



DOKUMEN RANCANGAN AKSI MITIGASI (DRAM)

A. Penjelasan tentang aksi yang diusulkan

A.1. Judul kegiatan

Pengoperasian Pembangkit Listrik Baru Berbahan Bakar Gas Bumi PLTMG Sumbagut 2 Peaker 250 MW

A.2. Penjelasan umum aksi dan teknologi yang diterapkan

Status Kegiatan	PLTMG Sumbagut 2 Peaker 250 MW telah beroperasi sejak Mei 2020.
Tujuan Umum	<p>PLTMG Sumbagut 2 Peaker 250 MW dibangun atas dasar meningkatnya kebutuhan dasar listrik Sumatera yang mengalami pertumbuhan rata-rata 6,2% per tahun. PLTMG Sumbagut 2 Peaker ini dibangun dengan kapasitas sebesar 250 MW, merupakan project ekspansi dari PLTMG sebelumnya (PLTMG Arun 190 MW) yang sebagian besar menyuplai kebutuhan listrik di wilayah Sumatera dan bertujuan menurunkan emisi gas rumah kaca dari pembangkitan listrik yang tersedia sebelumnya sehingga dapat mendukung tujuan lingkungan dan perubahan iklim melalui upaya pembangunan pembangkit listrik baru yang menggunakan gas bumi sebagai bahan bakar dan menggantikan listrik dari sistem interkoneksi tenaga listrik.</p> <p>PLTMG yang dibangun merupakan pembangkit dengan status Peaker yang sangat baik dioperasikan saat menggantikan pembangkit dengan bahan bakar batubara. Efisiensi Kinerja PLTMG Sumbagut 2 mencapai 40,75% sesuai data commissioning Single Fuel. Efisiensi kinerja yang tinggi tersebut menyebabkan emisi GRK unit pembangkit ini lebih rendah dibandingkan dengan unit pembangkit sejenis lainnya.</p>
Tujuan Khusus dan Deskripsi Aksi	<p>PLTMG Sumbagut 2 Peaker dibangun bertujuan untuk meningkatkan keandalan sistem pembangkitan Sumatera Bagian Utara.</p> <p>PLTMG Sumbagut 2 Peaker 250 MW mulai dioperasikan pada Tahun 2020 dengan pemilik aset oleh PT PLN (Persero) dan pengelola pembangkit dilakukan oleh PT Sumberdaya Sewatama. Merujuk pada kontrak No. 1596.PJ/DAN.02.01/DIR/2016 Tahun 2016 tentang Perancangan, Pengadaan, Pemasangan/Pembangunan, Pengetesan, Commisioning serta Operasi dan Pemeliharaan selama 5 Tahun antara PT PLN (Persero) dengan Consortium PT. Wijaya Karya (Persero) – TSK Electronica Y Electricidad S.A – PT Sumberdaya Sewatama.</p> <p>Namun terjadi peralihan aset kepemilikan sejak tahun 2023 dari PLN (Persero) menjadi PT PLN Nusantara Power, berdasarkan Akta Pemisahan Sebagian</p>

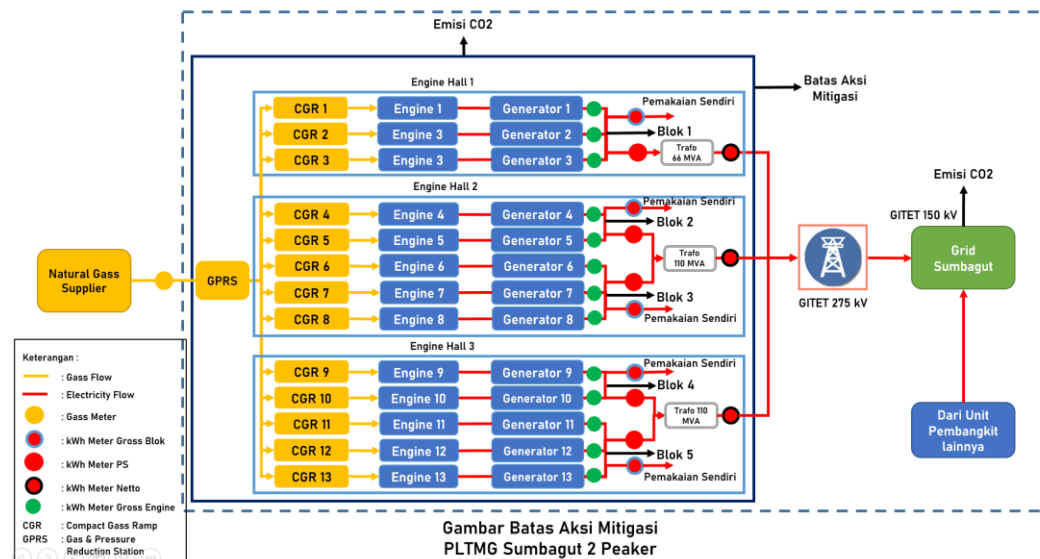
Kegiatan Usaha Pembangkit Listrik Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara ke Dalam PT Pembangkitan Jawa Bali Nomor -76- (Tujuh Puluh Enam) pada tanggal 30 Desember 2022. Sehingga sejak tahun 2023, PLTMG Sumbagut 2 Peaker diberikan wewenang kepemilikan kepada PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkit (UP) Arun.

PLTMG Sumbagut 2 Peaker 250 MW merupakan salah satu pembangkit dengan bahan bakar Natural Gas sehingga lebih ramah lingkungan dengan Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas Terbaru dan Pertama di Indonesia dengan spesifikasi :

- Merk/Model : W18V50SG
- Nomor Seri : XAAB338411
- Rotation Model : Clockwise
- Generator : ABB Type AMG 1600SS12 DSE dengan Frequency 50 Hz

Adapun keandalan atau kelebihan dari unit PLTMG Sumbagut ini yang tidak ataupun belum tersedia di PLTMG sebelumnya (PLTMG Arun) diantaranya :

- Memiliki fungsi Line charging, bisa menjadi pembangkit start awal saat kondisi kelistrikan ACEH *blackout*
- Memiliki fungsi Free Gov, naik dan turun beban kurang lebih 20% dari set point beban yang secara otomatis mengikuti *frequency* jaringan
- Memiliki fungsi AGC, *start-stop* unit dan pembebanan bisa langsung di remote dari kantor PLN SCC (*Sumatera Control Center*) yang berada di pekanbaru
- untuk mengurangi efek panas dari Flue Gas, PLTMG ini dilengkapi dengan *Exhaust Gas Silencer* dan Cerobong Gas Buang.



Gambar 1. Batasan Aksi Mitigasi PLTMG Sumbagut 2 Peaker
Sumber : Analisis PLTMG Sumbagut 2 Peaker, 2024

Berdasarkan **Gambar 1**, Batas Aksi Mitigasi dimulai dari penerimaan Bahan Bakar Natural Gas (NG) yang disalurkan melalui pipa langsung jarak pendek karena lokasi kegiatan berdampingan dengan lokasi Arun Receiving & Regasification Terminal yang dikelola oleh PT Perta Arun Gas. Gas yang

	<p>disalurkan menuju unit GPRS (<i>Gas & Pressure Reduciton Station</i>) dengan Pressure Gas sebesar 12-13 Bar untuk masuk ke GPRS (<i>Gas Pressure Reduction Station</i>) milik PLTMG Sumbagut 2. Dari GPRS pressure gas diturunkan tekanannya menjadi 7 bar dan selanjutnya dialirkan ke Unit CGR (<i>Compact Gas Reamp</i>) pada masing-masing unit Engine untuk mengontrol aliran gas ke Engine atau mengatur pola pembebanan serta menurunkan kembali tekanan menjadi 4 Bar. Energi listrik dibangkitkan dengan cara membakar gas di ruang bakar pada engine. Hasil pembakaran tersebut kemudian mengerakkan crankshaft engine yang dikopling dengan generator (<i>load</i>). Generator yang diputar oleh crankshaft menimbulkan gaya gerak listrik. Masing-masing unit Engine dilengkapi metering kWh Gross, sedangkan pada setiap Blok dilengkapi Metering kWh Pemakaian Sendiri & Metering kWh Gross. Metering kWh Netto berada pada unit Trafo. Energi listrik yang dihasilkan generator diteruskan ke transformator Step-Up yang dilengkapi metering kWh Netto yang menjadi batas akhir aksi mitigasi untuk menaikkan tegangan listrik atau untuk pengaturan tegangan ke 275 KV sebelum dimasukkan ke jaringan sistem 150 kV Aceh (tergabung ke dalam sistem Interkoneksi/Grid Sumbagut). Pada Aksi Mitigasi ini dihasilkan Emisi gas CO₂.</p>
--	---

A.3. Identitas Peserta Skema SPEI

1. Pemilik Lokasi

Organisasi/Entitas	PT. PLN Nusantara Power UP Arun
Jenis Organisasi/Entitas	BUMN
Peran dalam Aksi Mitigasi	Pemilik
Bagian Kepemilikan SPE-GRK:	100 <i>persen</i>
Nama perwakilan	Kornel Bram Rahadi
Jabatan	Manager Unit
Telepon	(0645) 805 2555
Email	upar@plnnusantarapower.co.id
Website	www.plnnusantarapower.com
Alamat	Jln. Medan – Banda Aceh, Komplek Arun NGL Gate 53, Desa Mauria paloh
Kecamatan	Muara Satu
Kabupaten/Kota	Lhokseumawe
Provinsi	Aceh
Kode Pos	24355

2. Pengelola Aksi Mitigasi

Organisasi/Entitas	PT. Sumberdaya Sewatama
Jenis Organisasi/Entitas	Swasta
Peran dalam Aksi Mitigasi	Pengelola Aksi Mitigasi - Pelaksana Operasional & Maintenance
Bagian Kepemilikan SPE-GRK:	0 <i>persen</i>
Nama perwakilan	Arief Budiman Hasibuan
Jabatan	Site Manager
Telepon	(021) 2997 6712
Email	hse.sumbagut2@sewatama.com
Website	www.sewatama.co.id

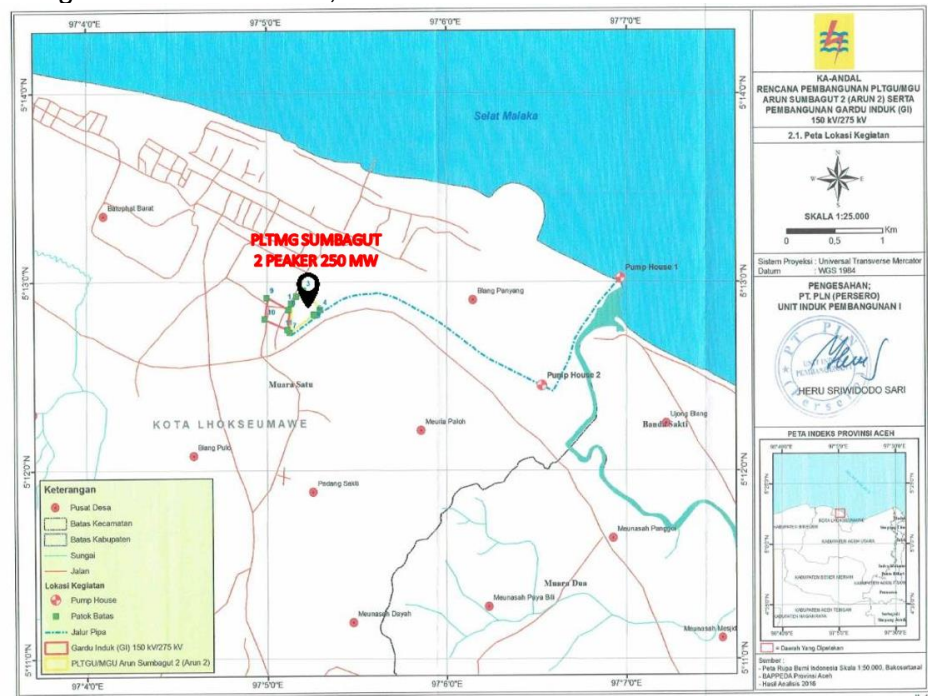
Alamat	Jln. Medan – Banda Aceh, Komplek PT. Arun NGL Gate 51, Desa Meuria Paloh
Kecamatan	Muara Satu
Kabupaten/Kota	Lhokseumawe
Provinsi	Aceh
Kode Pos	24355

A.4. Identitas Perwakilan dan Narahubung

Organisasi	PLN Nusantara Power UP Arun
Nama lengkap	Eka Dharma Putra Fao
Jabatan	Team Leader Lingkungan
Handphone	08113362357
Email	upar@plnnusantarapower.co.id

A.5. Lokasi aksi mitigasi, termasuk koordinat lintangnya

Dusun/Desa/Kelurahan	Meuria Paloh
Kecamatan	Muara Satu
Kabupaten / Kota	Lhokseumawe
Provinsi	Aceh
Kode Pos	24355
Longitude/Latitude	Longitude: 97.0870798°, Latitude: 5.2146269°



Gambar 2. Titik Lokasi PLTMG Sumbagut 2 Peaker
Sumber : Dokumen PLTMG Sumbagut 2 Peaker

A.6. Durasi Proyek

Tanggal Mulai Durasi Proyek	01 Januari 2021
Durasi Proyek yang Dipilih	7 Tahun

A.7. Kontribusi untuk Pembeli Kredit GRK:

Tidak Ada.

A.8. Analisa *Additionality*

Tanggal mulai aksi mitigasi	01 Mei 2020
Apakah aksi mitigasi ini diwajibkan oleh kebijakan pemerintah?	Tidak wajib, bersifat sukarela.
Hambatan pelaksanaan	<p>Dalam pelaksanaannya PLTMG Sumbagut 2 Peaker memiliki hambatan dalam pelaksanaan diantaranya:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Adaptasi terkait teknologi PLTMG Sumbagut 2 Peaker yang tidak mudah sehingga membutuhkan personil yang kompeten dan membutuhkan sertifikasi keahlian. Saat ini kegiatan operasional dan perawatan hingga pengelolaan aksi mitigasi sudah dilengkapi dengan personil yang kompeten dan terlatih* 2. Dibutuhkan pendanaan asing berupa pinjaman untuk pembangunan PLTMG Sumbagut 2 Peaker. Pendanaan pembangunan PLTMG Sumbagut 2 Peaker 250 MW berasal dari Anggaran PLN (BUMN) & Lender ING BNP-Paribas** 3. Hambatan Operasional terkait keterbatasan pendistribusian supply listrik menuju P3B karena prioritas untuk mendahulukan produksi listrik dengan harga per-kwh yang relatif lebih murah, sehingga kesempatan untuk mencapai daya maksimum terbatas. <p><i>Note :</i> <i>*Terlampir daftar pelatihan personil PLTMG Sumbagut 2 Peaker</i> <i>**Anggaran sudah terpenuhi</i></p>

A.9. Lain-lain

-

B. Penerapan metodologi yang telah disetujui

B.1. Pemilihan Metodologi

Judul metodologi	Pembangunan pembangkit listrik baru berbahan bakar gas bumi.
Jenis metodologi yang digunakan	Metodologi yang ditetapkan Dirjen PPI KLHK Kategori Penerapan Teknologi Energi Bersih (MSEP-009)
Nomor metodologi	Referensi Metodologi CDM ACM0025 Versi 02.00 SK Dirjen No. SK.38/PPI/IGAS/PPI.2/11/2020 Tgl. 20 November 2020

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

No.	Kriteria kelayakan penerapan metodologi	Pelaksanaan oleh Peserta Skema SPEI
1.	Kriteria a : kegiatan aksi mitigasi adalah pembangunan dan pengoperasian pembangkit listrik berbahan bakar gas bumi baru yang memasok listrik : (i) ke sistem interkoneksi tenaga listrik, atau	Kegiatan aksi mitigasi adalah pembangunan dan pengoperasian pembangkit listrik berbahan bakar gas bumi baru yang bernama PLTMG Sumbagut 2 Peaker. Hasil pengoperasian PLTMG Sumbagut 2 Peaker hanya berupa produksi listrik dan disalurkan ke sistem interkoneksi Sumbagut..

