secara real-time.</li> </ul> <p>2. Pengembangan Kapasitas SDM</p> <p>Pelatihan Lanjutan</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pelatihan Teknologi Biogas: Pelatihan bagi operator dan teknisi tentang teknologi biogas yang diterapkan.</li> <li>- Pelatihan Keahlian Spesifik: Pelatihan mendalam tentang aspek-aspek spesifik dari operasional biogas plant, seperti analisis kualitas biogas, optimasi proses, dan troubleshooting.</li> </ul> <p>Pengembangan Manajemen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Manajemen Efisiensi: Pelatihan bagi manajemen tentang metode untuk meningkatkan efisiensi operasional dan pengelolaan sumber daya.</li> <li>- Pengelolaan Proyek: Pelatihan tentang pengelolaan proyek jangka panjang, termasuk perencanaan strategis, manajemen risiko, dan evaluasi kinerja.</li> </ul> <p>3. Sistem Monitoring dan Evaluasi yang Lebih Baik</p> <p>Teknologi Monitoring Canggih</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensor dan Otomatisasi: Pemasangan sensor yang lebih canggih untuk pemantauan parameter proses yang lebih akurat dan otomatisasi sistem kontrol.</li> <li>- Analitik Data: Implementasi software analitik untuk mengolah data dari sensor dan memberikan wawasan mendalam untuk pengambilan keputusan yang lebih baik.</li> </ul> <p>Evaluasi Berkala</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Audit Kinerja Rutin: Melakukan audit kinerja secara berkala untuk memastikan semua sistem beroperasi pada efisiensi maksimum.</li> </ul>
----------------	---



	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pelaporan dan Analisis: Mengembangkan sistem pelaporan dan analisis yang memungkinkan manajemen untuk memantau kinerja secara berkelanjutan dan mengambil tindakan korektif dengan cepat.</li> </ul> <p>4. Riset dan Pengembangan Penelitian Berkelanjutan</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Optimalisasi Proses: Penelitian terus-menerus untuk menemukan cara-cara baru untuk meningkatkan efisiensi konversi POME menjadi biogas.</li> <li>- Pengembangan Teknologi Baru: Kolaborasi dengan lembaga penelitian dan universitas untuk mengembangkan teknologi baru yang dapat diimplementasikan dalam plant.</li> </ul> <p>Studi Kasus dan Best Practices</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Benchmarking: Melakukan benchmarking terhadap plant biogas lain yang sukses untuk mengadopsi best practices.</li> <li>- Workshop dan Seminar: Mengadakan workshop dan seminar untuk berbagi pengetahuan dan pengalaman dengan industri lain dan pakar teknologi.</li> </ul> <p>5. Aspek Keuangan dan Regulasi Skema Pembiayaan dan Investasi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pendanaan Berkelanjutan: Mencari sumber pendanaan baru untuk meng-upgrade teknologi dan meningkatkan kapasitas.</li> <li>- Manfaat Ekonomi: Mengkaji potensi keuntungan ekonomi dari penjualan eksekutif cangkang dan memanfaatkan kemungkinan subsidi atau insentif pemerintah.</li> </ul> <p>Kepatuhan dan Sertifikasi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perizinan dan Standar: Memastikan bahwa semua operasi tetap sesuai dengan peraturan dan standar yang berlaku, termasuk pembaruan sertifikasi yang diperlukan.</li> <li>- Audit Lingkungan: Melakukan audit lingkungan untuk memastikan bahwa plant beroperasi secara ramah lingkungan dan sesuai dengan regulasi.</li> </ul>
Peningkatan Kapasitas	<p>Karyawan dan teknisi terkait aksi mitigasi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Seluruh karyawan dan teknisi terkait aksi mitigasi perlu mendapatkan training mengenai usulan aksi mitigasi yang akan dilakukan (termasuk pelatihan yang sudah diberikan oleh vendor saat pembangunan proyek).</li> <li>- Selain training diatas karyawan dan teknisi yang terkait perlu mendapatkan training tentang monitoring plan: mencakup struktur operasi dan monitoring, parameter dan variabel yang akan dimonitor, prosedur Quality Assurance/ Quality Control (QA/QC) yang diperlukan agar monitoring berjalan sesuai tercatat dan tersimpan dengan benar (termasuk pelatihan yang sudah diberikan oleh vendor saat pembangunan proyek).</li> </ul> <p>Karyawan dan teknisi bagian pengolahan limbah cair POME</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Karyawan dan teknisi perlu mendapatkan training dalam</li> </ul>

	<p>pengolahan limbah cair POME dengan teknologi CIGAR, baik dari sisi proses dan pengoperasian peralatan (termasuk pelatihan yang sudah diberikan oleh vendor saat pembangunan proyek).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Selain mengoperasikan, karyawan / teknisi yang ditunjuk dan bertanggung jawab untuk melakukan pencatatan data dan parameter yang diperlukan dalam monitoring aksi mitigasi PKS PLD, sesuai dengan prosedur monitoring (termasuk pelatihan yang sudah diberikan oleh vendor saat pembangunan proyek).</li> </ul> <p>Karyawan dan teknisi PKS bagian pengoperasian boiler dan biogas burner</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Karyawan dan teknisi perlu mendapatkan training dalam pengoperasian boiler dengan biogas burner, baik dari sisi proses dan pengoperasian peralatan (termasuk pelatihan yang sudah diberikan oleh vendor saat pembangunan proyek)</li> <li>- Selain mengoperasikan, karyawan / teknisi yang ditunjuk dan bertanggung jawab, untuk melakukan pencatatan data dan parameter yang diperlukan dalam monitoring aksi mitigasi PKS PLD, sesuai dengan prosedur monitoring (termasuk pelatihan yang sudah diberikan oleh vendor saat pembangunan proyek)</li> </ul>
--	---

Jumlah kebutuhan pendanaan	Rp 14,7 miliar
Status pendanaan	Kebutuhan pendanaan dipenuhi dari internal PTPN IV Regional III
Asal pendanaan	Pendanaan sendiri
Struktur pendanaan (dalam persen)	Ekuitas: 100% Pinjaman: 0% Hibah: Pasar karbon:

#### G. Pustaka (References)

##### Feasibility Study

Dokumen Adendum Analisis Dampak Lingkungan Rencana Pengelolaan Lingkungan Hidup , Rencana Pemantauan Lingkungan Hidup, Kegiatan Perkebunan Kelapa Sawit & Pabrik kelapa sawit, PT Perkebunan Nusantara V, Pekanbaru 2021

AMS-III.H.: Methane recovery in wastewater treatment --- Version 19.0  
(<https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/K7FDTJ4FL3432I1UKRNKPLDCUFAMBX7>)

#### H. Lampiran-lampiran

*Lampiran 1. Struktur Organisasi Pelaksanaan Pemantauan Aksi Mitigasi*


*Lampiran 2. Lembar rencana pemantauan aksi mitigasi*

*Lampiran 3. Lembar identifikasi dampak dan rencana pemantauan kontribusi terhadap pembangunan berkelanjutan*

*Lampiran 4. Analisa risiko permanensi (khusus aksi mitigasi sektor kehutanan atau sektor lain yang relevan)*

*[Lampiran lain yang mendukung uraian dalam DRAM].*

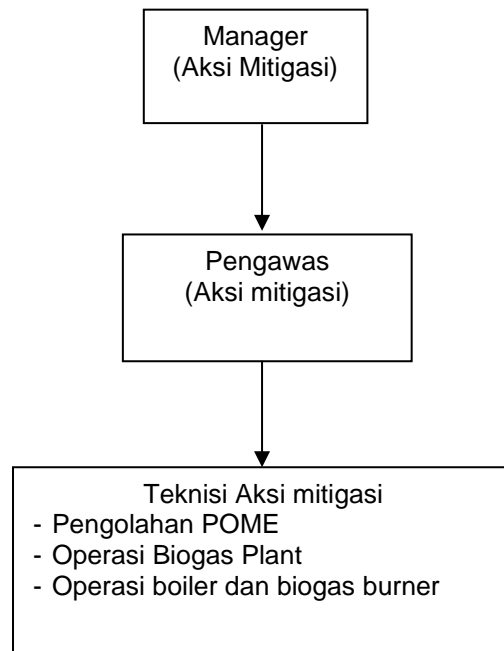
# I. Riwayat perbaikan DRAM

Versi	Tanggal	Keterangan	Pengesahan Perwakilan Penanggung jawab /PelaksanaAksi
Versi 1	15 Maret 2024	Draft pertama untuk pendaftaran di SRN	 Jhon Pieter Sitanggang
Versi 2	27 Juni 2024	Draft kedua setelah validasi DRAM	 Jhon Pieter Sitanggang
Versi 3	5 Juli 2024	Draft ketiga setelah validasi DRAM	 Jhon Pieter Sitanggang
Versi 4	18 Juli 2024	Draft keempat setelah validasi DRAM	 Jhon Pieter Sitanggang

**Lampiran 1. Struktur Organisasi dan Pelaksanaan Pemantauan Aksi Mitigasi [wajib dilampirkan di DRAM]**

Struktur pelaksana pemantauan dan pelaporan:

*Lampiran 1. Struktur organisasi pelaksanaan pemantauan aksi mitigasi*



Jabatan	Peranan
Manager Aksi mitigasi (Manager PKS Lubuk Dalam)	Bertanggung jawab atas seluruh proses operasi Biogas Cofiring
Pengawas Aksi mitigasi (Asisten Teknik PKS Lubuk Dalam)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Melakukan verifikasi data operasi yang dikumpulkan oleh operator teknis aksi mitigasi dan data operasional yang direkam oleh peralatan pemantauan.</li> <li>- Memeriksa ulang peralatan pemantauan yang telah dikalibrasi secara berkala sesuai dengan rekomendasi dari produsen.</li> </ul>
Teknisi Aksi mitigasi (Koordinator dan Operator Biogas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menyiapkan laporan pemantauan bulanan, mengarsipkan data, dokumen, dan laporan operasi aksi mitigasi (Biogas Cofiring).</li> <li>- Mengoperasikan peralatan sesuai dengan SOP Teknis yang berlaku</li> <li>- Mengumpulkan data-data terkait pemantauan Biogas Cofiring</li> <li>- Melaksanakan pemeliharaan peralatan, pengambilan dan pemeriksaan sampel.</li> </ul>

Keterangan tentang prosedur pemantauan dan pelaporan:

**Pelaksanaan Pengelolaan Data:**

1. Pengumpulan Data: Data dikumpulkan secara rutin menggunakan alat ukur yang terkalibrasi, seperti flowmeter dan gas analyzer.

2. Penyimpanan Data: Data disimpan dalam database yang aman selama 10 tahun dan dapat diakses oleh tim yang berwenang.
3. Analisis Data: Data dianalisis menggunakan software excel untuk mengidentifikasi tren dan mengevaluasi kinerja.
4. Pelaporan Data: Laporan rutin disusun dan disampaikan kepada pihak terkait, termasuk validator, untuk verifikasi dan evaluasi.

**Pelaksanaan Quality Assurance/Quality Control (QA/QC):**

1. Verifikasi dan Validasi: Setiap data yang dikumpulkan diverifikasi dan divalidasi oleh tim QA/QC sebelum disimpan dan dianalisis.
2. Prosedur Dokumentasi: Semua langkah QA/QC didokumentasikan secara rinci, termasuk metode pengumpulan data dan hasil verifikasi.
3. Tindakan Korektif: Jika ditemukan ketidaksesuaian atau data yang tidak valid, tindakan korektif segera diambil dan didokumentasikan.

**Pelaksanaan Prosedur Corrective Action:**

1. Identifikasi Masalah: Masalah atau ketidaksesuaian diidentifikasi melalui proses pemantauan dan QA/QC.
2. Analisis Penyebab: Analisis penyebab dilakukan untuk menentukan akar masalah.
3. Implementasi Tindakan: Tindakan korektif diimplementasikan berdasarkan hasil analisis penyebab.
4. Pemantauan Efektivitas: Efektivitas tindakan korektif dipantau secara berkala untuk memastikan bahwa masalah tidak terulang.

**Pelaksanaan Pelatihan:**

1. Program Pelatihan: Program pelatihan disusun dan disesuaikan dengan kebutuhan setiap peran.
2. Pelaksanaan Pelatihan: Pelatihan dilaksanakan secara rutin, baik secara internal maupun oleh pihak eksternal jika diperlukan.
3. Evaluasi Pelatihan: Evaluasi dilakukan setelah setiap sesi pelatihan untuk menilai efektivitas dan mengidentifikasi kebutuhan pelatihan tambahan.

**Pelaksanaan Rencana Kalibrasi Peralatan:**

1. Jadwal Kalibrasi: Jadwal kalibrasi ditetapkan untuk semua peralatan, seperti flowmeter dan gas analyzer.
2. Prosedur Kalibrasi: Prosedur kalibrasi mengikuti panduan yang disediakan oleh produsen peralatan atau standar industri.
3. Dokumentasi: Hasil kalibrasi didokumentasikan dan disimpan sebagai bagian dari catatan pemantauan.
4. Pemantauan dan Pemeliharaan: Peralatan dipantau dan dipelihara secara berkala untuk memastikan kinerja optimal.

Lampiran 2. Lembar Pemantauan Aksi Mitigasi [wajib dilampirkan di DRAM]

J.1. Tabel 1. Parameter-parameter yang dimonitor (*ex post*)

No.	Parameter	Deskripsi	Perkiraan nilai	Satuan	Sumber data	Metode dan prosedur pengukuran	Frekuensi monitoring	Keterangan lainnya
1.	$Q_{ww,i,y}$	Laju alir limbah cair POME	4480	$m^3/bulan$	Logbook/plant record (internal)	Pengukuran dilakukan dengan memasang flow meter (FT-101) yang terletak antara Cooling pond, dekat dengan pompa. Metodenya dilakukan dengan pembacaan display FT-101 secara berkala oleh operator dan dicatat manual menjadi jurnal logbook yang dicatat setiap 2 jam sekali. Kalibrasi akan dilakukan 2 tahun sekali	Dipantau terus menerus setiap 2 jam sekali dengan pembagian shift 3 kali yaitu pagi, sore, dan malam hari.	Flow meter yang dipantau adalah FT-101
2.	$COD_{ww,untreated,y}$ , $COD_{ww,treated,y}$ , $COD_{ww,discharge,PJ,y}$	COD dari limbah cair sebelum dan sesudah s/istem pengolahan yang dipengaruhi oleh aktivitas aksi mitigasi	$COD_{out}$ dan COD discharge 0,006045 tonCOD/m <sup>3</sup>	t COD/m <sup>3</sup>	Hasil uji analisis laboratorium internal	Metode pengukuran COD dilakukann dengan pengambilan sampel setiap seminggu sekali. Sampel diambil di pagi hari sekitar jam 10 pagi. Selanjutnya sampel dilakukan analisis di laboratorium internal. COD diukur melalui pengambilan sampel di	Frekuensi monitoringnya 1 minggu sekali yang di rekap setiap bulan	

						<i>inlet (cooling pond) dan outlet (settling pond).</i>		
3.	$BG_{burnt,y}$	Volume biogas pada tahun y	325 m <sup>3</sup> /jam	m <sup>3</sup>	Logbook/plant record (internal)	Pengukuran dilakukan dengan memasang flow meter (FT-302) yang terletak antara gas train dan burner. Metodenya dilakukan dengan pembacaan display FT-302 secara berkala oleh operator dan dicatat manual menjadi jurnal logbook yang dicatat setiap 2 jam sekali. Kalibrasi akan dilakukan 3 tahun sekali	Dipantau terus menerus setiap jam dan dilaporkan secara rutin setiap bulan	Flow meter yang dipantau adalah FT-302
4.	$w_{CH_4,y}$	Kandungan metana dalam biogas pada tahun y	65	%	Logbook/plant record (internal)	Pemantauan dilakukan dengan <i>Gas Analyzer Portable/Geotech</i>	Pemantauan dilakukan 1x sehari pada sore hari	
5.	$T$	Suhu biogas	36,5	°C	Logbook/plant record (internal)	Pengukuran dilakukan cara pencatatan manual dengan Termometer, suhu yang dipantau adalah suhu yang keluar dari pompa sirkulasi	Dipantau terus menerus setiap 2 jam sekali dengan pembagian shift 3 kali yaitu pagi, sore, dan malam hari.	
6.	$P$	Tekanan biogas	0,2-0,8 mbar	Pa	Logbook/plant record (internal)	Tekanan biogas diukur menggunakan alat ukur <i>Pressure Gauge (PG)</i> . PG 306 dan PG 307. Untuk PG 306 dan PG 307 terletak setelah FT 01 dan sebelum ke	Dipantau terus menerus setiap 2 jam sekali dengan pembagian shift 3 kali yaitu pagi, sore, dan malam hari.	



						boiler. Kalibrasi akan dilakukan setiap 2 tahun sekali.		
--	--	--	--	--	--	---	--	--

[Diisi dengan notasi, satuan, dan keterangan sesuai dengan metodologi yang diterapkan.]

J.2. Tabel 2. Parameter-parameter yang ditetapkan di awal (*ex ante*)

No.	Parameter	Deskripsi	Nilai	Satuan	Sumber data	Keterangan lainnya
1.	$GWP_{CH_4}$	Global Warming Potential of Methane	27,2	-	Mengacu ke metodologi AMS III-H, Versi.19	Sesuai dengan definisi parameter pada AMS III H, Versi.19. Referensi: IPCC AR6 WGI-Climate Change 2021 The Physical Science Basis, Table 7.15)
2.	$B_{o,ww}$	Kapasitas produksi metana dari air limbah	0,25	kg CH <sub>4</sub> / kg COD	Nilai standar IPCC untuk air limbah domestik seperti yang dikutip dalam metodologi AMS III H, Versi.19.	Sesuai dengan definisi parameter pada AMS III H, Versi.19.
3.	$UF_{BL}$	Model correction factor untuk memperhitungkan ketidak pastian model uncertainties	0,89	-	Mengacu ke metodologi AMS III-H, Versi.19	Sesuai dengan definisi parameter pada AMS III H, Versi.19.
4.	$MCF_{ww,treatment, BL, I}$	Model correction factor untuk memperhitungkan ketidak pastian model	0,8	-	IPCC default value dari Tabel 2. pada metodologi AMS III H, V.19 methodology.	Jenis pengolahan air limbah saat ini dan jalur atau sistem pembuangan ke yang akan diterapkan pada proyek ini dari Tabel 2, AMS III.H. Versi 19 adalah <i>Anaerobic deep lagoon</i> (kedalaman lebih dari 2 meter).
5.	$MCF_{ww, BL, discharge}$	Methane Correction Factor berdasarkan jalur pembuangan pada situasi awal dari limbah cair	0,1	-	IPCC default value dari Tabel 2. pada metodologi AMS III H, V.19 methodology.	Pembuangan akhir dalam baseline adalah aplikasi lahan, karena itu jenis pengolahan air limbah dan jalur pembuangan atau sistem yang akan diterapkan pada aksi mitigasi ini akan diterapkan dari Tabel 2, AMS III.H. Versi 19 adalah <i>aerobic treatment, well managed</i> .

6.	$MCF_{ww, treatment, PJ, k}$	Methane Correction Factor untuk sistem pengolahan air limbah proyek k	0,8	Fraksi	IPCC default value dari Tabel 2. pada metodologi AMS III H, V.19 methodology	Jenis pengolahan air limbah saat ini dan jalur atau sistem pembuangan ke yang akan diterapkan pada proyek ini dari Tabel 2, AMS III.H. Versi 19 adalah <i>Anaerobic deep lagoon</i> (kedalaman lebih dari 2 meter).
7.	$MCF_{ww, discharge, PJ, y}$	Methane Correction Factor berdasarkan jalur pembuangan dalam kegiatan proyek situasi air limbah	0,1	Fraksi	IPCC default value dari Tabel 2. pada metodologi AMS III H, V.19 methodology	Pembuangan akhir pada aksi mitigasi adalah aplikasi lahan, karena itu jenis pengolahan air limbah dan jalur pembuangan atau sistem yang akan diterapkan pada aksi mitigasi ini akan diterapkan dari Tabel 2, AMS III.H. Versi 19 adalah <i>aerobic treatment, well managed</i> .
8.	$UF_{PJ}$	Model correction factor untuk memperhitungkan ketidak pastian model	1,12		Mengacu ke metodologi AMS III-H, Versi.19	Sesuai dengan definisi parameter pada AMS III H, Versi.19
9.	$CFE_{ww}$	Efisiensi penangkapan peralatan penangkapan biogas dalam sistem pengolahan limbah cair	0,9	Fraksi	Mengacu ke metodologi AMS III-H, Versi.19	Default value sesuai metodologi AMS III H, Versi.19. (halaman 23)
10.	$D_{CH_4}$	Densitas metan pada temperatur dan tekanan biogas	0,716	$Kg/m^3$	Sebagaimana didefinisikan dalam metodologi pada defined methodological tool "Project emissions from flaring" version 04.0.0, EB 113, lampiran 10 Density dimasukkan ke dalam data ex ante (Data dan parameter yang ditetapkan ex ante) karena merupakan sifat	Mengacu pada Tool06, Tabel 1. <sup>12</sup>

<sup>12</sup> <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-06-v4.0.pdf>

				<p>fisik dasar yang digunakan sebagai parameter tetap dalam perhitungan terkait emisi gas rumah kaca (GRK), khususnya dalam menentukan volume dan massa gas seperti metana. Dalam konteks proyek GRK, density metana pada kondisi standar (misalnya, 0,716 kg/m<sup>3</sup>) sangat penting untuk mengonversi pengukuran volumetrik gas menjadi massa, yang diperlukan untuk pelaporan emisi dan perhitungan pengurangan emisi yang akurat. Dengan menetapkan density secara ex ante, ini memastikan konsistensi dan keandalan dalam perhitungan selama periode proyek, karena density tidak diharapkan berubah pada kondisi standar. Parameter yang sudah ditetapkan sebelumnya ini membantu menghindari ketidakpastian dan memastikan bahwa perhitungan emisi baseline dan proyek didasarkan pada nilai yang distandarisasi dan diterima secara luas.</p>	
11.	$EF_{El,j,y}$	Faktor emisi pembangkitan listrik untuk		tCO <sub>2</sub> e / MWh Alat untuk menghitung emisi baseline, proyek, dan/atau kebocoran dari konsumsi	<p>Nilai 1,3 t CO<sub>2</sub>/MWh jika:<sup>13</sup></p> <p>(i) Sumber konsumsi listrik adalah proyek atau sumber konsumsi listrik yang bocor; atau</p>

<sup>13</sup> <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-05-v3.0.pdf>

		sumber $j$ pada tahun $y$			listrik,	(ii) Sumber konsumsi listrik adalah sumber konsumsi listrik baseline; dan konsumsi listrik dari semua sumber konsumsi listrik baseline di lokasi pembangkit listrik captive kurang dari konsumsi listrik dari semua sumber konsumsi listrik proyek di lokasi pembangkit listrik captive; (b) Nilai 0,4 t CO <sub>2</sub> /MWh jika: (i) Sumber konsumsi listrik adalah sumber konsumsi listrik dasar (ii) Sumber konsumsi listrik adalah sumber konsumsi listrik proyek konsumsi listrik proyek dan konsumsi listrik dari semua sumber konsumsi listrik baseline listrik di lokasi pembangkit listrik captive lebih besar dari konsumsi listrik dari semua sumber konsumsi listrik proyek di listrik proyek di lokasi pembangkit listrik captive.
12.	EC <sub>PJ,j,y</sub>	Jumlah listrik yang dikonsumsi oleh sumber konsumsi listrik proyek $j$ pada tahun $y$	..	MWh/yr	Spesifikasi peralatan untuk peralatan kegiatan proyek	Spesifikasi peralatan /mesin pada aksi mitigasi
13.	TDL <sub>j,y</sub>	Rata-rata kerugian teknis transmisi dan distribusi untuk menyediakan listrik ke sumber $j$ pada tahun $y$	0	-	Tool05 "Baseline, project and/or leakage emissions from electricity consumption and monitoring of electricity generation", versi 03.0. (halaman 7 dan 11)	Dalam kasus skenario B dan skenario C, kasus C.II, asumsikan TDL <sub>j/k/l,y</sub> = 0 sebagai penyederhanaan. Jika skenario lain (skenario A dan skenario C, kasus C.I dan C.III), pilih salah satu opsi berikut: 1. Gunakan nilai rata-rata tahunan berdasarkan data terbaru yang tersedia di negara tuan rumah; 2. Gunakan sebagai nilai default 20% untuk: (a) proyek atau kebocoran sumber konsumsi listrik; (b) sumber konsumsi listrik dasar jika konsumsi listrik oleh semua proyek dan kebocoran sumber konsumsi listrik yang skenario A atau skenario C (kasus C.I atau

						C.III) berlaku lebih besar daripada konsumsi listrik semua sumber konsumsi listrik dasar di mana skenario A atau skenario C (kasus C.I atau C.III) berlaku; 3. Gunakan sebagai nilai default 3% untuk: (a) sumber konsumsi listrik dasar; (b) memproyeksikan dan membocorkan sumber konsumsi listrik jika konsumsi listrik oleh semua proyek dan kebocoran sumber konsumsi listrik yang skenario A atau skenario C (kasus C.I atau C.III) berlaku lebih kecil daripada konsumsi listrik semua sumber konsumsi listrik baseline yang skenario A atau skenario C (kasus C.I atau C.III) berlaku
14.	$SPEC_{flare}$	Manufacturer's flare specifications for temperature, flow rate and maintenance schedule	Lihat spec manufaktur	Suhu ( $^{\circ}C$ ), flow rate (kg/h atau m <sup>3</sup> /h, pemeliharaan (jumlah hari)	Flare manufacturer	
15.	$MM_k$	Massa molekul gas $k$	*	Kg/kmol	Alat untuk menentukan aliran massa gas rumah kaca dalam aliran gas, Versi 0.3.0	
16.	$MM_i$	Massa molekul GRK $i$	**	Kg/kmol	Alat untuk menentukan aliran massa gas rumah kaca dalam aliran gas, Versi 0.3.0	
17.	$R_u$	Konstanta universal ideal gas	8,314	Pa.m <sup>3</sup> /kmol.K	Alat untuk menentukan aliran massa gas rumah kaca dalam aliran gas, Versi 0.3.0	

[Diisi dengan notasi, satuan, dan keterangan sesuai dengan metodologi yang diterapkan.]

Tabel 2.1 Massa Molekul Gas Rumah Kaca k, GRK k (\*), (Parameter MM<sub>k</sub>)<sup>14</sup>

Senyawa (k)	Struktur	Massa molekul (kg/kmol)
Nitrogen	N <sub>2</sub>	28,01
Oksigen	O <sub>2</sub>	32,00
Karbon monoksida	CO	28,01
Hidrogen	H <sub>2</sub>	2,02
Nitrogen monoksida	NO	30,01
Nitrogen dioksida	NO <sub>2</sub>	46,01
Sulfur dioksida	SO <sub>2</sub>	64,06

Tabel 2.2 Massa Molekul Gas Rumah Kaca i, GRK i (\*\*), (Parameter MM<sub>i</sub>)<sup>15</sup>

Senyawa (k)	Struktur	Massa molekul (kg/kmol)
Karbon dioksida	CO <sub>2</sub>	44,01
Metan	CH <sub>4</sub>	16,04
Nitro oksida	N <sub>2</sub> O	44,02
Sulfur hexafluorida	SF <sub>6</sub>	146,06
Perfluoro metan	CF <sub>4</sub>	88,00
Perfluoro etan	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	138,01
Perfluoro propan	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	188,02
Perfluoro butan	C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	238,03
Perfluoro siklo butan	c-C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	200,03
Perfluoro pentan	C <sub>5</sub> F <sub>12</sub>	288,03
Perfluoro heksan	C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>	338,04

J.3. Tabel 3. Perkiraan pengurangan emisi GRK rata-rata per tahun.

Pengurangan Emisi GRK	Unit satuan
17.330	tCO <sub>2</sub> e

[Diisi dengan perkiraan jumlah pengurangan emisi GRK rata-rata dalam satu tahun selama durasi proyek, dalam unit satuan tCO<sub>2</sub> atau tCO<sub>2</sub>e.]

<sup>14</sup> <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-08-v3.0.pdf>

<sup>15</sup> <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-08-v3.0.pdf>

Lampiran 3

Penilaian dan Pemantauan Kontribusi Aksi Mitigasi terhadap Pembangunan Berkelanjutan

**Deskripsi Proyek:**

**Tabel 1.** Matriks Penilaian Resiko Dampak

No.	Indikator	Aspek Terdampak	Kondisi Awal	Kondisi Hipotetis Setelah Aksi Mitigasi	Dampak
<b>1.</b>	<b>Lingkungan</b>				
1.1.	Fungsi ekologis lokal	Fungsi sungai dan serapan air	Sungai di dekat lokasi proyek tidak digunakan sebagai buangan air limbah. Effluent dari biogas plant digunakan untuk land aplikasi.	Tidak ada dampak terhadap fungsi sungai dan serapan air.	<b>0</b>
1.2.	Kuantitas dan kualitas sumber daya alam	Sumber daya air	Sungai terdekat tidak digunakan sebagai tempat pembuangan air limbah.	Debit sungai tidak akan berubah dan tidak ada penurunan kualitas air dari kegiatan konstruksi dan operasi pembangkit tenaga biogas (PTBg) karena tidak ada pembuangan air limbah ke sungai.	<b>0</b>
1.3.	Keanekaragaman hayati	Habitat semak	Tingkat dan kerentanan keanekaragaman hayati dilokasi proyek tidak tinggi mengingat lokasi adalah area lahan kering/kebun dan semak-semak.	Kegiatan proyek tidak akan mengganggu keanekaragaman hayati di sekitar lokasi karena tingkat keanekaragaman hayati tidak tinggi dan pemakaian lahan yang relatif sedikit.	<b>0</b>
1.4.	Kesehatan dan keselamatan	Tenaga kerja	-	Adanya resiko bahaya terhadap kesehatandan keselamatan tenaga	-

				kerja di proyek PTBg.	
1.5.	Penanganan Perubahan Iklim	Udara	Gas metana teremisikan ke atmosfer dengan adanya pengolahan POME dalam kolam terbuka. Berbau	Kegiatan proyek mengurangi emisi gas rumah kaca. Meningkatkan lingkungan kerja bagi para pekerja pabrik karena bau tak sedap dari sistem laguna terbuka dapat dihindari	+
<b>2.</b>	<b>Ekonomi</b>				
2.1.	Pendapatan masyarakat	Perkebunan	Mata pencaharian masyarakat terdekat adalah pekerja perkebunan sawit.	Pendapatan masyarakat tidak terpengaruh dengan adanya PTBg	0
2.2.	Lapangan kerja	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Tenaga kerja konstruksi;</li> <li>– Tenaga kerja operasi</li> </ul>	-	Penambahan tenaga kerja lokal dalam tahap konstruksi; Penambahan tenaga kerja lokal untuk operasi PTBg.	+
2.3.	[indikator tambahan]				
<b>3.</b>	<b>Sosial</b>				
3.1.	Akses pada jasa dan pelayanan umum	Jalan umum	Jalan yang digunakan masyarakat sekitar adalah jalan tanah dan perkebunan.	Infrastruktur jalan aspal akses proyek yang dibangun proyek dapat digunakan masyarakat.	+
3.2.	Integritas sosial	-	Pranata sosial masyarakat adalah struktur adat dan dinas/pemerintahan.	Skala proyek tidak menyebabkan potensi gangguan/perubahan pada pranata sosial yang ada	0
3.3.	Relokasi penduduk	Kepemilikan lahan dan relokasi	Lahan yang digunakan adalah tanah kebun milik PTPN IV Regional III.	Tidak ada perubahan kepemilikan lahan dan tidak ada relokasi penduduk	0
3.4.	Penghormatan budaya	-	-	Pelaksanaan proyek tidak berpotensi	0



				mengganggu warisan budaya dan adatistiadat masyarakat setempat	
3.5.	[indikator tambahan]	-	-	-	-

**Tabel 2.** Matriks Upaya Pengelolaan Dampak Negatif

No.	Indikator	Aspek Terdampak	Uraian Upaya Pengelolaan Dampak	Keterangan
1	Kesehatan dan keselamatan	Tenaga kerja	<ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>Standard Operating Procedure</i> dan panduan Kesehatandan Keselamatan Tenaga Kerja disusun dan disosialisasikan kepada kepada tenaga kerja;</li> <li>– Alat pelindung diri dan peralatan keselamatan di lokasiproyek disediakan sesuai dengan ketentuan yang ada</li> </ul>	-

**Tabel 3.** Matriks Rencana Pemantauan Kontribusi Aksi Mitigasi terhadap Pembangunan Berkelanjutan

No.	SGDs	Aspek Terdampak	Parameter yang Dipantau	Acuan Kinerja	Referensi
1.	SDGs 6 : Air Bersih dan Sanitasi Layak	Limbah cair yang dihasilkan industri	Persentase limbah cair industri cair yang diolah secara aman yaitu 4480 <i>m<sup>3</sup>/bulan.</i>	Jumlah POME yang digunakan untuk Biogas	Laporan pemantauan POME

			Jumlah air limbah domestik dan industri yang diolah sesuai standar baku mutu, mengukur jumlah air limbah yang diproses sehingga memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Tingkat pencemaran air permukaan tidak terpengaruh aktivitas aksi mitigasi.		
2.	SDGs 7: Energi Bersih dan Terjangkau	Penggunaan Energi Terbarukan lebih intensif	Jumlah biogas yang dibakar di boiler sekitar 540 m <sup>3</sup> /jam	Jumlah pembakaran biogas di boiler	Laporan Monitoring (Capaian Aksi Mitigasi)
3.	SDGs 13 : Penanganan Perubahan Iklim	Perubahan Iklim	Potensi penurunan emisi gas rumah kaca (GRK) 121,312 tCO <sub>2</sub> e selama 7 tahun	Jumlah penurunan emisi gas rumah kaca	Laporan Monitoring (Capaian Aksi Mitigasi)
4.	SDGs 8: Pekerjaan Layak dan Pertumbuhan Ekonomi	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Penciptaan lapangan kerjakonstruksi dan pengoperasian PTBg</li> <li>– Pendapatan tambahan bagi Pengusul Proyek</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Jumlah tenaga kerja yang dipekerjakan.</li> <li>– Jumlah penghematan cangkang (menjadi income tambahan)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Jumlah pekerja di PTBg.</li> <li>– Jumlah ekses cangkang</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Dokumen perusahaan/ Kontrak kerja.</li> <li>– Dokumen ekses cangkang</li> </ul>