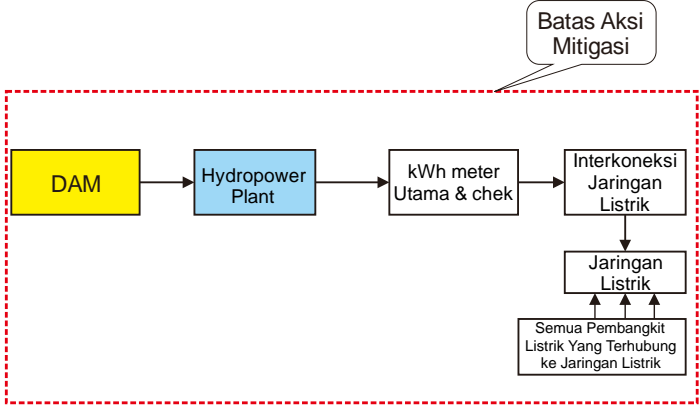


METODOLOGI PENGHITUNGAN REDUKSI EMISI DAN/ATAU PENINGKATAN SERAPAN GRK

A. Informasi Umum	
Judul Metodologi	: Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dengan Waduk
Referensi	: CDM ACM-0002 versi 20.0
Kategori	: Sektor Energi
Nomor Penetapan	: MSEP-004
Tanggal Penetapan	: 17 Februari 2020
B. Aksi Mitigasi/Kegiatan	
Deskripsi aksi mitigasi	: Kegiatan ini bertujuan untuk mengurangi emisi GRK dari pembakaran energi fosil dengan pembangunan PLTA dengan waduk dan menyalurkan energi listrik yang dihasilkan ke sistem interkoneksi tenaga listrik.
Kriteria kelayakan penerapan metodologi	: <p>Metodologi ini berlaku untuk kondisi sebagai berikut:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aksi mitigasi harus memenuhi salah satu dari kegiatan berikut: <ol style="list-style-type: none"> a. Dilaksanakan di waduk tunggal atau ganda yang ada, tanpa perubahan volume waduk apa pun; atau b. Diimplementasikan dalam waduk tunggal atau ganda yang ada, dan volume waduk meningkat dan <i>power density</i> (PD) dihitung menggunakan persamaan (3) untuk $PD > 4 \text{ W/m}^2$; atau c. Menghasilkan waduk tunggal atau ganda dan <i>power density</i> dihitung menggunakan persamaan (3), untuk $PD > 4 \text{ W/m}^2$; atau d. Merupakan aksi mitigasi PLTA terintegrasi yang melibatkan banyak reservoir, di mana PD setiap reservoir, dihitung menggunakan persamaan (3),

	<p>dimana $PD < 4 \text{ W/m}^2$. Dalam hal ini, semua kondisi berikut harus diterapkan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ PD dihitung menggunakan total kapasitas terpasang aksi mitigasi terintegrasi, sesuai persamaan (4), $PD > 4 \text{ W/m}^2$; ▪ Aliran air antar waduk tidak digunakan oleh PLTA lainnya yang bukan merupakan bagian dari aksi mitigasi; <p>2. Untuk PLTA dengan waduk yang terintegrasi, pemrakarsa aksi mitigasi harus:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. menunjukkan bahwa aliran air dari hulu dialirkan langsung ke <i>spillway</i> PLTA ke reservoir hilir dan secara kolektif membentuk kapasitas pembangkit dari aksi mitigasi PLTA terpadu; atau b. memberikan analisis keseimbangan air yang mencakup air yang dialirkan ke unit daya, dengan semua kemungkinan kombinasi reservoir dan tanpa konstruksi reservoir. Tujuan analisis keseimbangan air adalah untuk menunjukkan persyaratan kombinasi spesifik reservoir guna optimalisasi output daya. Demonstrasi harus dilakukan dalam skenario ketersediaan air di musim yang berbeda untuk mengoptimalkan aliran air di saluran masuk unit daya. Untuk itu, neraca air ini akan memperhitungkan aliran musiman dari sungai, anak-anak sungai (jika ada), dan curah hujan selama minimum lima tahun sebelum pelaksanaan aksi mitigasi. <p>Metodologi ini tidak berlaku untuk: Aksi mitigasi melibatkan peralihan dari bahan bakar fosil ke sumber energi terbarukan di lokasi aksi mitigasi, karena dalam hal ini <i>baseline</i> mungkin merupakan kelanjutan penggunaan bahan bakar fosil di lokasi.</p>
Sumber dan jenis Emisi GRK yang diperhitungkan	: Sumber emisi GRK terjadi saat <i>baseline</i> dan pelaksanaan aksi mitigasi. Pada kondisi baseline, akan dihasilkan emisi CO_2 dari produksi listrik PLTA dengan waduk untuk menggantikan produksi listrik berbasis fosil (<i>on-grid</i>).