No.	Kriteria kelayakan penerapan metodologi	Pelaksanaan oleh Peserta Skema SPEI
	(ii) ke sistem interkoneksi tenaga listrik dan ke fasilitas konsumen listrik.	
2.	Kriteria b : Jika pembangkit listrik aksi mitigasi menghasilkan tambahan panas, maka panas yang dihasilkan tidak dapat diklaim sebagai pengurangan emisi.	PLTMG Sumbagut 2 Peaker tidak menghasilkan tambahan panas. Semua produksi panas yang dihasilkan dikonsumsi sendiri oleh PLTMG Sumbagut 2 Peaker.
3.	Kriteria c : Gas bumi merupakan bahan bakar utama di aktivitas aksi mitigasi. Sejumlah kecil bahan bakar start-up atau tambahan lainnya dapat digunakan, tetapi tidak boleh lebih dari 1% terhadap total bahan bakar yang digunakan setiap tahun (dalam satuan energi).	PLTMG Sumbagut 2 Peaker menggunakan 100% bahan bakar gas. Total energi lain yang digunakan pada saat start up (Kondisi Emergency) nilainya kurang dari 1 % dari total konsumsi energi setiap tahun.
4.	Kriteria d : Gas bumi dan/atau Gas Alam Cair (LNG) cukup tersedia, sehingga jika terjadi penambahan kapasitas pembangkit berbasis gas bumi di masa depan, tidak ada kendala ketersediaan penggunaan gas bumi dalam aksi mitigasi.	<p>Berdasarkan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 34/K/16/MEM/2020 tentang Penetapan Alokasi dan Pemanfaatan Gas Bumi untuk Penyediaan Tenaga Listrik oleh PT. PLN (Persero), maka dapat dilihat bahwa untuk di wilayah Aceh dan Sumatera Bagian Utara memiliki 2 Jenis Sumber Gas Bumi yang berasal dari LNG Tangguh memiliki total cadangan gas sebanyak 68 Kargo LNG* yang dapat mensupply pembangkit dari tahun 2019-2028 sedangkan Wilayah Kerja (WK) North Sumatera Offshore dan Wilayah Kerja (WK) NSB sebanyak 35 BBTUD** dari tahun 2019-2023.</p> <p>Sehingga dapat dipastikan pasokan gas bumi dan/atau Natural Gas (NG) cukup untuk mensuplai pembangkit untuk saat ini dan mendatang, dikarenakan total maksimal kebutuhan gas PLTMG Sumbagut 2 Peaker yang diperkirakan sebesar 14.955.678 MMBTU/Tahun (Berdasarkan perhitungan kebutuhan gas saat Beban Maksimum Engine per jam dikali dengan estimasi jumlah jam selama satu tahun).</p> <p>Note : *Dimana nilai konversi 1 Kargo LNG sebesar 2.6 juta MMBTU **BBTUD merupakan Billion British Thermal Unit Per Day.</p>

C. Perhitungan penurunan emisi

C.1 Deskripsi Skenario Baseline

Emisi baseline (BEy) dihitung sebagai jumlah dari dua komponen: emisi dari listrik yang dihasilkan dan disalurkan oleh pembangkit listrik aksi mitigasi ke sistem interkoneksi tenaga listrik dan ke fasilitas konsumsi listrik. Referensi metodologi yang digunakan mengacu pada Metodologi CDM

ACM0025 Versi 02.0.0 yang digunakan sebagai penunjang referensi metodologi dan baseline standar. Kategori penerapan teknologi energi bersih (MSEP-009).

Untuk mengatasi ketidakpastian secara konservatif, pelaku aksi mitigasi harus menggunakan faktor emisi berikut untuk menentukan parameter EFBL,grid,CO₂,y dan EFBL,facility,CO₂,i,y sesuai prosedur masing-masing:

- EF1 : Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan Build Margin1 ex-post;
- EF2 : Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan Combined Margin ex-post;
- EF3 : Faktor emisi dari teknologi dan bahan bakar (EFBL,Tech,CO₂), diidentifikasi sebagai skenario dasar yang paling menarik di antara alternatif P1 hingga P4, yaitu:
- P1 : konstruksi dari 1 (satu) atau beberapa pembangkit listrik lainnya menggunakan gas bumi, tetapi dengan teknologi selain pembangkit aksi mitigasi;
- P2 : konstruksi dari 1 (satu) atau beberapa pembangkit listrik lainnya menggunakan bahan bakar fosil selain gas bumi;
- P3 : konstruksi dari 1 (satu) atau beberapa pembangkit listrik lainnya yang merupakan pembangkit energi baru terbarukan; atau
- P4 : aksi poyek yang diusulkan dilakukan tanpa diregistrasi sebagai proyek CDM.

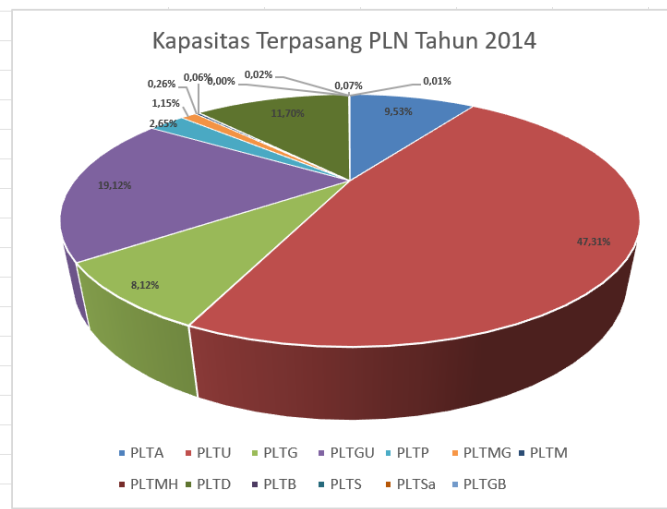
Untuk menjalankan analisis ini, beberapa pertimbangan berikut menjadi perhatian penting :

- Pelingkupan untuk penentuan skenario P1-P4 merupakan pembangkit listrik yang termasuk dalam aset PT PLN Nusantara Power yang berada di Provinsi Aceh dan masuk dalam Sistem Sumatera-Bangka
- PLTMG Sumbagut 2 Peaker dibangun dengan tujuan sebagai agar dapat menciptakan keandalan system jaringan ketenagalistrikan di Sistem Sumatera-Bangka

Identifikasi alternatif skenario baseline

Berdasarkan Statistik Ketenagalistrikan Indonesia Tahun 2014, yang dipublikasikan oleh Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral pada November 2015, Kapasitas Terpasang Pembangkit Listrik Nasional Tahun 2014 sebesar 53.065,5 MW (**Acuan dan referensi yang diacu, mengikuti kajian Feasibility Study yang dilakukan sejak 2016 hingga 2017**).

Jenis Pembangkit Listrik	Kapasitas Terpasang PLN menurut Jenis Pembangkit Listrik (MW)	
	2014	%
PLTA	5059,06	9,53%
PLTU	25104,23	47,31%
PLTG	4310,5	8,12%
PLTGU	10146,11	19,12%
PLTP	1405,4	2,65%
PLTMG	610,74	1,15%
PLTM	139,87	0,26%
PLTMH	30,46	0,06%
PLTD	6206,99	11,70%
PLTB	1,12	0,00%
PLTS	9,02	0,02%
PLTSa	36	0,07%
PLTGB	6	0,01%
Total Kapasitas Terpasang	53065,5	



Gambar 3. Bauran Kapasitas Terpasang Pembangkit Listrik Nasional Tahun 2014

Sumber : Statistik Ketenagalistrikan Indonesia, November 2015

Berdasarkan informasi pada gambar 3, **untuk alternatif skenario P1** yang teridentifikasi mencakup :

- P1 (a) : konstruksi PLTG

- P1 (b) : konstruksi PLTGU

Selain itu, **alternatif skenario P2** yang teridentifikasi mencakup :

- P2 (a) : konstruksi PLTU
- P2 (b) : konstruksi PLTD

Dan, **alternatif skenario P3**, yang teridentifikasi mencakup :

- P3 (a) : konstruksi PLTA
- P3 (b) : konstruksi PLTS
- P3 (c) : konstruksi PLTP
- P3 (d) : konstruksi PLTB
- P3 (e) : konstruksi PLTBG

Analisis seluruh alternatif yang teridentifikasi dan kesesuaiannya sebagai skenario baseline yang layak dijelaskan sebagai berikut :

No	Deskripsi Alternatif	Identifikasi Kelayakan
P1 (a)	Konstruksi PLTG	<p>Alternatif ini dapat menghasilkan keluaran yang sebanding dengan aksi mitigasi yang diusulkan. PLTG merupakan teknologi pembangkit Listrik yang menggunakan turbin gas dengan siklus terbuka (<i>open cycle</i>). Di Indonesia, teknologi ini telah digunakan di beberapa wilayah yang membutuhkan pembangkit Listrik dengan waktu respons yang cepat, seperti untuk kebutuhan daya puncak. Pembangkit Listrik berbahan bakar gas di Indonesia mengambil pangsa sebesar 8,12% (data tahun 2014). Cadangan gas alam yang cukup besar di Indonesia sebesar 2,9 Triliun meter kubik. Mengingat Indonesia memiliki Cadangan gas alam yang cukup besar, teknologi ini menjadi pilihan yang realistis untuk memenuhi kebutuhan Listrik yang mendesak dan fleksibel. Indonesia memiliki infrastruktur yang berkembang untuk produksi, pengolahan dan distribusi gas alam, termasuk jaringan pipa gas, fasilitas pencairan gas (LNG) dan penerimaan gas. Adapun PLTG yang masuk dalam Sistem Sumatera-Bangka dan berada pada Provinsi Aceh pada tahun 2014-2020 diantaranya PLTG Arun.</p> <p>PLTG memiliki efisiensi operasi yang lebih rendah dibandingkan dengan siklus gabungan (<i>combined cycle</i>).</p> <p>Kesimpulan : Opsi P1 (a) Alternatif skenario yang layak</p>
P1 (b)	Konstruksi PLTGU/MG	<p>Alternatif ini dapat menghasilkan keluaran yang sebanding dengan aksi mitigasi yang diusulkan. PLTGU adalah teknologi pembangkit listrik yang menggabungkan dua siklus pembangkitan energi, yaitu turbin gas dan turbin uap, untuk meningkatkan efisiensi pembangkit listrik. PLTGU memanfaatkan dua sumber tenaga (gas dan uap) dari satu aliran energi, yaitu gas alam. Penggunaan kembali panas dari turbin gas untuk menghasilkan uap memungkinkan pembangkit ini bekerja dengan efisiensi yang jauh lebih tinggi dibandingkan turbin gas siklus terbuka.</p> <p>Pembangkit Listrik berbahan bakar gas di Indonesia mengambil pangsa sebesar 19,12% (data tahun 2014). Cadangan gas alam yang cukup besar di Indonesia sebesar 2,9 Triliun meter kubik. Mengingat Indonesia memiliki Cadangan gas alam yang cukup besar, teknologi ini menjadi pilihan yang realistis untuk memenuhi kebutuhan Listrik yang mendesak dan fleksibel. Indonesia memiliki infrastruktur yang berkembang untuk produksi, pengolahan dan distribusi gas alam, termasuk jaringan pipa gas, fasilitas pencairan gas (LNG) dan penerimaan gas. Adapun PLTGU/MG yang masuk dalam Sistem Sumatera-Bangka dan berada pada Provinsi Aceh pada tahun 2014-2020 yaitu hanya PLTMG Sumbagut 2 Peaker.</p> <p>PLTGU memiliki efisiensi operasi yang lebih tinggi karena menggunakan siklus gabungan, PLTGU dapat menghasilkan lebih banyak listrik per unit bahan bakar.</p> <p>Kesimpulan : Opsi P1 (b) Alternatif skenario yang layak</p>
P2 (a)	Konstruksi PLTU	<p>Alternatif ini dapat menghasilkan keluaran yang sebanding dengan aksi mitigasi yang diusulkan. PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) adalah salah satu jenis pembangkit listrik terbesar di Indonesia yang memanfaatkan batubara atau bahan bakar lainnya untuk menghasilkan listrik melalui proses pembakaran dan uap. PLTU berperan signifikan dalam penyediaan energi di Indonesia karena kapasitasnya</p>

		<p>yang besar dan cadangan Batubara dalam jumlah banyak yaitu sebesar 37 miliar ton cadangan Batubara. Cadangan ini adalah batubara yang sudah dipastikan keberadaannya dan ekonomis untuk ditambang dengan teknologi saat ini.</p> <p>Pembangkit Listrik berbahan bakar Batubara di Indonesia mengambil pangsa sebesar 47,31% (data tahun 2014). Adapun PLTU yang masuk dalam Sistem Sumatera-Bangka dan berada pada Provinsi Aceh pada tahun 2014-2020 diantaranya PLTU Nagan Raya.</p> <p>PLTU memiliki kapasitas besar sehingga digunakan sebagai pembangkit listrik base load, artinya beroperasi secara terus-menerus untuk memenuhi kebutuhan dasar listrik. Kapasitas pembangkit ini biasanya besar, mulai dari ratusan hingga ribuan megawatt, memiliki nilai efisiensi sekitar 30-40% dan ada teknologi baru seperti supercritical dan ultra-supercritical, yang dapat meningkatkan efisiensi hingga di atas 45% dengan memanfaatkan tekanan dan temperatur yang lebih tinggi. Selain itu, PLTU memiliki proses yang stabil karena dirancang untuk beroperasi terus-menerus dan menyediakan daya stabil dalam jangka Panjang.</p> <p>Kesimpulan : Opsi P2 (a) Alternatif skenario yang layak</p>
P2 (b)	Konstruksi PLTD	<p>Alternatif ini tidak dapat menghasilkan keluaran yang sebanding dengan aksi mitigasi yang diusulkan. PLTD merupakan jenis pembangkit listrik yang menggunakan mesin diesel sebagai penggerak utama untuk menghasilkan listrik. Di Indonesia, PLTD banyak digunakan di daerah-daerah terpencil, pulau-pulau kecil, atau wilayah yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik utama (grid). PLTD sering digunakan sebagai sumber listrik cadangan atau pembangkit listrik utama di wilayah yang belum terintegrasi dengan jaringan nasional.</p> <p>Pembangkit Listrik berbahan bakar minyak (PLTD) di Indonesia mengambil pangsa sebesar 11,70% (data tahun 2014). Namun, tidak tersedia PLTD yang masuk dalam Sistem Sumatera-Bangka dan berada pada Provinsi Aceh pada tahun 2014-2020 dikarenakan PLTD masuk kedalam Sistem Isolated. PLTD umumnya memiliki efisiensi yang lebih rendah dibandingkan dengan jenis pembangkit lain, seperti PLTU atau PLTGU. Efisiensinya berkisar antara 30% hingga 40%.</p> <p>Kesimpulan : Opsi P2 (b) Alternatif skenario yang tidak layak</p>
P3 (a)	Konstruksi PLTA	<p>Alternatif ini tidak dapat menghasilkan keluaran yang sebanding dengan aksi mitigasi yang diusulkan. PLTA adalah salah satu sumber energi terbarukan yang sangat penting di Indonesia. Dengan banyaknya sungai dan potensi hidro yang melimpah, Indonesia memiliki potensi besar untuk mengembangkan PLTA.</p> <p>Pembangkit Listrik berbahan bakar air (PLTA) di Indonesia mengambil pangsa sebesar 9,53% (data tahun 2014). Namun, tidak tersedia PLTA yang masuk dalam Sistem Sumatera-Bangka dan berada pada Provinsi Aceh pada tahun 2014-2020, dikarenakan PLTA hanya mensupply Sistem Isolated.</p> <p>Hingga saat ini, baru sebagian kecil yang telah dimanfaatkan. Selain itu, terdapat tantangan dalam investasi PLTA diantaranya investasi awal untuk membangun PLTA sangat besar dan membutuhkan waktu lama untuk mendapatkan kembali modal dan adanya ketergantungan pada ketersediaan air, yang dapat dipengaruhi oleh perubahan iklim dan pola curah hujan.</p> <p>Kesimpulan : Opsi P3 (a) Alternatif skenario yang tidak layak</p>
P3 (b)	Konstruksi PLTS	<p>Alternatif ini tidak dapat menghasilkan keluaran yang sebanding dengan aksi mitigasi yang diusulkan. PLTS merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang semakin berkembang di Indonesia. Dengan potensi sinar matahari yang melimpah, PLTS memiliki peran penting dalam diversifikasi sumber energi dan pengurangan ketergantungan pada bahan bakar fosil. Pembangkit Listrik berbahan bakar tenaga surya (PLTS) di Indonesia mengambil pangsa sebesar 0,02% (data tahun 2014). Namun, tidak tersedia PLTS yang masuk dalam Sistem Sumatera-Bangka pada tahun 2014-2020 dikarenakan PLTS hanya mensupply Sistem Isolated.</p>

		<p>Pemanfaatan saat ini masih relatif rendah dibandingkan dengan potensi yang ada. Selain itu terdapat tantangan dalam investasi PLTS diantaranya investasi awal untuk pemasangan panel surya masih tergolong tinggi dan adanya keterbatasan teknologi penyimpanan energi dapat menjadi tantangan, terutama untuk penggunaan di malam hari atau saat cuaca mendung.</p> <p>Kesimpulan : Opsi P3 (b) Alternatif skenario yang tidak layak</p>
P3 (c)	Konstruksi PLTP	<p>Alternatif ini tidak dapat menghasilkan keluaran yang sebanding dengan aksi mitigasi yang diusulkan. PLTP merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang berperan penting dalam penyediaan listrik di Indonesia. Dengan potensi sumber daya panas bumi yang besar, Indonesia merupakan salah satu negara dengan cadangan panas bumi terbesar di dunia. Wilayah Indonesia yang memiliki potensi panas bumi terdistribusi di sepanjang Cincin Api Pasifik, termasuk di Pulau Jawa, Sumatera, Sulawesi, dan Nusa Tenggara. Pembangkit Listrik berbahan bakar panas bumi (PLTP) di Indonesia mengambil pangsa sebesar 2,65% (data tahun 2014). Namun, tidak tersedia PLTP yang masuk dalam Sistem Sumatera-Bangka pada tahun 2014-2020.</p> <p>Selain itu terdapat tantangan dalam pengembangan PLTP di Indonesia diantaranya : biaya pengembangan infrastruktur untuk eksplorasi dan pengembangan PLTP cukup besar, keberhasilan proyek PLTP sangat bergantung pada kondisi geologi yang tepat, yang tidak selalu dapat diprediksi dan meskipun lebih ramah lingkungan, pengembangan PLTP dapat mempengaruhi ekosistem lokal dan sumber daya air jika tidak dikelola dengan baik.</p> <p>Kesimpulan : Opsi P3 (c) Alternatif skenario yang tidak layak</p>
P3 (d)	Konstruksi PLTB	<p>Alternatif ini tidak dapat menghasilkan keluaran yang sebanding dengan aksi mitigasi yang diusulkan. PLTB merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang semakin berkembang di Indonesia. Dengan potensi angin yang ada, PLTB menawarkan alternatif yang ramah lingkungan untuk penyediaan energi listrik. Indonesia memiliki potensi energi angin yang bervariasi, dengan lokasi-lokasi tertentu, terutama di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil. Pembangkit Listrik berbahan bakar angin (PLTB) di Indonesia mengambil pangsa sebesar 0% (data tahun 2014).</p> <p>Selain itu terdapat tantangan dalam pengembangan PLTB di Indonesia diantaranya : produksi listrik dari PLTB sangat bergantung pada kondisi angin, yang dapat berfluktuasi, investasi awal untuk pembangunan infrastruktur PLTB dan turbin angin cukup tinggi dan tidak semua daerah memiliki potensi angin yang cukup untuk mengembangkan PLTB secara ekonomis.</p> <p>Kesimpulan : Opsi P3 (d) Alternatif skenario yang tidak layak</p>
P3 (e)	Konstruksi PLTBG	<p>Alternatif ini tidak dapat menghasilkan keluaran yang sebanding dengan aksi mitigasi yang diusulkan. PLTBG merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang menggunakan bahan organik untuk menghasilkan listrik. Di Indonesia, PLTBG memiliki potensi besar karena banyaknya limbah organik dari pertanian, peternakan, dan industri. Pembangkit Listrik berbahan bakar panas bumi (PLTBG) di Indonesia mengambil pangsa sebesar 0,01% (data tahun 2014). Namun, tidak tersedia PLTBG yang masuk dalam Sistem Sumatera-Bangka pada tahun 2014-2020.</p> <p>Selain itu terdapat tantangan dalam pengembangan PLTBG di Indonesia diantaranya : investasi awal untuk membangun infrastruktur PLTBG bisa tinggi, ketersediaan bahan baku yang konsisten dan pengelolaan limbah yang efisien menjadi tantangan.</p> <p>Kesimpulan : Opsi P3 (e) Alternatif skenario yang tidak layak</p>
<p>Hasil analisis diatas menghasilkan alternatif-alternatif berikut sebagai skenario baseline yang layak :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alternatif P1 (a) : konstruksi PLTG • Alternatif P1 (b) : konstruksi PLTGU 		

- Alternatif P2 (a) : konstruksi PLTU

Dari alternatif-alternatif yang layak diatas, dipilih alternatif yang dianggap paling menarik secara ekonomi. Hal ini diidentifikasi dengan membandingkan biaya operasional untuk memproduksi 1 kWh Listrik dari setiap jenis pembangkit Listrik tertentu, dalam satuan Rp/kWh yang terdiri dari biaya bahan bakar, biaya pemeliharaan, biaya penyusutan asset, biaya pegawai dan biaya lain-lain.

Total komponen biaya tersebut dari Statistik Ketenagalistrikan PLN 2015 (yang dipublikasi pada 2016), diantaranya :

- Alternatif P1 (a) : konstruksi PLTG = Rp 3.306,22/kWh
- Alternatif P1 (b) : konstruksi PLTGU = Rp 1.054,99/kWh
- Alternatif P2 (a) : konstruksi PLTU = 541,78/kWh

Berdasarkan data tersebut **maka alternatif P2 (a) : konstruksi Pembangkit Listrik Tenaga Uap Berbahan Bakar Batubara** memiliki indikator finansial (biaya untuk menghasilkan listrik per kWh) yang paling rendah, sehingga alternatif ini dipilih sebagai skenario baseline yang paling menarik diantara alternatif lain yang diidentifikasi. Selain itu, dipilih karena memiliki nilai FE bahan bakar fosil yang paling besar, dan teknologi yang digunakan berbeda dengan proyek aksi mitigasi.

- Nilai Efisiensi : 41,34%
- Faktor Emisi Coal (EFBL Coal) tCO₂/GJ : 0,0961
- EF3 (tCO₂/MWH) : 0,837

Nilai Faktor Emisi (tCO₂/MWH) :

- EF 1 (Faktor emisi GRK Grid Sumatera sistem ketenagalistrikan build margin ex-post) : 1,12
- EF 2 (Faktor emisi GRK Grid Sumatera sistem ketenagalistrikan combine margin ex-post (OM = 0,5 BM = 0,5) : 0,94
- EF 3 : 0,837

Faktor emisi untuk EF3 dihitung sesuai persamaan (2);

- EF4 : Jika berlaku, faktor emisi dari sumber listrik yang ada di lokasi fasilitas konsumsi listrik yang ada. Jika sumber listrik yang ada adalah sistem interkoneksi tenaga listrik, faktor emisi Combined Margin dari masing-masing sistem interkoneksi tenaga listrik harus digunakan. Jika sumber listrik yang ada adalah pembangkit listrik captive, faktor emisi harus ditentukan dengan menggunakan persamaan (2). Jika banyak sumber digunakan, faktor emisi minimum di antara sumber-sumber ini harus digunakan.

Dari ketiga faktor emisi diatas, dipilih nilai terkecil dari EF 3 sebesar 0,837 tCO₂/MWh.

C.1.1 Deskripsi Skenario Emisi Leakage

Emisi Leakage ditentukan berdasarkan :

- **Emisi leakage upstream** merupakan emisi leakage upstream yang menggunakan faktor emisi upstream bahan bakar Liquified Natural Gas (LNG) yang tercantum dalam IPCC 2006 Table 3 Default CO₂ Emission Factor for Upstream Emission Combustion sebesar 16,2 tCO₂e/TJ.
- **Emisi leakage grid dianggap nol** karena Faktor Emisi hulu dari gas bumi jauh lebih kecil dibanding Faktor Emisi GRK Sistem Ketenagalistrikan atau Faktor Emisi konsumen listrik.

- **Emisi leakage facility dianggap nol** karena PLTMG Sumbagut 2 Peaker tidak menyalurkan listrik ke fasilitas khusus

C.1.2 Deskripsi Skenario Emisi Aksi

Emisi Aksi Mitigasi dihitung berdasarkan rumus yang berada pada Pedoman Penghitungan dan Pelaporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Bidang Energi - Sub Bidang Ketenagalistrikan.

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

Jenis Emisi	Sumber Emisi	Emisi GRK	Termasuk / Tidak	Justifikasi/Penjelasan
Baseline	<i>Emisi dari pembangkit listrik yang terkoneksi dengan sistem interkoneksi sumatera</i>	CO₂	Termasuk	Emisi utama yang berasal dari emisi baseline (BEy) dihitung sebagai jumlah dari dua komponen: emisi dari listrik yang dihasilkan dan disalurkan oleh pembangkit listrik aksi mitigasi ke system interkoneksi sumatera. Dokumen 03 SINGLE LINE DIAGRAM INTER-KONEKSI GITET ARUN (GRID SUMATERA)
		CH₄	Tidak termasuk	Perhitungan disederhanakan hanya pada emisi utama sehingga untuk parameter ini tidak dimasukkan dalam lingkup perhitungan
		N₂O	Tidak termasuk	Perhitungan disederhanakan hanya pada emisi utama sehingga untuk parameter ini tidak dimasukkan dalam lingkup perhitungan
Proyek (kegiatan Aksi Mitigasi)	<i>Emisi dari kegiatan PLTMG Sumbagut 2 Peaker</i>	CO₂	Termasuk	Emisi utama yang merupakan emisi aksi mitigasi (EPy) dihasilkan dari pembakaran gas bumi/ <i>Natural Gass</i> untuk membangkitkan listrik di aksi mitigasi. Untuk menghitung emisi aksi mitigasi (EPy) mengacu pada versi terbaru yang disetujui dari " <i>Tool to calculate project or leakage CO₂ emissions from fossil fuel combustion</i> ".
		CH₄	Tidak termasuk	Perhitungan disederhanakan hanya pada emisi utama sehingga untuk parameter ini tidak dimasukkan dalam lingkup perhitungan
		N₂O	Tidak termasuk	Perhitungan disederhanakan hanya pada emisi utama sehingga untuk parameter ini tidak dimasukkan dalam lingkup perhitungan

Jenis Emisi	Sumber Emisi	Emisi GRK	Termasuk / Tidak	Justifikasi/Penjelasan
Leakage	Emisi dari kegiatan hulu	CO ₂	Termasuk	Emisi utama yang berasal dari emisi Leakage (LEy) dapat terjadi karena ekstraksi, pemrosesan, pencairan, transportasi, & regasifikasi bahan bakar di luar batas aksi mitigasi. Emisi Leakage (LEy) didapatkan dari hasil perkalian jumlah gas alam yang dikonsumsi oleh pembangkit listrik aksi mitigasi pada tahun y dengan faktor emisi untuk emisi hulu (EFNG, upstream) dari konsumsi gas alam dan mengurangi emisi yang terjadi dari bahan bakar fosil yang digunakan dalam baseline (yaitu karena listrik disalurkan ke sistem interkoneksi tenaga listrik dan/atau ke fasilitas pengkonsumsi listrik)
		CH ₄	Tidak termasuk	Perhitungan disederhanakan hanya pada emisi utama sehingga untuk parameter ini tidak dimasukkan dalam lingkup perhitungan
		N ₂ O	Tidak termasuk	Perhitungan disederhanakan hanya pada emisi utama sehingga untuk parameter ini tidak dimasukkan dalam lingkup perhitungan

C.3. Perkiraan pengurangan emisi dari aksi mitigasi

Perkiraan pengurangan emisi dari aksi mitigasi selama 7 tahun pada periode 01 Januari 2021-31 Desember 2027 sebesar 1.635.428,00 tCO₂e. Nilai penurunan emisi pada tahun 2021-2023 berdasarkan perhitungan menggunakan nilai realisasi yang telah tercatat dalam data Lapus PLTMG Sumbagut 2 Peaker, sedangkan pada tahun 2024-2027 merupakan nilai prognosa yang diambil berdasarkan historis dari nilai terkecil dari penurunan emisi tahun 2021-2023.

Tahun	Pembangkit	Perkiraan emisi baseline (tCO ₂)	Perkiraan emisi aksi (CO ₂)	Perkiraan emisi leakage (tCO ₂)	Perkiraan penurunan emisi (tCO ₂ e)
01 Jan 2021-31 Des 2021	PLTMG ARUN EKSPANSI #1-13	851.255,21	475.310,97	130.997,43	244.946,00
01 Jan 2022-31 Des 2022	PLTMG ARUN EKSPANSI #1-13	804.438,42	454.230,90	125.223,62	224.983,00
01 Jan 2023-31 Des 2023	PLTMG ARUN EKSPANSI #1-13	938.179,62	527.212,65	145.399,27	265.567,00
01 Jan 2024-31 Des 2024	PLTMG ARUN EKSPANSI #1-13	804.438,42	454.230,90	125.223,62	224.983,00
01 Jan 2025-31 Des 2025	PLTMG ARUN EKSPANSI #1-13	804.438,42	454.230,90	125.223,62	224.983,00
01 Jan 2026-31 Des 2026	PLTMG ARUN EKSPANSI #1-13	804.438,42	454.230,90	125.223,62	224.983,00
01 Jan 2027-31 Des 2027	PLTMG ARUN EKSPANSI #1-13	804.438,42	454.230,90	125.223,62	224.983,00
Total Perkiraan Penurunan Emisi (tCO ₂ e)					1.635.428,00

C.4. Perkiraan jumlah buffer penjamin permanensi

Aksi mitigasi bukan aksi mitigasi penanaman pohon sehingga tidak ada resiko permanensi

D. Kajian Lingkungan dan Kontribusi pada Pembangunan Berkelanjutan

Apakah aksi mitigasi wajib AMDAL/UKL/UPL?	Aksi Mitigasi wajib AMDAL karena kapasitas pembangkit lebih dari 100 MW sesuai PermenLHK No. 05 Tahun 2012 Lampiran I, serta proses dan kegiatan secara potensial dapat menimbulkan pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan serta intensitas dan dampak berlangsung lama (UU RI No. 32 tahun 2009)
Status dokumen AMDAL/UKL/UPL (bila relevan)	Sudah memperoleh Surat Keputusan Kelayakan Lingkungan Hidup dari Walikota Lhokseumawe No 92 Tahun 2017 tanggal 10 Maret 2017).
Keterangan singkat tentang kontribusi aksi mitigasi pada Pembangunan berkelanjutan	<p>Pembangunan PLTMG Sumbagut 2 Peaker 250 MW mendukung pencapaian target pembangunan berkelanjutan khusus diantaranya :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tujuan No. 9 target 9.4.1 (Pada tahun 2030 memiliki target penurunan emisi CO₂ hingga 2,816,414.83 tCO₂e) meningkatkan infrastruktur dan retrofit industri agar dapat berkelanjutan, dengan peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya dan adopsi yang lebih baik dari teknologi dan proses industri bersih dan ramah lingkungan, yang dilaksanakan semua negara sesuai kemampuan masing-masing). 2. Aksi mitigasi juga mendukung pencapaian target 13.2 (mengintegrasikan tindakan antisipasi perubahan iklim ke dalam kebijakan, strategi dan perencanaan nasional) pada indikator 13.2.1 melalui verifikasi aksi mitigasi dan pelaporan pada SRN PPI. <p>Aksi mitigasi juga berkontribusi terhadap pembangunan keberlanjutan bagi masyarakat berupa bertambahnya kesempatan kerja bagi warga sekitar, peningkatan kegiatan ekonomi karena setelah pembangunan proyek warga sekitar membuka usaha di sekitar kegiatan, kebutuhan listrik masyarakat semakin terpenuhi, jalan akses menuju kegiatan dapat digunakan juga oleh masyarakat untuk akses ke lapangan olahraga di dekat lokasi kegiatan, masyarakat sekitar juga menerima manfaat dari adanya program CSR dan Community Development berupa kegiatan pelatihan menjahit dan pemberian fasilitas menjahit (mesin & peralatan jahit)</p>

E. Konsultasi Publik

Tanggal Konsultasi Publik	Peserta	Catatan dari Konsultasi Publik bagi Aksi Mitigasi	Tindak Lanjut
15 Desember 2015	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bapak Camat yang diwakili Bapak Sekretaris Kecamatan Muara Satu 2. Kapolsek Kecamatan Muara Satu 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Program CSR diharapkan dilakukan secara 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pelaksanaan Program CSR berupa

	3. DANRAMIL 01 Kecamatan Muara Satu 4. Geuchik Meuria Paloh Kecamatan Muara Satu 5. Geuchik Blang Panyang Kecamatan Muara Satu 6. Geuchik Blang Pulo Kecamatan Muara Satu 7. Geuchik Ujong Blang Kecamatan Banda Sakti 8. Wakil Warga Masyarakat yang akan Terkena Dampak 9. LSM LSPB (Lembaga Studi Pembangunan Berkelanjutan Lhokseumawe) 10. Pemrakarsa PT. PLN (Persero) Unik Induk Pembangunan I 11. Konsultan AMDAL Lembaga Penelitian Universitas Lampung dan Lembaga Pengabdian Kepada Masyarakat Unsyiah	rutin dan berkelanjutan terutama untuk masyarakat di sekitar proyek 2. Dalam rekrutment tenaga Kerja perlu bersosialisasi dengan Pemangku Kepentingan Setempat sesuai Kualifikasi Tenaga kerja yang dibutuhkan	Pemberian bantuan Kegiatan Olahraga, Keagamaan, bencana Kebakaran dan Comdev 2. Tenaga kerja mencapai 88% berasal dari wilayah aceh (71 dari 80 pekerja) dan 46 dari 80 pekerja berasal dari sekitar proyek
--	---	---	--

F. Sumber Daya

Alih Teknologi	Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas terbaru tipe W18V50SG yang memiliki efisiensi Tertinggi dioperasikan oleh personil dengan kompetensi dan sertifikasi pengoperasian dan Sertifikasi pemeliharaan Pembangkit
Peningkatan Kapasitas	<ul style="list-style-type: none"> - Pendampingan dan pelatihan bagi operator dan bidang pemeliharaan oleh Wartsila* - Pelaksanaan kegiatan Preventive Maintenance Unit setiap RHM 10.000, 20.000 & 24.000 jam <p><i>Note :</i> *Daftar sertifikasi personil terlampir</p>
Jumlah kebutuhan pendanaan	EUR 129.685.245,68 (dengan Kurs Rp.15.262/Euro) atau sebesar Rp.1.979.256.219.622,00
Status pendanaan	Anggaran Sudah Terpenuhi
Asal pendanaan	Anggaran PLN (BUMN) & Lender ING BNP-Paribas
Struktur pendanaan (dalam persen)	Ekuitas : - Pinjaman : Loan Sumbagut-2 Peaker - ECA, Lender ING BNP-Paribas 69,74% Anggaran PLN : 30,26% Hibah : - Pasar karbon : -

G. Pustaka (References)


1. SK Dirjen No. SK.38/PPI/IGAS/PPI.2/11/2020 yang mengacu pada CDM ACM0025, Penerapan Teknologi Energi Bersih (MSEP-009)

2. AMDAL PLTMG Sumbagut 2 Peaker
3. Manual Book PLTMG Sumbagut 2 Peaker.
4. Faktor emisi GRK sistem ketenagalistrikan, DJK 2019.
5. Tools to calculate emission factor leakage upstream.
6. Laporan comissioning PLTMG Sumbagut 2 Peaker
7. Pedoman Perhitungan Inventarisasi Sub Bidang Ketenagalistrikan
8. Berita Acara Jual Beli Listrik
9. Laporan Hasil Pengujian Bahan Bakar Gas PLTMG Sumbagut 2 Peaker (CoA)
10. Hasil Kalibrasi Alat PLTMG Sumbagut 2 Peaker
11. Dokumen Konsumsi Bahan Bakar PLTMG Sumbagut 2 Peaker
12. Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 34/K/16/MEM/2020 tentang Penetapan Alokasi dan Pemanfaatan Gas Bumi untuk Penyediaan Tenaga Listrik oleh PT. PLN (Persero)
13. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006

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. Perhitungan Penurunan Aksi Mitigasi PLTMG Sumbagut 2 Peaker
- Lampiran 5. Daftar Sertifikasi & Pelatihan Personil PLTMG Sumbagut 2 Peaker 250 MW
- Lampiran 6. Profil PLTMG Sumbagut 2 Peaker
- Lampiran 7. SK Dirjen No. SK.38/PPI/IGAS/PPI.2/11/2020 yang mengacu pada CDM ACM0025, Penerapan Teknologi Energi Bersih (MSEP-009)
- Lampiran 8. AMDAL PLTMG Sumbagut 2 Peaker
- Lampiran 9. Manual Book PLTMG Sumbagut 2 Peaker.
- Lampiran 10. Laporan comissioning PLTMG Sumbagut 2 Peaker
- Lampiran 11. Berita Acara Jual Beli Listrik PLTMG Sumbagut 2 Peaker Tahun 2020-2024
- Lampiran 12. Dokumen Pendanaan Proyek Pembangunan PLTMG Sumbagut 2 Peaker
- Lampiran 13. Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 34/K/16/MEM/2020 tentang Penetapan Alokasi dan Pemanfaatan Gas Bumi untuk Penyediaan Tenaga Listrik oleh PT. PLN (Persero)
- Lampiran 14. Akta Peralihan Aset PLN ke PLN NP
- Lampiran 15. Permendag No. 68 Tahun 2018
- Lampiran 16. PermenESDM No 20 Tahun 2020
- Lampiran 17. Berita Acara Konsultasi Publik
- Lampiran 18. Laporan Hasil Pengujian Bahan Bakar Gas PLTMG Sumbagut 2 Peaker (CoA Tahun 2020-2023)

I. Riwayat Perbaikan DRAM

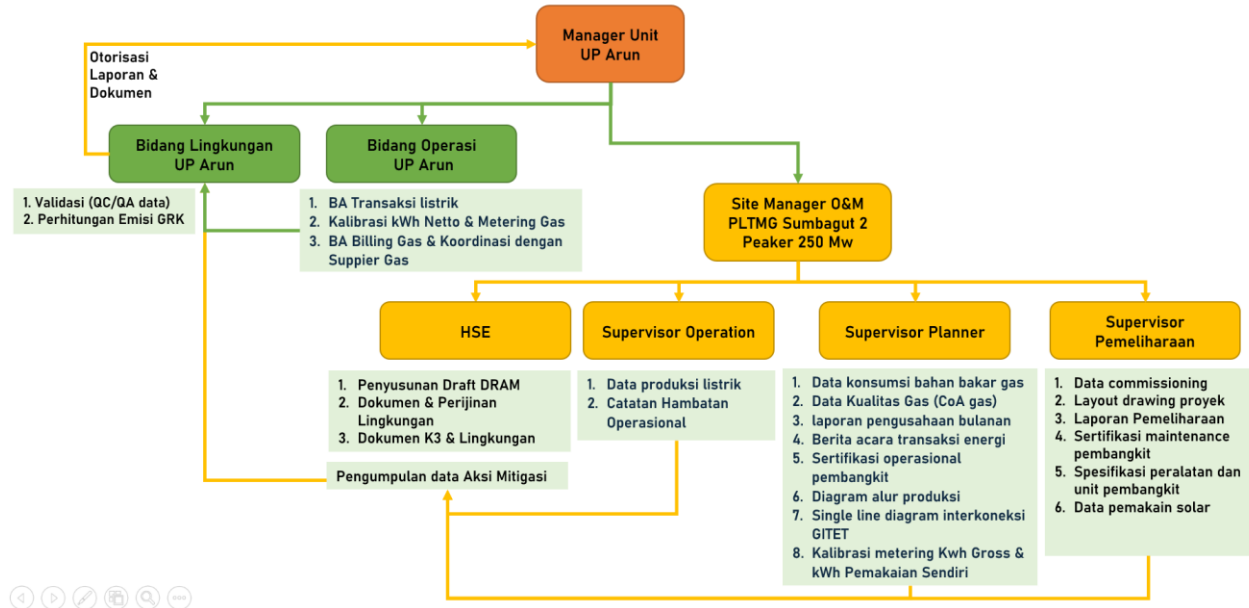
Versi	Tanggal	Keterangan	Pengesahan Perwakilan Penanggungjawab/ Pelaksana Aksi
1	26 Januari 2024	Lampiran 2 Lembar Pemantauan Lampiran 5 Perhitungan Lampiran 6 Keterangan Rumus	 Kornel Bram Rahadi

Versi	Tanggal	Keterangan	Pengesahan Perwakilan Penanggungjawab/ Pelaksana Aksi
			Lhokseumawe, 26 Januari 2024
2	16 Februari 2024	Sheet data aksi (penyempurnaan titik koordinat) Sheet perhitungan (penambahan perkiraan penurunan emisi) Lampiran 2 Lembar Pemantauan (update data faktor emisi berdasarkan teknologi & perkiraan reduksi emisi) Lampiran 5 Perhitungan (revisi perhitungan emisi leakage) Lampiran 6 Keterangan Rumus (Penambahan konversi) Lampiran 7 Efisiensi pembangkit lainnya	 Kornel Bram Rahadi Tanggal 16 Februari 2024
3	28 Februari 2024	Sheet Data Aksi (perubahan awal mula aksi mitigasi) Sheet perhitungan Tabel C2 (update nilai) Lampiran 2 (Update tabel 1 & 2 : parameter efisiensi pindah ke tabel 2) Lampiran 5 Perhitungan (revisi perhitungan emisi leakage & emisi baseline hanya menggunakan data 2022) Lampiran 6 Penambahan keterangan perhitungan NCV	 Kornel Bram Rahadi Tanggal 28 Februari 2024
4	15 Juli 2024	Revisi dokumen sesuai review temuan dari PT Sucofindo Indonesia selaku Lembaga Verifikasi dan Validasi	 Kornel Bram Rahadi Tanggal 15 Juli 2024
5	14 Agustus 2024	Revisi dokumen sesuai review temuan dari PT Sucofindo Indonesia hasil site visit validasi DRAM	 Kornel Bram Rahadi Tanggal 16 Agustus 2024
6	03 September 2024	Revisi dokumen sesuai review temuan dari PT Sucofindo Indonesia hasil site visit validasi DRAM	 Kornel Bram Rahadi 04 September 2024
7	17 September 2024	Revisi dokumen sesuai review temuan dari PT Sucofindo Indonesia hasil site visit validasi DRAM	 Kornel Bram Rahadi 23 September 2024
8	08 Oktober 2024	Revisi dokumen sesuai review temuan dari PT Sucofindo Indonesia hasil site visit validasi DRAM	 Kornel Bram Rahadi 09 Oktober 2024

Lampiran 1. Struktur Organisasi dan Pelaksanaan Pemantauan Aksi Mitigasi

Struktur pelaksana pemantauan dan pelaporan:

**ALUR PROSES PEROLEHAN DATA
PEMANTAUAN & PELAPORAN AKSI MITIGASI
PLTMG Sumbagut 2 Peaker 250 MW**



Jabatan	Peranan
Manager Unit UP Arun	Bertanggung jawab atas semua pelaksanaan kegiatan untuk perencanaan, pelaksanaan, hasil pemantauan dan pelaporan terkait dengan program penurunan gas rumah kaca dan/atau mitigasi penurunan gas rumah kaca di seluruh unit Pembangkit di bawah PLN Nusantara Power UP Arun
Bidang Lingkungan UP Arun	<ul style="list-style-type: none"> Berkoordinasi ke unit pembangkit di bawah naungan PLN NP UP Arun untuk memastikan seluruh site pembangkit menjalankan perencanaan, pelaksanaan, pemantauan dan pelaporan terkait dengan program penurunan gas rumah kaca dan/atau mitigasi penurunan gas rumah kaca. Melakukan QA/QC laporan perencanaan, capaian terkait aksi mitigasi dan inventarisasi GRK dari Sumbagut 2 Peaker
Bidang Operasi UP Arun	Berperan dalam penyediaan data terkait aksi mitigasi melalui: <ul style="list-style-type: none"> Berkoordinasi dengan unit pelaksana dalam Mengelola kegiatan operasional pembangkitan tenaga listrik sesuai dengan standart operasional yang berlaku. Melakukan koordinasi dengan bidang terkait dalam memastikan kegiatan produksi memenuhi kaidah dan peraturan lingkungan yang berlaku. Melakukan pengawasan terakit pemantauan dan ketersediaan data terkait dengan parameter operasional. Melakukan pemantauan BA Transaksi Listrik, BA Billing gas sertifikat kalibrasi kWh metering Netto dan kalibrasi metering transaksi gas serta koordinasi dengan Supplier Gas Melakukan Evaluasi terhadap data Pengurangan Emisi GRK (Data kWh)

Jabatan	Peranan
Site Manager PLTMG Sumbagut 2	<ul style="list-style-type: none"> Bertanggung jawab atas semua pelaksanaan kegiatan untuk perencanaan, pelaksanaan, hasil pemantauan dan pelaporan terkait dengan program penurunan gas rumah kaca dan/atau mitigasi penurunan gas rumah kaca di PLTMG Sumbagut 2 Peaker. Mendukung dalam membuat dan mengimplementasikan kebijakan terkait pengurangan emisi
Supervisor Operasi PLTMG Sumbagut 2	<p>Berperan menyediakan data yang dibutuhkan untuk pengelolaan dan pemantauan aksi mitigasi melalui:</p> <ul style="list-style-type: none"> Mengelola kegiatan operasional pembangkitan tenaga listrik sesuai dengan standart operasional yang berlaku. Melakukan koordinasi dengan bidang terkait dalam memastikan kegiatan produksi memenuhi kaidah dan peraturan lingkungan yang berlaku. Melakukan pengawasan terakit pemantauan dan ketersediaan data terkait dengan parameter operasional. Mengkoordinasikan aktivitas pengurangan emisi di tingkat departemen. Terlibat dalam implementasi kebijakan pengurangan emisi di tingkat operasional.
Supervisor Pemeliharaan PLTMG Sumbagut 2	<ul style="list-style-type: none"> Memastikan kegiatan pemeliharaan memenuhi aspek K3 dan lingkungan. Melakukan koordinasi dengan bidang terkait dalam perumusan program pengurangan pencemaran udara. Melakukan pengawasan terkait pemantauan dan terkait dengan keandalan peralatan operasional
Supervisor Planner PLTMG Sumbagut 2	<ul style="list-style-type: none"> Memastikan pelaksanaan kegiatan yang berkaitan dengan pengumpulan dan penyimpanan data operasional, niaga dan bahan bakar, termasuk didalamnya berkaitan dengan monitoring peralatan dan kalibrasi untuk metering kWh Gross & kWh Pemakaian Sendiri serta CoA dari supplier gas sesuai dengan standart yang berlaku. Melakukan penyimpanan data dan informasi terkait kegiatan pemeliharaan engine
HSE	<ul style="list-style-type: none"> Melakukan monitoring atas kualitas emisi yang dihasilkan dari kegiatan utama dan pendukung di PLTMG Sumbagut 2 Peaker secara manual menggunakan jasa laboratorium eksternal Menyusun dan menyampaikan laporan perencanaan dan capaian kegiatan aksi mitigasi dan inventarisasi Gas Rumah Kaca Memastikan pelaporan gas rumah kaca kepada stakeholder terkait dalam hal ini kementerian ESDM dan Kementrian KLHK tersampaikan. Melakukan pengumpulan data yang dibutuhkan dari O&M dan berkoordinasi dengan Tim Lingkungan UP Arun Melakukan Perhitungan Penurunan Emisi dari data yang telah diberikan dari Bid Operasi Melakukan perhitungan nilai kalori bersih (NCV) dan kandungan karbon bahan bakar gas Melakukan pencatatan data Pengurangan Emisi GRK (Data kWh)

Keterangan tentang prosedur pemantauan dan pelaporan

Data produksi listrik netto, sebagai parameter yang dipantau, dihasilkan dari alat ukur Metering Utama retensi pengukuran setiap 30 menit sekali. Pada periode pemantauan ini, data tersebut akan direkap dalam satu berita acara transaksi listrik pembangkit yang diterbitkan dan dilaporkan bulanan kemudian disetujui oleh Pihak PLN NP dan PLN Persero. Data hasil laporan akhir digunakan sebagai basis perhitungan PLN.

Dalam melakukan aksi mitigasi dilakukan pemantauan terhadap beberapa parameter yang dipersyaratkan tersebut merujuk pada referensi metodologi mengacu kepada Prosedur Tetap Transaksi Tenaga listrik dan Kepmen ESDM No. 163.K/HK.02/MEM.S/2021 tentang penetapan faktor emisi gas rumah kaca sistem ketenagalistrikan.

Parameter yang perlu dimonitor dan dilaporkan tertuang pada dokumen dibawah ini:

1. Instruksi Kerja Penyusunan Laporan Pengusahaan Bulanan dan Pencatatan Produksi Listrik : IKAR- 13.1.8.3.6
2. Instruksi Kerja Rekapitulasi Serapan Bahan Bakar Gas : IKAR- 306-14.3.1-01
3. Instruksi Kerja Inventarisasi Gas Rumah Kaca dan Pemantauan & Pelaporan Aksi Mitigasi : 001/SMBGT-GRK/IV/2024

Lampiran 2. Lembar Pemantauan Aksi Mitigasi

J.1. Tabel 1. Parameter-parameter yang dimonitor (*ex post*) [Diisi dengan notasi, satuan, dan keterangan sesuai dengan metodologi yang diterapkan.]

No.	Parameter	Deskripsi	Perkiraan Nilai	Satuan	Sumber data	Metode dan prosedur pengukuran	Frekuensi monitoring	Keterangan lainnya
1.	$E_{PJ,y}$	Produksi listrik netto operating margin yang disalurkan ke jaringan interkoneksi SUMATRA dalam periode y	961.164	MWh	kWh Meter Netto	Mendownload data load profile pada tiap-tiap kWh meter netto yang dikalibrasi secara rutin setiap 5 tahun dan/atau ditemukan indikasi abnormal pada metering	Bulanan	Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 20 Tahun 2020 Tentang Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik (Grid Code)
2.	$FC_{NG,y}$	Konsumsi bahan bakar Gas operating margin dalam periode y	8.124.976,46	MMBTU	Gas metering	Menggunakan Gas metering milik PT Perta Arun Gas yang berada berdampingan di sebelah Barat Laut dari lokasi CCR PLTMG Sumbagut 2 Peaker. Kalibrasi dilakukan secara rutin setiap 7 tahun dan/atau temuan indikasi abnormal pada metering via surat ke PLN Nusantara UP Arun	Bulanan	Permendag No. 68 Tahun 2018 tentang Tera dan Tera Ulang Alat-alat Ukur, Takar, Tambang dan Perlengkapannya. Lampiran I Jangka Waktu Tera Ulang UTP
3	C	Kandungan karbon	74,43%	% berat	Sertifikat Hasil Uji Bahan Bakar Gas (CoA)	Perhitungan kandungan karbon didapatkan dari menghitung hydrocarbon penyusun gas yang didapatkan dari COA Gas, kemudian dilakukan weighted average untuk mendapatkan nilai %mol dari setiap jenis gas. Dari nilai %mol dikalikan dengan jumlah mol karbon dari setiap hydrocarbon gas.	Bulanan	

No.	Parameter	Deskripsi	Perkiraan Nilai	Satuan	Sumber data	Metode dan prosedur pengukuran	Frekuensi monitoring	Keterangan lainnya
4	NCV _{NG,y}	Nilai kalor bersih (weighted average) bahan bakar gas PLTMG Sumbagut 2 Peaker	0,034	GJ/m ³	Perhitungan aktual NCV dari pembangkit	GCV didapatkan dari hasil perhitungan Heating Value Gross yang dikalikan dengan Volume dari setiap jenis properties Gas yang telah di <i>weighted average</i> . Menghitung nilai NCV dari hasil tetapan selisih nilai GCV berdasarkan Pedoman Inventarisasi GRK DJK tahun 2018	Bulanan	
5.	NCV _{j,k,y}	Nilai kalor bersih operating margin pada tahun ke y	49,547	TJ/Gg	Perhitungan aktual NCV dari pembangkit	GCV didapatkan dari hasil perhitungan Heating Value Gross yang dikalikan dengan Volume dari setiap jenis properties Gas yang telah di <i>weighted average</i> . Menghitung nilai NCV dari hasil tetapan selisih nilai GCV berdasarkan Pedoman Inventarisasi GRK DJK tahun 2018	Bulanan	Kandungan Carbon dan NCV dihitung berdasarkan COA Pasokan Gas bulanan

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

No.	Parameter	Deskripsi	Nilai	Satuan	Sumber data	Keterangan lainnya
1.	EFBL _{grid,CO2,y}	Faktor emisi GRK sistem ketenagalistrikan build margin ex-post	1,12	tCO ₂ e/MWh	DIRJEN Ketenagalistrikan ESDM	Faktor Emisi Baseline Tahun 2019
2.	EFBL _{grid,CO2,y}	Faktor emisi GRK sistem ketenagalistrikan combine margin ex-post (OM = 0,5 BM = 0,5)	0,94	tCO ₂ e/MWh	DIRJEN Ketenagalistrikan ESDM	Faktor Emisi Baseline Tahun 2019
3.	EFBL _{grid,CO2,y}	Faktor emisi baseline teknologi PLTMG	0,837	tCO ₂ e/MWh	Data Heat Rate PLTU Nagan Raya Unit #2 saat comisioning, berdasarkan pemilihan skema P1-P4	

4.	EFBL,Tech	Faktor Emisi CO2 bahan bakar baseline	0,0961	tCO2e/MWh	IPCC 2006 Tabel 1.4 Subituminous Coal Lower Rank. Default Value	
5.	η BL	Efisiensi teknologi	41,34	%	Menggunakan data efisiensi pada laporan komisioning PLTU Nagan Raya, berdasarkan pemilihan skema P1-P4	
6	FO Gas	Faktor Oksidasi Gas	100	%	2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol 2. Chapter 2 Stationary Combustion	
7	EFNG,upstream	Faktor Emisi untuk emisi hulu gas bumi	16,2	tCO2/GJ	UNFCCC Tabel 3 Default Emission Factor for Upstream Emission for Different Types of Fossil Fuel	

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

Pengurangan Emisi GRK	Unit satuan
233.632,00	tCO2e/tahun

Lampiran 3. Lembar Pemantauan Risiko Dampak Aksi Mitigasi

Tabel 1. Matriks Penilaian Resiko Dampak

No.	Indikator	Aspek Terdampak	Kondisi Awal	Kondisi Hipotetis Setelah Aksi Mitigasi	Dampak
1.	Lingkungan				
1.	Fungsi ekologis lokal	Fungsi Sungai dan Biota Air	Sungai di sekitar lokasi kegiatan tidak digunakan untuk kegiatan masyarakat	Fungsi Air Sungai tidak berubah, Air sungai secara alami mengalirkan air buangan dari kegiatan masyarakat dan kegiatan operasional PLTMG menuju Muara/Laut	0
1.2.	Kuantitas dan kualitas sumber daya alam	Sumberdaya Air	Air sungai sekitar lokasi ditetapkan kategori golongan II namun beberapa parameter sudah tidak memenuhi baku mutu	Kualitas Air Tanah dan Air Permukaan dapat menurun	-
1.3.	Keanekaragaman hayati	Flora dan Fauna	Lokasi merupakan lahan kering semak-semak dan bagian dari lahan Kawasan Industri milik Pemerintah	Kegiatan tidak mengganggu keanekaragaman hayati	0
1.4.	Kesehatan dan keselamatan	Tenaga kerja	-	Adanya risiko bahaya terhadap kesehatan dan keselamatan tenaga kerja di operasional PLTMG	-
1.5.	Penurunan Kualitas Udara	Masyarakat Sekitar Kegiatan	Pencemaran udara berasal dari lalu lintas kendaraan	Kegiatan menghasilkan emisi gas buang yang dapat berdampak terhadap kesehatan pekerja dan masyarakat sekitar	-
1.6.	Peningkatan tingkat Kebisingan	Masyarakat Sekitar Kegiatan & Pekerja	Tingkat kebisingan bersumber dari lalu lintas kendaraan	Kegiatan operasional dapat menimbulkan kebisingan	-
1.7.	Tingkat Medan Magnet & medan Listrik	Tenaga kerja	-	Adanya risiko Tingginya Medan Magnet dan Medan Listrik	-
1.8.	Inventarisasi Emisi GRK	Perubahan Iklim	-	Inventarisasi sumber Emisi GRK dapat dijadikan dasar penentuan langkah mitigasi terjadinya perubahan iklim	+
2.	Ekonomi				

No.	Indikator	Aspek Terdampak	Kondisi Awal	Kondisi Hipotetis Setelah Aksi Mitigasi	Dampak
2.1.	Pendapatan masyarakat/Peningkatan Kegiatan Ekonomi	Warga Sekitar	Tidak ada kegiatan ekonomi masyarakat di sekitar lokasi	Penambahan aktifitas ekonomi dari masyarakat dan Program Comdev berupa pelatihan dan pengadaan mesin jahit bagi warga sekitar	+
2.2.	Lapangan kerja/Kesempatan Kerja	Tenaga Kerja konstruksi dan Operasi	-	Kebutuhan Tenaga Kerja pada Tahap Konstruksi dan Operasi hingga 80 orang	+
2.3	Peningkatan Produksi	Masyarakat dan Site PLTMG Arun Ekspansi	-	Pencapaian target produksi dan pemenuhan kebutuhan listrik masyarakat tercukupi	+
3.	Sosial				
3.1.	Akses pada jasa dan pelayanan umum	Jalan Umum	Jalan di sekitar lokasi merupakan jalur lintas (jalan nasional)	Pembuatan Jalur Akses ke PLTMG dapat menjadi akses ke Lapangan bagi masyarakat di samping kegiatan	+
3.2.	Integritas sosial	Masyarakat Desa Meuria Paloh	Pranata sosial masyarakat sekitar merupakan struktur adat	Pranata sosial yang ada tidak terganggu dan tidak mengalami perubahan	0
3.3.	Penghormatan budaya	-	-	Pelaksanaan kegiatan tidak mengganggu warisan budaya adat istiadat masyarakat setempat	0
3.4	Keresahan Masyarakat	Masyarakat sekitar kegiatan	-	Kekhawatiran terkait kesempatan kerja bagi masyarakat sekitar	-
3.5	Perubahan Persepsi Masyarakat	Masyarakat Sekitar kegiatan	-	Kekhawatiran terkait kesempatan kerja bagi masyarakat sekitar	-
3.6	Penyelenggaraan Program CSR	Masyarakat Sekitar kegiatan	-	Masyarakat sekitar menerima manfaat bantuan sosial, Program Comdev dan bantuan Aktifitas Keagamaan	+
3.7	Relokasi penduduk	-	Lahan yang digunakan merupakan lahan milik negara di dalam kawasan industri (status lahan sewa)	Tidak dilakukan Relokasi Penduduk	0

Tabel 2. Matriks Upaya Pengelolaan Dampak Negatif

No.	Indikator	Aspek Terdampak	Uraian Upaya Pengelolaan Dampak	Keterangan
1	Kuantitas dan kualitas sumber daya alam	Sumberdaya Air	<ul style="list-style-type: none"> • Pengoperasian Pengolahan Air Limbah dan pengelolaan Limbah B3 yang dihasilkan • Sampling dan Pengujian Bulanan Kualitas Air Limbah 	<ul style="list-style-type: none"> • Air Limbah Pencucian Sparepart & Cleaning area Engine • Limbah B3 : Kain Majun Bekas, Oli Bekas hingga Filter Udara Bekas
2	Kesehatan dan keselamatan	Tenaga kerja	<ul style="list-style-type: none"> • Penerapan Sistem Manajemen K3, Penyusunan Kebijakan, SOP dan panduan K3 untuk disosialisasikan ke seluruh tenaga kerja • Penyediaan Alat Pelindung Diri dan Sistem tanggap Darurat termasuk Perlatan Tanggap Darurat 	Bahaya Terjepit, Terpeleset, Tegangan Tinggi, Kebisingan Tinggi, Paparan bahan Kimia & Limbah B3
3	Penurunan Kualitas Udara	Masyarakat Sekitar Kegiatan	<ul style="list-style-type: none"> • Pengoperasian Pembangkit Listrik sesuai SOP • Perawatan unit sesuai kebutuhan dan Pelaksanaan Preventive Maintenance sesuai Jadwal 	
4	Peningkatan tingkat Kebisingan	Masyarakat Sekitar Kegiatan	<ul style="list-style-type: none"> • Unit dilengkapi fasilitas peredam kebisingan • Penanaman tumbuhan pengurang kebisingan seperti pohon bambu • Prosedur Bekerja di area kebisingan tinggi dan penyediaan APD 	
5	Tingkat Medan Magnet & Medan Listrik	Tenaga kerja	<ul style="list-style-type: none"> • Prosedur keamanan area tegangan tinggi 	
6	Keresahan Masyarakat	Masyarakat Sekitar Kegiatan	<ul style="list-style-type: none"> • Sosialisasi terkait kebutuhan tenaga kerja ke masyarakat sekitar dan kebutuhan jasa kepada vendor local • Penerimaan tenaga kerja secara transparan • Pemberian upah sesuai aturan dan pemberian fasilitas jaminan kesehatan & sosial 	
7	Perubahan Persepsi Masyarakat	Masyarakat Sekitar kegiatan	<ul style="list-style-type: none"> • Kebijakan prioritas tenaga kerja lokal dan vendor lokal yang memiliki kompetensi dan sesuai kebutuhan 	

Tabel 3. Matriks Rencana Pemantauan Kegiatan Terhadap Pembangunan Keberlanjutan

No.	Indikator	Aspek Terdampak	Parameter yang dipantau	Acuan Kinerja	Referensi
1	Kuantitas dan kualitas sumber daya alam	Sumberdaya Air	Parameter Kimia, Fisika dan Biologi seta Mikroba pada Air Sungai Hulu & Hilir Kegiatan	Baku Mutu PermenLHK No. 22 Tahun 2021 Lampiran VI Kelas II	Amdal, RKL-RPL dan Laporan RKL-RPL Triwulan ke Dinas LH Kota, Provinsi & KLHK
2	Kesehatan dan keselamatan	Tenaga kerja	<ul style="list-style-type: none"> • Dokumentasi Sosialisasi kebijakan & SOP K3 • Peralatan Kerja K3 sesuai standar • Sertifikasi Personil • Monitoring Jumlah Kecelakaan Kerja 	Peraturan Menteri Tenaga Kerja	Laporan Kejadian K3
3	Penurunan Kualitas Udara	Masyarakat Sekitar dan Tenaga Kerja	<ul style="list-style-type: none"> • Kualitas Udara Emisi Cerobong masing-masing unit • Kualitas Udara Ambien di lokasi kegiatan dan area pemukiman warga 	PermenLHK No. P.15 Tahun 2019 Lampiran IV A PermenLHK No. 22 Tahun 2021	Laporan Triwulan Pengendalian Pencemaran Udara ke DLH Kota, DLHK Provinsi dan Ditjen PPU KLHK
4	Peningkatan tingkat kebisingan	Masyarakat	<ul style="list-style-type: none"> • Tingkat Kebisingan di area kegiatan dan area pemukiman • Kontrol kesehatan pekerja akibat bekerja di area kebisingan tinggi • Penerimaan Aduan Masyarakat 	KepmenLH No. 50 tahun 1996	Laporan RKL-RPL Triwulan ke Dinas LH Kota, Provinsi & KLHK
5	Tingkat Medan Magnet dan Medan Listrik	Tenaga Kerja	• Pengukuran Nilai medan magnet dan Medan Listrik oleh laboratorium terakreditasi	Rekomendasi RPA, INIRC dan WHO Tahun 1990	Laporan RKL-RPL Triwulan ke Dinas LH Kota, Provinsi & KLHK
6	Pendapatan masyarakat/Peningkatan Kegiatan Ekonomi	Warga Sekitar	<ul style="list-style-type: none"> • Jumlah kegiatan ekonomi masyarakat sekitar • Pendapatan rata-rata masyarakat 	-	Laporan RKL-RPL Triwulan ke Dinas LH Kota, Provinsi & KLHK
7	Lapangan kerja/Kesempatan Kerja	Tenaga Kerja konstruksi dan Operasi	<ul style="list-style-type: none"> • Jumlah Tenaga Kerja Lokal dan Luar Daerah • Kualifikasi Vendor Lokal 	-	Amdal dan Laporan RKL-RPL Triwulan ke Dinas LH Kota, Provinsi & KLHK

No.	Indikator	Aspek Terdampak	Parameter yang dipantau	Acuan Kinerja	Referensi
8	Peningkatan Produksi Listrik	Masyarakat dan Site PLTMG Arun Ekspansi	<ul style="list-style-type: none"> • Hasil Produksi Listrik harian & bulanan • Kegiatan Perbaikan dan Perawatan Unit Engine 	-	<ul style="list-style-type: none"> • Laporan Pengusahaan Bulanan • Prosedur & laporan Preventive Maintenance
9	Akses pada jasa dan pelayanan umum	Jalan Umum	Fungsi dan Kondisi Jalan	-	-
10	Keresahan Masyarakat	Kebisingan bagi Masyarakat Sekitar	Pengaduan/Komplain Masyarakat	-	Laporan RKL-RPL Triwulan ke Dinas LH Kota, Provinsi & KLHK
11	Perubahan Persepsi Masyarakat	Masyarakat Sekitar kegiatan	Pengaduan/Komplain Masyarakat	-	Laporan RKL-RPL Triwulan ke Dinas LH Kota, Provinsi & KLHK
12	Penyelenggaraan Program CSR	Masyarakat Sekitar kegiatan	Pengaduan/Komplain Masyarakat	-	Laporan RKL-RPL Triwulan ke Dinas LH Kota, Provinsi & KLHK
13	Inventarisasi Emisi GRK	Perubahan Iklim	<ul style="list-style-type: none"> • Perhitungan emisi GRK dengan menggunakan pedoman penghitungan dan pelaporan dari ESDM • Informasi & tanggapan dari ESDM melalui website Apple Gatrik terkait penginputan data aktivitas dan perhitungan emisi GRK 		Pedoman Penghitungan dan Pelaporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian ESDM 2018 Bidang Energi - Sub Bidang Ketenagalistrikan ESDM

Lampiran 4. Detail Perhitungan Penurunan Emisi Tahun 2023

Skenario Baseline			
No	Kondisi	Nilai Faktor emisi (ton CO ₂ /MWh)	Ket
EF1	Menggunakan faktor emisi GRK sistem ketenagalistrikan build margin ex-post	1,12	Faktor emisi sistem kelistrikan Sumatera, ESDM, 2019
EF2.1	Menggunakan faktor emisi GRK sistem ketenagalistrikan combine margin ex-post (OM = 0,5 BM = 0,5)	0,94	
EF 3	Menggunakan faktor emisi GRK dari teknologi PLTU Nagan Raya	0,837	Berdasarkan perhitungan berbasis pemilihan skenario P1-P4. Detail terlampir

Skenario yang dipilih adalah skenario yang memiliki nilai faktor emisi paling rendah yaitu EF 3

2. Perhitungan EF 3

Perhitungan EF 3 (Detail dapat dilihat pada Lampiran 7)

$$EF_{BL,Tech,CO_2} = \frac{EF_{BL}}{\eta_{BL}} \times 3,6 \quad (2)$$

dimana:

$EF_{BL,TECH,CO_2}$ = Faktor Emisi dari teknologi *baseline* dan bahan bakar (tCO₂/MWh)

EF_{BL} = Faktor Emisi CO₂ bahan bakar *baseline* (tCO₂/GJ)

η_{BL} = efisiensi teknologi *baseline* (rasio)

3,6 = faktor konversi dari GJ ke MWh (GJ/MWh)

SKEMA P1 : P1 : konstruksi dari 1 (satu) atau beberapa pembangkit listrik lainnya menggunakan gas bumi, tetapi dengan teknologi selain pembangkit aksi mitigasi

Heat Rate UP Arun 1

Unit	SFC (BTU/kWh)	Heat Rate (kCal/kWh)
UP Engine 10	7292,39	1837,68
Heat Rate Average UP Arun 1	7292,39	1837,68
Heat Rate Average UP Arun 1	1837,68	
Effisiensi	46,80%	
Effisiensi Pembangkit	46,12%	
Faktor Emisi Coal (EFBL Gas) kgCO ₂ /TJ*	56.100	
Faktor Emisi Coal (EFBL) tCO ₂ /GJ	0,06	
EF 3	0,44	

*) Pedoman IGRK DIK 2018-Lamp 3. NCV & IPCC Tier-1

SKEMA P2: konstruksi dari 1 (satu) atau beberapa pembangkit listrik lainnya menggunakan bahan bakar fosil selain gas bumi				
Heat Rate PLTU Nagan Raya 1-2				
Unit	COD	Heat Rate (kCal/kWh)		
Nagan 1	Juni 2014	2041		
Nagan 2	Agustus 2014	2080,45		
Heat Rate Average Nagan Raya		2060,725		
Heat Rate Average Nagan Raya			2080,45	
Effisiensi			41,34%	
Faktor Emisi Coal (EFBL Coal) tCO2/GJ*			0,0961	
EF 3 (tCO2/MWh)			0,8369	>> skema yang paling menarik untuk dipilih karena memiliki nilai FE bahan bakar fosil yang paling besar dan teknologi yang digunakan berbeda dengan proyek aksi mitigasi
*JIPCC 2006 Tabel 1.4 Subituminous Coal Lower Rank. Default Value				

3. Perhitungan Emisi CO2 Aktual (EPy)	
Emisi CO2 dari penggunaan bahan bakar (Menggunakan rumus Pedoman IGRK DIK 2018)	
Bahan bakar gas bumi dan LNG	
$E_{CO_2} = F_{gas} \times 0,001055 \times \frac{C}{NCV} \times FO \times 10^3 \times \frac{44}{12}$	
dimana:	
E_{CO_2}	: Total emisi BBM (ton CO ₂)
F_{gas}	: Jumlah konsumsi gas <i>netto</i> (MMBTU)
NCV	: Nilai kalor bersih (TJ/Gg)
FO	: Faktor oksidasi
C	: Kandungan karbon (%)
0,001055	: Unit konversi (MMBTU ke TJ)
10 ³	: Unit konversi
44	: Berat molekul CO ₂
12	: Berat atom C
NCV (BTU/ft3)	916,29
NCV (TJ/ft3)	0,00000097
NCV (TJ/m3)	0,00003414
NCV (TJ/Gg)	49,971
Density (lbs/scf)	0,043
Density (kg/m3)	0,683
Density (Gg/m3)	6,83163E-07
C (%)	74,62%
FO Gas (%)	1
Konsumsi Gas Netto 2023 (MMBTU)	9.486.478,33
EPy CO2 2023 (tCO2)	527.212,65355

4. Perhitungan Emisi Baseline (BEy)

$$BE_y = EG_{PJ,grid,y} \times EF_{BL,grid,CO_2,y} + \sum_i EG_{PJ,facility,i,y} \times EF_{BL,facility,CO_2,i,y} \quad (1)$$

dimana:

- BE_y = Emisi *Baseline* pada tahun y (tCO₂)
 EG_{PJ,grid,y} = produksi listrik neto yang dihasilkan pembangkit listrik aksi mitigasi dan disalurkan ke sistem interkoneksi tenaga listrik pada tahun y (MWh)
 EF_{BL,grid,CO₂,y} = Faktor Emisi CO₂ *baseline* untuk listrik yang disalurkan ke sistem interkoneksi tenaga listrik pada tahun y (tCO₂/ MWh)
 EG_{PJ,facility,i,y} = produksi listrik neto yang dihasilkan pembangkit listrik aksi mitigasi dan disalurkan ke fasilitas konsumsi listrik pada tahun y (MWh)
 EF_{BL,facility,CO₂,i,y} = Faktor Emisi CO₂ *baseline* untuk listrik yang disalurkan ke fasilitas pemakai listrik pada tahun y (tCO₂/MWh)
 i = fasilitas pemakai listrik

Perhitungan	2023
Produksi listrik 2023 (GJ)	4.035.560
Produksi listrik 2023 (MWH)	1.120.989
BE Grid (tCO2)	938.179,62
BE Facility (tCO2)	0,0000
BEy	938.179,625

5. Perhitungan Emisi Leakage

$$LE_y = [FC_{NG,y} \times NCV_{NG,y} \times EF_{NG,upstream} - EG_{PJ,grid,y} \times EF_{BL,us,grid,y} - \sum_i EG_{PJ,facility,i,y} \times EF_{BL,us,facility,i,y}] \quad (3)$$

dimana:

LE _y	= Emisi <i>Leakage</i> pada tahun y (tCO ₂)
FC _{NG,y}	= jumlah gas bumi yang dibakar di pembangkit listrik aksi mitigasi pada tahun y (m ³)
NCV _{NG,y}	= nilai kalor bersih rata-rata gas bumi yang dibakar sepanjang tahun y (GJ/m ³)
EF _{NG,upstream}	= Faktor Emisi untuk emisi hulu gas bumi (tCO ₂ /GJ)
EG _{PJ,grid,y}	= produksi listrik neto yang dihasilkan di pembangkit listrik aksi mitigasi dan disalurkan ke sistem interkoneksi tenaga listrik pada tahun y (MWh)
EF _{BL,us,grid,y}	= Faktor Emisi untuk emisi hulu yang terjadi pada kondisi <i>baseline</i> karena listrik disalurkan ke sistem interkoneksi tenaga listrik (tCO ₂ /MWh)
EG _{PJ,facility,i,y}	= produksi listrik neto yang dihasilkan pembangkit listrik aksi mitigasi dan disalurkan ke fasilitas konsumen listrik i pada tahun y (MWh)
EF _{BL,us,facility,i,y}	= Faktor Emisi untuk emisi hulu yang terjadi pada kondisi <i>baseline</i> karena listrik disalurkan ke fasilitas konsumen listrik (tCO ₂ /MWh)

Perhitungan		
EF Up Stream LNG (tCO2e/GJ)	16,2	
EF Up Stream LNG (tCO2e/GJ)	0,0162	
EF Up Stream LNG (tCO2e/MWh)	0,0045	
Pembangkit	2023 (m3)	LE Upstream (Tco2)
PLTMG ARUN EKSPANSI 1-13	262.910.395,650	145.399,266
TOTAL	262.910.395,650	145.399,266
LE Upstream (tCO2)	145.399,266	
EF BL Grid	0,000	
LE Grid (tCO2)	0,000	
LE Facility (tCO2)	0,000	
LEy (tCO2)	145.399,266	

6. Perhitungan Penurunan Emisi pada Tahun 2023

$$PE_y = BE_y - EP_y - LE_y$$

(8)

dimana:

PE _y	=	Penurunan emisi pada tahun y (tonCO ₂)
BE _y	=	Emisi <i>Baseline</i> pada tahun y (tonCO ₂)
EP _y	=	Emisi aksi mitigasi pada tahun y (tonCO ₂)
LE _y	=	Emisi <i>Leakage</i> pada tahun y (tonCO ₂)

BE _y (tCO ₂)	938.179,62
LE _y (tCO ₂)	145.399,27
EP _y (tCO ₂)	527.212,65
PE _y (tCO ₂)	265.567,71
PE _y (tCO ₂)-Pembulatan konservatif	265.567,00

LAMPIRAN 4A. Detail Perhitungan Penurunan Emisi Tahun 2022

Skenario Baseline			
No	Kondisi	Nilai Faktor emisi (ton CO ₂ /MWh)	Ket
EF1	Menggunakan faktor emisi GRK sistem ketenagalistrikan build margin ex-post	1,12	Faktor emisi sistem kelistrikan Sumatera, ESDM, 2019
EF2.1	Menggunakan faktor emisi GRK sistem ketenagalistrikan combine margin ex-post (OM = 0,5 BM = 0,5)	0,94	
EF 3	Menggunakan faktor emisi GRK dari teknologi PLTU Nagan Raya	0,837	Berdasarkan perhitungan berbasis pemilihan skenario P1-P4. Detail terlampir

Skenario yang dipilih adalah skenario yang memiliki nilai faktor emisi paling rendah yaitu EF 3

2. Perhitungan EF 3

Perhitungan EF 3 (Detail dapat dilihat pada Lampiran 7)

$$EF_{BL,Tech,CO_2} = \frac{EF_{BL}}{\eta_{BL}} \times 3,6$$

(2)

dimana:

$EF_{BL,TECH,CO_2}$ = Faktor Emisi dari teknologi *baseline* dan bahan bakar (tCO₂/MWh)

EF_{BL} = Faktor Emisi CO₂ bahan bakar *baseline* (tCO₂/GJ)

η_{BL} = efisiensi teknologi *baseline* (rasio)

3,6 = faktor konversi dari GJ ke MWh (GJ/MWh)

SKEMA P1 : P1 : konstruksi dari 1 (satu) atau beberapa pembangkit listrik lainnya menggunakan gas bumi, tetapi dengan teknologi selain pembangkit aksi mitigasi

Heat Rate UP Arun 1

Unit	SFC (BTU/kWh)	Heat Rate (kCal/kWh)
UP Engine 10	7292,39	1837,68
Heat Rate Average UP Arun 1	7292,39	1837,68
Heat Rate Average UP Arun 1	1837,68	
Effisiensi	46,80%	
Effisiensi Pembangkit	46,12%	
Faktor Emisi Coal (EFBL Gas) kgCO ₂ /TJ*	56.100	
Faktor Emisi Coal (EFBL) tCO ₂ /GJ	0,06	
EF 3	0,44	

*) Pedoman IGRK DIK 2018-Lamp 3. NCV & IPCC Tier-1

SKEMA P2: konstruksi dari 1 (satu) atau beberapa pembangkit listrik lainnya menggunakan bahan bakar fosil selain gas bumi				
Heat Rate PLTU Nagan Raya 1-2				
Unit	COD	Heat Rate (kCal/kWh)		
Nagan 1	Juni 2014	2041		
Nagan 2	Agustus 2014	2080,45		
Heat Rate Average Nagan Raya		2060,725		
Heat Rate Average Nagan Raya	2080,45			
Effisiensi	41,34%			
Faktor Emisi Coal (EFBL Coal) tCO2/GJ*	0,0961			
EF 3 (tCO2/MWh)	0,8369	>> skema yang paling menarik untuk dipilih karena memiliki nilai FE bahan bakar fosil yang paling besar dan teknologi yang digunakan berbeda dengan proyek aksi mitigasi		
*JIPCC 2006 Tabel 1.4 Subituminous Coal Lower Rank. Default Value				

3. Perhitungan Emisi CO2 Aktual (EPy)

Emisi CO2 dari penggunaan bahan bakar (Menggunakan rumus Pedoman IGRK DJK 2018)

Bahan bakar gas bumi dan LNG

$$E_{CO_2} = F_{gas} \times 0,001055 \times \frac{C}{NCV} \times FO \times 10^3 \times \frac{44}{12}$$

dimana:

- E_{CO_2} : Total emisi BBM (ton CO₂)
- F_{gas} : Jumlah konsumsi gas *netto* (MMBTU)
- NCV : Nilai kalor bersih (TJ/Gg)
- FO : Faktor oksidasi
- C : Kandungan karbon (%)
- 0,001055 : Unit konversi (MMBTU ke TJ)
- 10^3 : Unit konversi
- 44 : Berat molekul CO₂
- 12 : Berat atom C

NCV (BTU/ft3)	920,75
NCV (TJ/ft3)	0,00000097
NCV (TJ/m3)	0,00003430
NCV (TJ/Gg)	49,547
Density (lbs/scf)	0,043
Density (kg/m3)	0,692
Density (Gg/m3)	6,92362E-07
C (%)	74,43%
FO Gas (%)	1
Konsumsi Gas Netto 2022 (MMBTU)	8.124.976,46
EPy CO2 2022 (tCO2)	454.230,899

4. Perhitungan Emisi Baseline (BE_y)

$$BE_y = EG_{PJ,grid,y} \times EF_{BL,grid,CO_2,y} + \sum_i EG_{PJ,facility,i,y} \times EF_{BL,facility,CO_2,i,y} \quad (1)$$

dimana:

- BE_y = Emisi *Baseline* pada tahun y (tCO₂)
- EG_{PJ,grid,y} = produksi listrik neto yang dihasilkan pembangkit listrik aksi mitigasi dan disalurkan ke sistem interkoneksi tenaga listrik pada tahun y (MWh)
- EF_{BL,grid,CO₂,y} = Faktor Emisi CO₂ *baseline* untuk listrik yang disalurkan ke sistem interkoneksi tenaga listrik pada tahun y (tCO₂/MWh)
- EG_{PJ,facility,i,y} = produksi listrik neto yang dihasilkan pembangkit listrik aksi mitigasi dan disalurkan ke fasilitas konsumsi listrik pada tahun y (MWh)
- EF_{BL,facility,CO₂,i,y} = Faktor Emisi CO₂ *baseline* untuk listrik yang disalurkan ke fasilitas pemakai listrik pada tahun y (tCO₂/MWh)
- i = fasilitas pemakai listrik

Perhitungan	2022
Produksi listrik 2022 (GJ)	3.460.192
Produksi listrik 2022 (MWH)	961.164
BE Grid (tCO ₂)	804.438,42
BE Facility (tCO ₂)	0,0000
BE_y 2022 (tCO₂)	804.438,423

5. Perhitungan Emisi Leakage

$$LE_y = [FC_{NG,y} \times NCV_{NG,y} \times EF_{NG,upstream} - EG_{PJ,grid,y} \times EF_{BL,us,grid,y} - \sum_i EG_{PJ,facility,i,y} \times EF_{BL,us,facility,i,y}] \quad (3)$$

dimana:

- LE_y = Emisi *Leakage* pada tahun y (tCO₂)
- FC_{NG,y} = jumlah gas bumi yang dibakar di pembangkit listrik aksi mitigasi pada tahun y (m³)
- NCV_{NG,y} = nilai kalor bersih rata-rata gas bumi yang dibakar sepanjang tahun y (GJ/m³)
- EF_{NG,upstream} = Faktor Emisi untuk emisi hulu gas bumi (tCO₂/GJ)
- EG_{PJ,grid,y} = produksi listrik neto yang dihasilkan di pembangkit listrik aksi mitigasi dan disalurkan ke sistem interkoneksi tenaga listrik pada tahun y (MWh)
- EF_{BL,us,grid,y} = Faktor Emisi untuk emisi hulu yang terjadi pada kondisi *baseline* karena listrik disalurkan ke sistem interkoneksi tenaga listrik (tCO₂/MWh)
- EG_{PJ,facility,i,y} = produksi listrik neto yang dihasilkan pembangkit listrik aksi mitigasi dan disalurkan ke fasilitas konsumen listrik i pada tahun y (MWh)
- EF_{BL,us,facility,i,y} = Faktor Emisi untuk emisi hulu yang terjadi pada kondisi *baseline* karena listrik disalurkan ke fasilitas konsumen listrik (tCO₂/MWh)

Perhitungan		
EF Up Stream LNG (tCO ₂ e/GJ)	16,2	
EF Up Stream LNG (tCO ₂ e/GJ)	0,0162	
EF Up Stream LNG (tCO ₂ e/MWh)	0,0045	
Pembangkit	2022 (m ³)	LE Upstream (Tco2)
PLTMG ARUN EKSPANSI 1-13	225.331.451,172	125.223,62
TOTAL	225.331.451,172	125.223,62
LE Upstream (tCO ₂)	125.223,615	
EF BL Grid	0,000	
LE Grid (tCO ₂)	0,000	
LE Facility (tCO ₂)	0,000	
LE_y 2022 (tCO₂)	125.223,615	

6. Perhitungan Penurunan Emisi pada Tahun 2022

$$PE_y = BE_y - EP_y - LE_y \quad (8)$$

dimana:

PE _y	=	Penurunan emisi pada tahun y (tonCO ₂)
BE _y	=	Emisi <i>Baseline</i> pada tahun y (tonCO ₂)
EP _y	=	Emisi aksi mitigasi pada tahun y (tonCO ₂)
LE _y	=	Emisi <i>Leakage</i> pada tahun y (tonCO ₂)

BE _y (tCO ₂)	804.438,42
LE _y (tCO ₂)	125.223,62
EP _y (tCO ₂)	454.230,90
PE _y (tCO ₂)	224.983,91
PE _y (tCO ₂)-Pembulatan konservatif	224.983,00

LAMPIRAN 4B. Detail Perhitungan Penurunan Emisi Tahun 2021

Skenario Baseline			
No	Kondisi	Nilai Faktor emisi (ton CO ₂ /MWh)	Ket
EF1	Menggunakan faktor emisi GRK sistem ketenagalistrikan build margin ex-post	1,12	Faktor emisi sistem kelistrikan Sumatera, ESDM, 2019
EF2.1	Menggunakan faktor emisi GRK sistem ketenagalistrikan combine margin ex-post (OM = 0,5 BM = 0,5)	0,94	
EF 3	Menggunakan faktor emisi GRK dari teknologi PLTU Nagan Raya	0,837	Berdasarkan perhitungan berbasis pemilihan skenario P1-P4. Detail terlampir

Skenario yang dipilih adalah skenario yang memiliki nilai faktor emisi paling rendah yaitu EF 3

2. Perhitungan EF 3

Perhitungan EF 3 (Detail dapat dilihat pada Lampiran 7)

$$EF_{BL,Tech,CO_2} = \frac{EF_{BL}}{\eta_{BL}} \times 3,6$$

(2)

dimana:

$EF_{BL,TECH,CO_2}$ = Faktor Emisi dari teknologi *baseline* dan bahan bakar (tCO₂/MWh)

EF_{BL} = Faktor Emisi CO₂ bahan bakar *baseline* (tCO₂/GJ)

η_{BL} = efisiensi teknologi *baseline* (rasio)

3,6 = faktor konversi dari GJ ke MWh (GJ/MWh)

SKEMA P1 : P1 : konstruksi dari 1 (satu) atau beberapa pembangkit listrik lainnya menggunakan gas bumi, tetapi dengan teknologi selain pembangkit aksi mitigasi

Heat Rate UP Arun 1

Unit	SFC (BTU/kWh)	Heat Rate (kCal/kWh)
UP Engine 10	7292,39	1837,68
Heat Rate Average UP Arun 1	7292,39	1837,68
Heat Rate Average UP Arun 1	1837,68	
Effisiensi	46,80%	
Effisiensi Pembangkit	46,12%	
Faktor Emisi Coal (EFBL Gas) kgCO ₂ /TJ*	56.100	
Faktor Emisi Coal (EFBL) tCO ₂ /GJ	0,06	
EF 3	0,44	

*) Pedoman IGRK DIK 2018-Lamp 3. NCV & IPCC Tier-1

SKEMA P2: konstruksi dari 1 (satu) atau beberapa pembangkit listrik lainnya menggunakan bahan bakar fosil selain gas bumi				
Heat Rate PLTU Nagan Raya 1-2				
Unit	COD	Heat Rate (kCal/kWh)		
Nagan 1	Juni 2014	2041		
Nagan 2	Agustus 2014	2080,45		
Heat Rate Average Nagan Raya		2060,725		
Heat Rate Average Nagan Raya			2080,45	
Efisiensi			41,34%	
Faktor Emisi Coal (EFBL Coal) tCO ₂ /GJ*			0,0961	
EF 3 (tCO ₂ /MWh)			0,8369	>> skema yang paling menarik untuk dipilih karena memiliki nilai FE bahan bakar fosil yang paling besar dan teknologi yang digunakan berbeda dengan proyek aksi mitigasi
*)IPCC 2006 Tabel 1.4 Subbituminous Coal Lower Rank. Default Value				

3. Perhitungan Emisi CO₂ Aktual (EPy)

Emisi CO₂ dari penggunaan bahan bakar (Menggunakan rumus Pedoman IGRK DJK 2018)

Bahan bakar gas bumi dan LNG

$$E_{CO_2} = F_{gas} \times 0,001055 \times \frac{C}{NCV} \times FO \times 10^3 \times \frac{44}{12}$$

dimana:

- E_{CO₂} : Total emisi BBM (ton CO₂)
- F_{gas} : Jumlah konsumsi gas *netto* (MMBTU)
- NCV : Nilai kalor bersih (TJ/Gg)
- FO : Faktor oksidasi
- C : Kandungan karbon (%)
- 0,001055 : Unit konversi (MMBTU ke TJ)
- 10³ : Unit konversi
- 44 : Berat molekul CO₂
- 12 : Berat atom C

NCV (BTU/lb3)	918,89
NCV (TJ/lb3)	0,00000097
NCV (TJ/m3)	0,00003423
NCV (TJ/Gg)	50,012
Density (lbs/scf)	0,043
Density (kg/m3)	0,685
Density (Gg/m3)	6,84536E-07
C (%)	74,75%
FO Gas (%)	1
Konsumsi Gas Netto 2021 (MMBTU)	8.544.982,68
EPy CO₂ 2021 (tCO₂)	475.310,967

4. Perhitungan Emisi Baseline (BE_y)

$$BE_y = EG_{PJ,grid,y} \times EF_{BL,grid,CO_2,y} + \sum_i EG_{PJ,facility,i,y} \times EF_{BL,facility,CO_2,i,y} \quad (1)$$

dimana:

BE _y	=	Emisi <i>Baseline</i> pada tahun y (tCO ₂)
EG _{PJ,grid,y}	=	produksi listrik neto yang dihasilkan pembangkit listrik aksi mitigasi dan disalurkan ke sistem interkoneksi tenaga listrik pada tahun y (MWh)
EF _{BL,grid,CO₂,y}	=	Faktor Emisi CO ₂ <i>baseline</i> untuk listrik yang disalurkan ke sistem interkoneksi tenaga listrik pada tahun y (tCO ₂ /MWh)
EG _{PJ,facility,i,y}	=	produksi listrik neto yang dihasilkan pembangkit listrik aksi mitigasi dan disalurkan ke fasilitas konsumsi listrik pada tahun y (MWh)
EF _{BL,facility,CO₂,i,y}	=	Faktor Emisi CO ₂ <i>baseline</i> untuk listrik yang disalurkan ke fasilitas pemakai listrik pada tahun y (tCO ₂ /MWh)
i	=	fasilitas pemakai listrik

Perhitungan	2021
Produksi listrik 2021 (GJ)	3.661.656
Produksi listrik 2021 (MWh)	1.017.127
BE Grid (tCO ₂)	851.255,21
BE Facility (tCO ₂)	0,0000
BEy 2021 (tCO₂)	851.255,209

5. Perhitungan Emisi Leakage

$$LE_y = [FC_{NG,y} \times NCV_{NG,y} \times EF_{NG,upstream} - EG_{PJ,grid,y} \times EF_{BL,us,grid,y} - \sum_i EG_{PJ,facility,i,y} \times EF_{BL,us,facility,i,y}] \quad (3)$$

dimana:

LE _y	=	Emisi <i>Leakage</i> pada tahun y (tCO ₂)
FC _{NG,y}	=	jumlah gas bumi yang dibakar di pembangkit listrik aksi mitigasi pada tahun y (m ³)
NCV _{NG,y}	=	nilai kalor bersih rata-rata gas bumi yang dibakar sepanjang tahun y (GJ/m ³)
EF _{NG,upstream}	=	Faktor Emisi untuk emisi hulu gas bumi (tCO ₂ /GJ)
EG _{PJ,grid,y}	=	produksi listrik neto yang dihasilkan di pembangkit listrik aksi mitigasi dan disalurkan ke sistem interkoneksi tenaga listrik pada tahun y (MWh)
EF _{BL,us,grid,y}	=	Faktor Emisi untuk emisi hulu yang terjadi pada kondisi <i>baseline</i> karena listrik disalurkan ke sistem interkoneksi tenaga listrik (tCO ₂ /MWh)
EG _{PJ,facility,i,y}	=	produksi listrik neto yang dihasilkan pembangkit listrik aksi mitigasi dan disalurkan ke fasilitas konsumen listrik i pada tahun y (MWh)
EF _{BL,us,facility,i,y}	=	Faktor Emisi untuk emisi hulu yang terjadi pada kondisi <i>baseline</i> karena listrik disalurkan ke fasilitas konsumen listrik (tCO ₂ /MWh)

Perhitungan		
EF Up Stream LNG (tCO2e/TJ)	16,2	
EF Up Stream LNG (tCO2e/GJ)	0,0162	
EF Up Stream LNG (tCO2e/MWh)	0,0045	
Pembangkit	2021 (m3)	LE Upstream (Tco2)
PLTMG ARUN EKSPANSI 1-13	236.199.434,240	130.997,43
TOTAL	236.199.434,240	130.997,43
LE Upstream (tCO2)	130.997,428	
EF BL Grid	0,000	
LE Grid (tCO2)	0,000	
LE Facility (tCO2)	0,000	
LEy 2021 (tCO2)	130.997,428	

6. Perhitungan Penurunan Emisi pada Tahun 2021

$$PE_y = BE_y - EP_y - LE_y \quad (8)$$

dimana:

PE _y	=	Penurunan emisi pada tahun y (tonCO ₂)
BE _y	=	Emisi <i>Baseline</i> pada tahun y (tonCO ₂)
EP _y	=	Emisi aksi mitigasi pada tahun y (tonCO ₂)
LE _y	=	Emisi <i>Leakage</i> pada tahun y (tonCO ₂)

BE _y (tCO ₂)	851.255,21
LE _y (tCO ₂)	130.997,43
EP _y (tCO ₂)	475.310,97
PE _y (tCO ₂)	244.946,81
PE _y (tCO ₂)-Pembulatan konservatif	244.946,00

Lampiran 5. Daftar Sertifikasi Personil PLTMG Sumbagut 2 Peaker

DAFTAR SERTIFIKASI & PELATIHAN PERSONIL PLTMG SUMBAGUT 2 PEAKER 250 MW

No.	Nama Pelatihan	Tujuan Pelatihan	Jumlah Personil	Durasi Pelatihan	Waktu Pelatihan	Keterangan
1	Manager Bidang Operasi Pada Unit PLTD	Mampu mengoperasikan Pembangkit Listrik Kapasitas besar	1 orang	3 hari	8 September 2021	
2	Manajemen Resiko (Risk Management)	Meningkatkan pemahaman dan keterampilan peserta untuk mengetahui ketidakpastian dalam bisnis yang disebabkan oleh masalah dalam pekerjaan	8 orang	2 hari	2023	
3	Pengenalan ISO 9001 & 14001	Mengenal persyaratan ISO 9001 & 14001, memahami proses sertifikasi & memahami langkah-langkah penerapan ISO 9001 & 14001	1 orang	4 hari	2010	
4	Ahli K3 Umum	mengetahui tugas dan kewajibannya dalam hal melaksanakan prosedur, sistem dan proses Keselamatan dan Kesehatan Kerja di tempat kerjanya sesuai dengan Peraturan dan Undang-Undang (UU) yang berlaku.	3 orang	12 hari	Februari 2021	
5	SHE Basic Officer Training	Mengurangi risiko kecelakaan kerja, memiliki pengetahuan tentang upaya pencegahan kecelakaan & memahami dasar-dasar pembangunan SMK3, OHSAS & ISO	1 orang	3 hari	Oktober 2018	
6	Pembinaan Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Pemadaman Kebakaran	Meningkatkan pengetahuan, kemampuan, dan keterampilan dalam penanggulangan kebakaran Mengetahui prosedur menghadapi bahaya kebakaran Mampu melakukan koordinasi seluruh petugas peran kebakaran Mampu mencegah dan menanggulangi kebakaran di tempat kerja Mampu memahami pentingnya upaya pencegahan kebakaran Mampu mengerti bagaimana kebakaran terjadi, penalarannya, dan bagaimana pencegahan dan penanggulangannya Mampu mengantisipasi dan mengurangi kerugian akibat kebakaran Mampu memadamkan kebakaran tingkat awal Mampu menilai tingkat risiko dan meminimalkan kerugian yang timbul Mampu merancang sistem proteksi kebakaran	1 orang	5 hari	20 Agustus 2018	
7	Safety Awareness Training	Memiliki pemahaman & kesadaran keselamatan dalam bekerja, sehingga dapat menurunkan risiko kecelakaan di lingkungan kerja	2 orang	3 hari	Maret 2019	
8	First Aid and CPR Training	Memiliki pengetahuan dasar tentang pertolongan pertama dalam situasi darurat & mampu melakukan pertolongan pertama pada kecelakaan dan penyakit mendadak	1 orang	5 hari	Maret 2021	
9	First Aid (P3K)	Pemahaman & Keterampilan dalam penanganan/tindakan Pertolongan Pertama pada Kecelakaan	5 orang	5 hari	September 2022	
10	Advance Fire Fighting	Mampu mengendalikan kebakaran di kapal	2 orang	5 hari	Maret 2019	
11	Basic Safety Training	Memiliki kesadaran dan keterampilan dalam menjaga keamanan dan kesehatan kerja	2 orang	2 hari	February 2019	
12	K3 Kebakaran (Pencegahan & Penanggulangan Kebakaran)	Menyadarkan peserta akan pentingnya pencegahan kebakaran dibandingkan penanggulangannya Memberikan pengetahuan tentang penyebab, penalaran, dan cara mencegah dan menanggulangi kebakaran Menumbuhkan kesadaran untuk meningkatkan perilaku sehari-hari dalam mencegah kebakaran Mengenalkan peralatan pencegahan dan penanggulangan kebakaran Mengantisipasi dan mengurangi kerugian akibat kebakaran Membekali peserta dengan kemampuan untuk melaksanakan inspeksi pencegahan kebakaran Membekali peserta dengan kemampuan untuk memeriksa dan memelihara sarana alat pelindung kebakaran Membekali peserta dengan kemampuan untuk memadamkan kebakaran tingkat lanjut Membekali peserta dengan kemampuan untuk menyelamatkan dan memberi pertolongan pada korban	1 orang	5 hari	30 Juni 2021	
13	Security Awareness Training	Mampu memahami, mengidentifikasi, dan menghindari ancaman siber Mencegah atau mengurangi kerugian bagi organisasi dan pemangku kepentingannya Mengurangi risiko siber bagi manusia Melatih karyawan untuk mendeteksi ancaman Meminimalkan risiko phishing dan ransomware Mencegah hilangnya informasi identitas pribadi (PII), kekayaan intelektual (IP), pendapatan, reputasi merek, dan loyalitas pelanggan Melatih pengguna mengenai potensi ancaman terhadap informasi organisasi Mengajarkan kebersihan siber yang tepat Mengajarkan cara mengidentifikasi serangan siber yang disampaikan melalui email dan penelusuran web Menciptakan kesadaran di seluruh perusahaan tentang ancaman keamanan Memberdayakan karyawan untuk mengenali dan mencegah insiden keamanan sebelum terjadi	1 orang	2 hari	13 Maret 2018	
14	Penanggungjawab Pengelolaan Limbah B3	memahami aturan pengelolaan limbah B3, mampu mengelola limbah B3 dengan tepat, menilai tingkat pencemaran lingkungan akibat limbah B3 & melakukan tanggap darurat dalam pengelolaan limbah B3	1 orang	3 hari	Juli 2022	
15	Operator PLB3	memahami aturan pengelolaan limbah B3, mampu mengelola limbah B3 dengan tepat & melakukan tanggap darurat dalam pengelolaan limbah B3	1 orang	3 hari	November 2022	
16	Bimbingan Teknis Pengelolaan Limbah B3	Memahami pengelolaan limbah B3, di antaranya: Mengenal peraturan perundang-undangan terkait limbah B3, Mengidentifikasi bahan B3, Menangani dan menyimpan limbah B3, Mempelajari teknik pemantauan limbah B3, Mempelajari tanggap darurat dan analisis risiko limbah B3	1 orang	2 Hari	2017	
17	Penanggungjawab Pengendalian Pencemaran Air (PPPA)	memastikan kompetensi kerja para PPPA serta memberikan pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan bagi para PPPA	1 orang	3 hari	2024	

No.	Nama Pelatihan	Tujuan Pelatihan	Jumlah Personil	Durasi Pelatihan	Waktu Pelatihan	Keterangan
18	POPAL (Operator Pengendalian Pencemaran Air)	Menguasai karakteristik air limbah dan metode pengolahannya Mampu mengenali potensi pencemaran air limbah Mengetahui dan merencanakan peluang minimisasi air limbah Menguasai operasional pengolahan air limbah Menguasai penanganan keadaan darurat terkait air limbah Mampu mengoperasikan IPAL Mampu melaksanakan daur ulang olahan air limbah Mampu melakukan perawatan instalasi pengolahan air limbah Mampu mengidentifikasi bahaya dalam pengolahan air limbah Mampu melakukan tindakan K3 terhadap bahaya dalam pengolahan air limbah	2 orang	3 hari	2023	
19	Pengawas Pengendalian Pencemaran Udara	Memahami peraturan perundangan terkait pencemaran udara Memahami karakteristik pencemaran udara Memahami teknologi pengendalian pencemaran udara Memahami aspek K3 dalam pengendalian pencemaran udara Mengidentifikasi sumber udara yang tercemar Menentukan karakteristik sumber udara yang tercemar Menentukan, mengoperasikan, dan menyusun rencana pemantauan kualitas udara Memahami unit kompetensi dari Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI) Memahami kompetensi yang harus dimiliki seorang PPPU Mampu melakukan pengelolaan dan penilaian potensi pencemaran udara	1 orang	3 hari	Juli 2022	
20	Operator Pengendalian Pencemaran Udara	Mengetahui sumber-sumber pencemar udara dari kegiatan industri Memahami karakteristik sumber-sumber pencemar udara dari emisi Mengetahui dan memahami unit kompetensi dari Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI) Mampu mengidentifikasi sumber udara yang tercemar Mampu menentukan karakteristik sumber udara yang tercemar Mampu menentukan, mengoperasikan, dan menyusun rencana pemantauan kualitas udara dari sumber emisi Mampu melakukan tindakan K3 terhadap bahaya dalam pengendalian pencemaran udara dari emisi Mampu memahami dan menerapkan semua persyaratan pemantauan dan pengendalian kualitas udara	1 orang	3 hari	Desember 2022	
21	SIO Operator Alat Berat	meningkatkan kemampuan, pengetahuan, dan keterampilan operator dalam mengoperasikan alat berat	6 orang	3 hari	September 2021	
22	Pengawas Kelistrikan dan Instrumentasi	Meningkatkan kemampuan dan keahlian serta keterampilan dalam perencanaan, pemasangan, penggunaan, perubahan, pemeliharaan, dan pemeriksaan serta pengujian peralatan kelistrikan dan instrumentasi	1 orang	3 hari	28 Agustus 2016	
23	Memasang Peralatan Transformator	Mampu memasang Peralatan Transformator	1 orang	3 hari	31 Agustus 2017	
24	Supervisor Operasi Distribusi	Mampu mengatur sistem dan operasi penyaluran tenaga listrik, serta mengendalikan operasi & distribusi	1 orang	3 hari	05 Maret 2019	
25	Supervisor Pemeliharaan Distribusi Tenaga Listrik / Supervisor Pemeliharaan Proteksi dan Meter / Supervisor Pemeliharaan Distribusi SCADA dan Telekomunikasi	Memiliki kemampuan melakukan pengawasan pelaksanaan pemeliharaan distribusi tenaga listrik, pemeliharaan proteksi dan Distribusi SCADA & Telekomunikasi	1 orang	3 hari	05 Maret 2019	
26	Elektrikal Instrumen Inspektur	dapat melakukan inspeksi dan pengujian sistem kelistrikan di gedung atau fasilitas industri	2 orang	3 hari	Agustus 2016	
27	Pelaksana Utama , Ketua Grup Perancangan Pemanfaatan Tegangan Rendah	Mampu merancang & memanfaatkan tegangan rendah	1 orang	3 hari	28 Juli 2020	
28	Assistant Technician Pemeliharaan Jaringan Tegangan Rendah	Memiliki kemampuan melaksanakan pemeliharaan Jaringan Tegangan Rendah	1 orang	3 hari	02-Nov-18	
29	Junior Operator Scada dan Telekomunikasi	Memilikiketerampilan dan pengetahuan yang penting dalam menjalankan tugas sebagai seorang Operator SCADA & Telekomunikasi	1 orang	5 hari	Agustus 2019	
30	GADA Pratama	menghasilkan anggota Satuan Pengamanan (Satpam) yang memiliki Sikap mental dan kepribadian yang baik, Kesamaptan fisik yang baik, Pengetahuan dan keterampilan dasar sebagai pelaksana tugas Satpam	1 orang	3 hari	Februari 2021	
31	Koordinator Pemeliharaan PLTD	Membantu mengembangkan anggaran pemeliharaan yang komprehensif dan terkadang menangani pembayaran untuk layanan pemeliharaan serta penggantian sparepart	6 orang	3 hari	-	
32	Pelaksana Utama Pemeliharaan PLTD	mampu memahami regulasi bidang ketenagalistrikan, Mengoperasikan PLTD, Memelihara PLTD, