

## METODOLOGI PENGHITUNGAN REDUKSI EMISI DAN/ATAU PENINGKATAN SERAPAN GRK

A. Informasi Umum	
Judul Metodologi :	Reduksi emisi dari kegiatan <i>Landfill Gas (LFG) Recovery</i> untuk menghasilkan energi listrik, tanpa pengukuran laju alir gas.
Kategori :	Sektor Limbah
Nomor Penetapan :	MSLI - 006
Tanggal Penetapan :	17 Februari 2020
B. Aksi Mitigasi/Proyek	
Deskripsi aksi mitigasi dalam metodologi :	Aksi mitigasi ini bertujuan untuk mengurangi emisi GRK melalui pemanfaatan LFG untuk menghasilkan energi listrik.
Kriteria kelayakan penerapan metodologi :	Metode ini berlaku pada : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pembangkit Listrik Tenaga Sampah melalui pemanfaatan LFG.</li> </ul>
Sumber dan jenis Emisi GRK yang diperhitungkan :	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisi CH<sub>4</sub> dari timbunan sampah organik di TPA dalam batas – batas Proyek pada tahun <math>y</math>, sebagai <b>Emisi Baseline -1 (BE<sub>y,1</sub>)</b>.</li> <li>• Emisi CO<sub>2</sub>e untuk menghasilkan sejumlah energi listrik yang dipasok ke sistem interkoneksi tenaga listrik, yang sedianya dapat diproduksi oleh Proyek pada tahun <math>y</math>, ditetapkan sebagai <b>Emisi Baseline -2 (BE<sub>y,2</sub>)</b>.</li> <li>• Emisi proyek pada tahun <math>y</math> (PE<sub>y</sub>) diperkirakan terjadi dari aktifitas – aktifitas berikut:               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Impor listrik <i>on-grid</i> dan konsumsi bahan bakar fosil untuk aktifitas Proyek (<b>PE<sub>power,y</sub></b>), dalam CO<sub>2</sub>e.</li> <li>b. Flaring/pembakaran dari aliran LFG pada tahun <math>y</math> (<b>PE<sub>flare,y</sub></b>), dalam CH<sub>4</sub></li> <li>c. Proses <i>upgrading</i> LFG pada tahun <math>y</math> (<b>PE<sub>process,y</sub></b>), dalam CH<sub>4</sub></li> </ol> </li> </ul>
Batasan proyek :	Lokasi fisik dan geografis dari (zona atau blok) landfill dimana LFG ditangkap, dihancurkan atau digunakan.
C. Perhitungan Emisi <i>Baseline</i>	
Deskripsi <i>baseline</i> :	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Emisi Baseline -1 (BE<sub>y,1</sub>)</b>: Tanpa aktifitas Proyek, biomassa dan fraksi organik lainnya terdegradasi</li> </ul>

	<p>(dalam batas Proyek), dan CH<sub>4</sub> diemisikan ke atmosfer.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Emisi Baseline -2 (BE<sub>y,2</sub>):</b> Tanpa aktifitas Proyek, jumlah energi listrik yang dipasok ke sistem interkoneksi tenaga listrik harus ditambah sejumlah energi listrik yang sedianya dapat diproduksi oleh Proyek.</li> </ul>
<p>Cara perhitungan emisi <i>baseline</i> :</p>	<p><b>Emisi Baseline -1 (BE<sub>y,1</sub>):</b></p> $BE_{y,1} = [(1 - O_x) \cdot (F_{CH_4,PJ,y} - F_{CH_4,BL,y}) \cdot GWP_{CH_4}]$ $F_{CH_4,PJ,y} = \frac{EG_y \cdot 3600}{NCV_{CH_4} \cdot EE_y} \cdot D_{CH_4}$ <p>dimana:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ER<sub>y,calculated</sub>: reduksi emisi (terhitung) pada tahun y, dalam ton CO<sub>2</sub>e</li> <li>- O<sub>x</sub> : faktor oksidasi di permukaan <i>landfill</i></li> <li>- F<sub>CH<sub>4</sub>,PJ,y</sub> : CH<sub>4</sub> ditangkap dan dibakar/digunakan oleh aktifitas proyek pada tahun y, dalam tCH<sub>4</sub>.</li> <li>- F<sub>CH<sub>4</sub>,BL,y</sub> : CH<sub>4</sub> ditangkap dan dibakar/digunakan untuk memenuhi standar nasional, diasumsikan nol.</li> <li>- GWP<sub>CH<sub>4</sub></sub> : <i>Global Warming Potential</i> untuk CH<sub>4</sub></li> <li>- EG<sub>y</sub> : produksi listrik tahun y (MWh-bruto)</li> <li>- 3600 : faktor konversi (1 MWh = 3600 MJ)</li> <li>- NCV<sub>CH<sub>4</sub>,y</sub> : <i>Net Calorific Value</i> dari metana pada tahun y, dalam MJ/Nm<sup>3</sup></li> <li>- EE<sub>y</sub> : <i>Energy Conversion Efficiency</i> pada tahun y, dalam %</li> <li>- D<sub>CH<sub>4</sub>,y</sub> : densitas gas metana pada temperatur/tekanan atmosferik pd tahun y, ton/m<sup>3</sup></li> </ul> <p>Justifikasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- faktor oksidasi di permukaan landfill diabaikan karena mayoritas <i>landfill</i> Indonesia tidak melakukan <i>daily cover</i> (O<sub>x</sub> = 0)</li> <li>- <i>leakage</i> diabaikan karena teknologi penangkapan metana bukan peralatan yang ditransfer dari aktivitas lain (LE<sub>y</sub> = 0)</li> </ul>

	<p><b>Emisi Baseline -2 (EB<sub>y,2</sub>):</b></p> $BE_{y,2} = PL_y \times EFG_{g,y}$ <p>dimana:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- BE<sub>y,2</sub> : Emisi Baseline -2 (dalam batas Proyek) pada tahun y (ton CO<sub>2</sub>e).</li> <li>- PL<sub>y</sub> : Jumlah bersih energi listrik yang disalurkan Proyek ke sistem interkoneksi tenaga listrik pada tahun y (MWh).</li> <li>- EFG<sub>g,y</sub> : Faktor Emisi <i>Grid</i> di sistem interkoneksi tenaga listrik g pada tahun y (ton CO<sub>2</sub>e/MWh).</li> </ul>
<b>D. Perhitungan Emisi Proyek</b>	
Sumber emisi <i>leakage</i>	: LE <sub>y</sub> = 0. Diasumsikan tidak ada <i>leakage</i> di Proyek.
Cara perhitungan emisi proyek	$PE_y = PE_{power,y} + PE_{flare,y} + PE_{process,y}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>PE_{power,y} = \sum_j EC_{PJ,j,y} \times EF_{EL,j,y} + \sum_j FC_{PJ,j,y} \times EF_{F,j,y}</math> Dimana: <ul style="list-style-type: none"> <li>- PE<sub>power,y</sub> : Emisi Proyek dari konsumsi listrik pada tahun y (ton CO<sub>2</sub>e).</li> <li>- <math>\sum_j EC_{PJ,j,y}</math> : Konsumsi listrik (impor) oleh sumber j pada tahun y (MWh).</li> <li>- EF<sub>EL,j,y</sub> : Faktor emisi listrik (on grid) untuk sumber j pada tahun y (ton CO<sub>2</sub>e/MWh).</li> <li>- <math>\sum_j FC_{PJ,j,y}</math> : Konsumsi bahan bakar fosil untuk sumber j pada tahun y (iter).</li> <li>- NCV<sub>F,j,y</sub> : <i>Net calorific value</i> untuk sumber j pada tahun y (TJ/liter).</li> <li>- EF<sub>CO<sub>2</sub>,CH<sub>4</sub>,N<sub>2</sub>O</sub> : Faktor emisi CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O bahan bakar fosil untuk sumber j pada tahun y (ton CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O / TJ).</li> <li>- GWP<sub>CO<sub>2</sub>,CH<sub>4</sub>,N<sub>2</sub>O</sub> : <i>Global Warming Potential</i> untuk CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O.</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li> <math>PE_{flare,y} = \sum_{h=1}^{8760} TM_{RG,h} \times (1 - \eta_{flare,h}) \times \frac{GWP_{CH_4}}{1000}</math>  <math>TM_{RG,h} = F_{RG,h} \times \omega_{CH_4,RG,h} \times D_{CH_4,n}</math>            Dimana:           <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>TM_{RG,h}</math> = Laju alir massa CH<sub>4</sub> dalam residual gas dalam jam <math>h</math> (kg/jam).</li> <li>- <math>\eta_{flare,h}</math> = efisiensi flare dalam jam <math>h</math>.</li> <li>- <math>F_{RG,h}</math> = Laju alir volumetrik gas residu (<i>dry basis</i>) pada kondisi normal dalam m<sup>3</sup>/jam.</li> <li>- <math>\omega_{CH_4,RG,h}</math> = Fraksi volumetrik metana dalam gas residu (<i>dry basis</i>) dalam jam <math>h</math>.</li> <li>- <math>D_{CH_4,n}</math> = Densitas metana pada kondisi normal (= 0,716 kg/m<sup>3</sup>).</li> </ul> </li> <li>- <math>PE_{process,y} = 0</math>. Diasumsikan tidak ada proses <i>up-grading</i> LFG terkait kegiatan proyek.</li> </ul>												
<b>E. Perhitungan Penurunan Emisi</b>													
Cara perhitungan penurunan emisi :	$ER_{y,calculated} = (BE_{y,1} + BE_{y,2}) - PE_y - LE_y$												
<b>F. Rencana Pemantauan:</b>													
Parameter yang dimonitor ( <i>ex post</i> ) :	<table border="1" data-bbox="484 967 1208 1707"> <thead> <tr> <th data-bbox="484 967 621 1064">Parameter</th> <th data-bbox="621 967 735 1064">Sumber data</th> <th data-bbox="735 967 989 1064">Metode dan prosedur pemantauan</th> <th data-bbox="989 967 1208 1064">Frekuensi pemantauan</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="484 1064 621 1193">EG<sub>y</sub></td> <td data-bbox="621 1064 735 1193">Meter arus.</td> <td data-bbox="735 1064 989 1193">Monitoring produksi listrik (bruto) yang tercatat di meter arus.</td> <td data-bbox="989 1064 1208 1193"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="484 1193 621 1707">EE<sub>y</sub></td> <td data-bbox="621 1193 735 1707">Spesifikasi alat</td> <td data-bbox="735 1193 989 1707"> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spesifikasi disediakan oleh pembuat peralatan.</li> <li>• Peralatan tsb harus didesain untuk memanfaatkan biogas sebagai bahan bakar, dan spesifikasi efisiensi adalah untuk biogas.</li> <li>• Jika nilai efisiensi diberikan dalam bentuk kisaran</li> </ul> </td> <td data-bbox="989 1193 1208 1707">Minimal satu kali per tahun, atau setelah pergantian peralatan terkait.</td> </tr> </tbody> </table>	Parameter	Sumber data	Metode dan prosedur pemantauan	Frekuensi pemantauan	EG <sub>y</sub>	Meter arus.	Monitoring produksi listrik (bruto) yang tercatat di meter arus.		EE <sub>y</sub>	Spesifikasi alat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spesifikasi disediakan oleh pembuat peralatan.</li> <li>• Peralatan tsb harus didesain untuk memanfaatkan biogas sebagai bahan bakar, dan spesifikasi efisiensi adalah untuk biogas.</li> <li>• Jika nilai efisiensi diberikan dalam bentuk kisaran</li> </ul>	Minimal satu kali per tahun, atau setelah pergantian peralatan terkait.
Parameter	Sumber data	Metode dan prosedur pemantauan	Frekuensi pemantauan										
EG <sub>y</sub>	Meter arus.	Monitoring produksi listrik (bruto) yang tercatat di meter arus.											
EE <sub>y</sub>	Spesifikasi alat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spesifikasi disediakan oleh pembuat peralatan.</li> <li>• Peralatan tsb harus didesain untuk memanfaatkan biogas sebagai bahan bakar, dan spesifikasi efisiensi adalah untuk biogas.</li> <li>• Jika nilai efisiensi diberikan dalam bentuk kisaran</li> </ul>	Minimal satu kali per tahun, atau setelah pergantian peralatan terkait.										

			(range), maka nilai efisiensi tertinggi yang digunakan dalam perhitungan.																			
Parameter tetap :	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Parameter</th> <th>Sumber data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>O_x</math></td> <td>= 0. Faktor oksidasi di permukaan landfill diabaikan karena mayoritas <i>landfill</i> Indonesia (pada kondisi BAU/eksisting) tidak melakukan <i>daily cover</i>.</td> </tr> <tr> <td><math>GWP_{CH_4}</math></td> <td>= 21 (IPCC (1995): <i>Second Assessment Report</i>)</td> </tr> <tr> <td><math>PE_{flare,y}</math></td> <td>= 0, lihat justifikasi pada poin D.</td> </tr> <tr> <td><math>PE_{power,y}</math></td> <td>= 0, lihat justifikasi pada poin D.</td> </tr> <tr> <td><math>LE_y</math></td> <td>= 0, lihat justifikasi pada poin D.</td> </tr> <tr> <td><math>NCV_{CH_4,y}</math></td> <td>= 35,9 MJ/NM<sup>3</sup>(UNFCC, 2014: Metodologi penghitungan GRK penangkapan LFG skala kecil (<i>small scale LFG recovery</i>)).</td> </tr> <tr> <td><math>EE_y</math></td> <td>40 % (UNFCC, 2014: Metodologi perhitungan untuk <i>small scale LFG recovery</i>)</td> </tr> <tr> <td><math>D_{CH_4,y}</math></td> <td>0,000716 ton/m<sup>3</sup> (ACM 0001 <i>Flaring or use of Landfill Gas</i>).</td> </tr> </tbody> </table>				Parameter	Sumber data	$O_x$	= 0. Faktor oksidasi di permukaan landfill diabaikan karena mayoritas <i>landfill</i> Indonesia (pada kondisi BAU/eksisting) tidak melakukan <i>daily cover</i> .	$GWP_{CH_4}$	= 21 (IPCC (1995): <i>Second Assessment Report</i> )	$PE_{flare,y}$	= 0, lihat justifikasi pada poin D.	$PE_{power,y}$	= 0, lihat justifikasi pada poin D.	$LE_y$	= 0, lihat justifikasi pada poin D.	$NCV_{CH_4,y}$	= 35,9 MJ/NM <sup>3</sup> (UNFCC, 2014: Metodologi penghitungan GRK penangkapan LFG skala kecil ( <i>small scale LFG recovery</i> )).	$EE_y$	40 % (UNFCC, 2014: Metodologi perhitungan untuk <i>small scale LFG recovery</i> )	$D_{CH_4,y}$	0,000716 ton/m <sup>3</sup> (ACM 0001 <i>Flaring or use of Landfill Gas</i> ).
Parameter	Sumber data																					
$O_x$	= 0. Faktor oksidasi di permukaan landfill diabaikan karena mayoritas <i>landfill</i> Indonesia (pada kondisi BAU/eksisting) tidak melakukan <i>daily cover</i> .																					
$GWP_{CH_4}$	= 21 (IPCC (1995): <i>Second Assessment Report</i> )																					
$PE_{flare,y}$	= 0, lihat justifikasi pada poin D.																					
$PE_{power,y}$	= 0, lihat justifikasi pada poin D.																					
$LE_y$	= 0, lihat justifikasi pada poin D.																					
$NCV_{CH_4,y}$	= 35,9 MJ/NM <sup>3</sup> (UNFCC, 2014: Metodologi penghitungan GRK penangkapan LFG skala kecil ( <i>small scale LFG recovery</i> )).																					
$EE_y$	40 % (UNFCC, 2014: Metodologi perhitungan untuk <i>small scale LFG recovery</i> )																					
$D_{CH_4,y}$	0,000716 ton/m <sup>3</sup> (ACM 0001 <i>Flaring or use of Landfill Gas</i> ).																					
Dokumen untuk verifikasi :	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dokumen parameter yang dimonitor: Berita Acara yang memuat hasil pembacaan alat ukur produksi listrik (meter arus).</li> <li>• Faktor emisi listrik dan bahan bakar</li> <li>• Rekening listrik.</li> <li>• Pencatatan pemakaian bahan bakar (bensin dan solar)</li> </ul>																					

### G. Daftar Singkatan:

AM	: <i>Approved Methodology</i>
ACM	: <i>Approved Consolidated Methodology</i>
CDM	: <i>Clean Development Mechanism</i>
CH <sub>4</sub>	: Metana
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksida
EE	: <i>Energy Efficiency</i>
EG	: <i>Electricity Generation.</i>
FE (EF)	: Faktor Emisi ( <i>Emissions Factors</i> )
GRK	: Gas Rumah Kaca ( <i>Green House Gases</i> )
GWP	: <i>Global Warming Potential</i>
JCM	: <i>Join Crediting Mechanism</i>
LFG	: <i>Landfill Gas</i>
N <sub>2</sub> O	: <i>Nitric Acid</i>
NCV	: <i>Net Calorific Value</i>

### H. Daftar Istilah:

Baseline Emisi	: Emisi metana yang harus dibakar dan/atau dimanfaatkan untuk memenuhi persyaratan nasional dalam sebuah operasional landfill.
<i>Energy Efficiency</i>	: Efisiensi konversi energi dari peralatan proyek.
Reduksi emisi <i>Ex-Ante</i>	: Estimasi reduksi emisi yang dapat diperoleh dari aktifitas proyek.
Reduksi emisi <i>Ex-Post</i>	: Emisi reduksi aktual yang didapat oleh aktifitas proyek selama periode pemantauan, yang didapat dari jumlah metana yang dibakar dan/atau digunakan.
Mitigasi	: Upaya menahan dan/atau menurunkan laju emisi GRK dengan cara pembakaran dan/atau pemanfaatan metana yang dihasilkan dari penguraian sampah organik di landfill.
Flaring	: Pembakaran gas.