	Pada pelaksanaan aksi mitigasi akan dihasilkan emisi CH ₄ yang terjadi dari waduk.
C. Perhitungan Emisi <i>Baseline</i>	
Batas Aksi Mitigasi	<p>Batas aksi mitigasi (<i>boundary</i>) mencakup lokasi kegiatan dan semua pembangkit listrik yang terkoneksi ke jaringan listrik yang terhubung dengan PLTA Waduk dan waduk yang menghasilkan emisi akibat pepohonan yang terendam air.</p> 
Deskripsi <i>baseline</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan dari pembangkit listrik berbahan bakar fosil yang digantikan oleh PLTA dengan waduk. Pembangkit listrik berbahan bakar fosil menghasilkan faktor emisi jaringan <i>on-grid</i>. • Produksi listrik yang dihasilkan oleh PLTA dengan waduk berdasarkan hasil pencatatan pada kWh meter. • Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan adalah faktor emisi CO₂ <i>combined margin</i> untuk pembangkitan listrik di sistem interkoneksi tenaga listrik tersebut yang dihitung dan dipublikasikan oleh Kementerian ESDM. Faktor emisi <i>combined margin</i> yang digunakan adalah nilai terendah dari faktor emisi ex-post dan ex-ante. • Apabila nilai faktor emisi CO₂ <i>combined margin</i> pada sistem interkoneksi tersebut tidak tersedia maka dapat menggunakan nilai faktor emisi yang tersedia pada sistem interkoneksi tersebut. Faktor Emisi Jaringan Listrik dihitung berdasarkan panduan <i>Clean</i>

	<p><i>Development Mechanism: "Tool to calculate the emission factor for an electricity system" versi terakhir.</i></p>
<p>Cara perhitungan emisi <i>baseline</i></p>	<p>: $BE_y = EG_{PJ,y} \times EF_{grid,CM,y}$</p> <p>Di mana:</p> <p>$EB_y$ = Emisi <i>baseline</i> dalam periode y (ton CO₂)</p> <p>$EG_{PJ,y}$ = Jumlah bersih energi listrik yang disalurkan aksi mitigasi ke sistem interkoneksi jaringan listrik terbaru (bukan eksisting) dalam periode y (MWh)</p> <p>$FE_{grid,CM,y}$ = Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan (tCO₂/MWh)</p> <p>$EG_{PJ,y}$ untuk Green Field</p> <p>$EG_{PJ,y} = EG_{facility,y}$</p> <p>Dimana:</p> <p>$EG_{PJ,y}$ = Jumlah produksi listrik bersih yang disalurkan ke grid pada tahun y (MWh).</p> <p>$EG_{facility,y}$ = Jumlah produksi listrik bersih yang dipasok oleh aksi mitigasi ke jaringan setempat pada tahun y (MWh).</p>
D. Perhitungan Emisi Kegiatan	
<p>Sumber emisi <i>leakage</i></p>	<p>: Emisi GRK akibat <i>Leakage</i> diabaikan atau sama dengan Nol</p>
<p>Cara perhitungan emisi kegiatan</p>	<p>: Power Density</p> <p>$PD = \frac{Cap_{PJ} - Cap_{BL}}{A_{PJ} - A_{BL}}$</p> <p>Di mana:</p> <p>PD = Kerapatan daya dari kegiatan kegiatan (W/m²)</p> <p>Cap_{PJ} = Total Kapasitas terpasang PLTA dengan Bendungan setelah pelaksanaan aksi mitigasi (W)</p>

	<p> C_{apBL} = Total Kapasitas terpasang PLTA dengan Bendungan sebelum pelaksanaan aksi mitigasi (W). </p> <p> A_{PJ} = Luas waduk tunggal atau ganda yang diukur di permukaan air, setelah pelaksanaan aksi mitigasi, saat waduk penuh (m²) </p> <p> A_{BL} = Luas waduk tunggal atau ganda diukur di permukaan air, sebelum pelaksanaan aksi mitigasi, ketika waduk penuh (m²). Untuk waduk baru, nilai ini adalah nol. </p> <p> Untuk aksi mitigasi PLTA dengan waduk yang dihasilkan dari waduk baru (baik tunggal atau multiple) dan aksi mitigasi PLTA dengan waduk yang dihasilkan dari peningkatan waduk tunggal atau ganda, pemrakarsa aksi mitigasi harus memperhitungkan emisi CH₄ dan CO₂ dari waduk, sebagai berikut: </p> <p> a. PLTA dengan Bendungan yang terintegrasi untuk semua aksi mitigasi: </p> $PD = \frac{\sum Cap_{PJ,i}}{\sum A_{PJ,j}}$ <p> Di mana: </p> <p> i = PLTA dengan waduk individu termasuk dalam aksi mitigasi terintegrasi j = Reservoir individu termasuk dalam aksi mitigasi terintegrasi </p> <p> b. Jika PD dari aksi mitigasi menggunakan aksi mitigasi yang terintegrasi dimana $0,7 \text{ W/m}^2 < PD \leq 10 \text{ W/m}^2$ </p> $PE_{HP,y} = \frac{EF_{Res} \times TEG_y}{1000}$ <p> Di mana: </p> <p> $PE_{HP,y}$ = Emisi kegiatan dari waduk air (t CO₂e/tahun) </p>
--	--

	<p> EF_{Res} = Faktor emisi (default) untuk emisi dari PLTA dengan waduk (90 kg CO₂e/MWh) TEG_y = Total produksi listrik (bruto) PLTA dengan waduk (MWh) </p> <p> c. Jika $PD > 10 \text{ W/m}^2$, maka $EF_{Res} = 0$. d. Jika $4 < PD < 10$, maka $EF_{Res} = 90 \text{ kg CO}_2\text{e/MWh}$ e. Jika $PD < 4 \text{ W/m}^2$, maka: <ol style="list-style-type: none"> $1 \leq PD < 4 \text{ W/m}^2$, $EF_{Res} = 150 \text{ kg CO}_2\text{e/MWh}$ $0,7 \leq PD < 1 \text{ W/m}^2$, $EF_{Res} = 400 \text{ kg CO}_2\text{e/MWh}$ $PD < 0,7 \text{ W/m}^2$, maka dianggap bukan kegiatan mitigasi </p> $PE_{HP,y} = \frac{EF_{Res} \times TEG_y}{1000}$ <p>Di mana:</p> <p> $PE_{HP,y}$ = Emisi kegiatan dari waduk air (t CO₂e/tahun) EF_{Res} = Faktor emisi (default) untuk emisi dari PLTA dengan waduk, jika: <ol style="list-style-type: none"> $PD > 10 \text{ W/m}^2$, maka $EF_{Res} = 0$ $4 < PD < 10$, maka $EF_{Res} = 90 \text{ kg CO}_2\text{e/MWh}$ $1 \leq PD < 4 \text{ W/m}^2$ maka $EF_{Res} = 150 \text{ kg CO}_2\text{e/MWh}$ $0,7 \leq PD < 1 \text{ W/m}^2$ maka $EF_{Res} = 400 \text{ kg CO}_2\text{e/MWh}$ </p> <p> TEG_y = Total produksi listrik (bruto) PLTA dengan waduk (MWh) </p>
E. Perhitungan Penurunan Emisi	
Cara perhitungan penurunan emisi :	<p> $PE_y = EB_y - EP_y - EL_y$ Di mana: </p> <p> PE_y = Penurunan emisi dalam periode y (ton CO₂) EB_y = Emisi <i>baseline</i> dalam periode y (ton CO₂) EP_y = Emisi aksi mitigasi dalam periode y (ton CO₂) </p>

	$EL_y = \text{Emisi } leakage = 0$
F. Rencana Pemantauan	
Parameter Ex-post	
1. Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan:	
Parameter	FEG_y
Satuan	Ton CO ₂ /MWh
Deskripsi	Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan pada tahun y
Sumber Data	DJK-KESDM
Metode dan Prosedur Pengukuran	Metode untuk menghitung faktor emisi listrik dari jaringan listrik
Frekuensi Pengukuran	-
Lainnya	-
2. Produksi Listrik Bruto	
Parameter	TEG_y
Satuan	MWh
Deskripsi	Total produksi Listrik Bruto dalam Setahun, yaitu listrik yang dihasilkan oleh PLTA
Sumber Data	<i>Logbook</i> pencatatan produksi listrik tahunan PLTA dengan waduk
Metode dan Prosedur Pengukuran	Menggunakan kWh meter dua-arah
Frekuensi Pengukuran	Pemantauan kontinyu dengan rekapitulasi sedikitnya sebulan sekali
QA/QC prosedur	-
Lainnya	Berlaku untuk <i>power density</i> $\rightarrow 0,7 \text{ W/m}^2 < PD \leq 10 \text{ W/m}^2$
3. Produksi Listrik Neto	
Parameter	PL_y
Satuan	MWh
Deskripsi	Jumlah produksi Listrik Neto yang dihasilkan oleh PLTA yang dikirim ke jaringan listrik.

Sumber Data	<i>Logbook</i> pencatatan produksi listrik neto tahunan PLTA dengan waduk
Metode dan Prosedur Pengukuran	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menggunakan kWh meter dua-arah; <u>atau</u> ▪ Dihitung berdasarkan kWh meter yang mencatat: <ul style="list-style-type: none"> ▪ energi listrik yang dikirim aksi mitigasi ke sistem interkoneksi jaringan listrik; dan ▪ energi listrik dari sistem interkoneksi jaringan listrik yang digunakan aksi mitigasi
Frekuensi Pengukuran	Pemantauan kontinyu dengan rekapitulasi sedikitnya sebulan sekali
QA/QC prosedur	-
Lainnya	-
4. Kapasitas	
Parameter	CAP_{PJ}
Satuan	MW
Deskripsi	Kapasitas terpasang PLTA dengan waduk setelah implementasi aksi mitigasi
Sumber Data	<i>name plate</i>
Metode dan Prosedur Pengukuran	Kapasitas terpasang sesuai spesifikasi pabrik, data komisioning, atau standar yang diakui
Frekuensi Pengukuran	Sekali pada awal periode kegiatan
QA/QC	-
Lainya	-
5. Luas Reservoir	
Parameter	A_{PJ}
Satuan	m^2
Deskripsi	Luas bendungan (tunggal atau multiple) yang diukur di permukaan air, sesudah implementasi aksi mitigasi, ketika bendungan penuh, atau luas genangan maksimal dalam setahun.
Sumber Data	Dokumen perencanaan

Metode dan Prosedur Pengukuran	Diukur dari survei topografi, peta, gambar satelit, dll
Frekuensi Pengukuran	Sekali pada awal setiap periode
QA/QC	-
Lainya	-
G. Dokumen untuk Verifikasi	
1. Dokumen produksi listrik bruto dan neto tahunan 2. Bukti kalibrasi kWh meter 3. Bukti kapasitas terpasang pembangkit aksi mitigasi 4. Dokumen perencanaan waduk	
H. Daftar Singkatan	
PLTA	Pembangkit Listrik Tenaga Air
W	Watt
PD	<i>Power Density</i>
MW	Mega Watt
GRK	Gas Rumah Kaca
ESDM	Energi dan Sumber Daya Mineral
I. Daftar Istilah	
Aksi PLTA dengan Bendungan terintegrasi	Aksi mitigasi PLTA terintegrasi merupakan gabungan PLTA dengan bendungan dan reservoir tunggal, serta PLTA dan bendungan pada aliran sungai yang sama dan terletak berdekatan dari hulu ke hilir yang dirancang untuk saling bekerja sama.
Eksisting waduk	Waduk yang ada harus dianggap sebagai "eksisting waduk" jika telah beroperasi setidaknya tiga tahun sebelum pelaksanaan aksi mitigasi.
Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan	Jumlah emisi CO ₂ yang dilepaskan untuk memproduksi 1 MWh energi listrik di sistem interkoneksi tenaga listrik tertentu.
Kapasitas terpasang	Kapasitas pembangkit pembangkit listrik adalah kapasitas, dinyatakan dalam Watt atau kelipatannya, di mana unit pembangkit dirancang beroperasi pada kondisi nominal. Kapasitas pembangkit listrik yang terpasang pada pembangkit listrik adalah jumlah

<i>Power Density</i>	kapasitas pembangkit listrik yang terpasang dari unit-unit pembangkitannya Kemampuan daya dari suatu penyimpan energi (<i>storage</i>) yang dinyatakan dengan W/m^2
Waduk	Wadah buatan yang terbentuk sebagai akibat dibangunnya bendungan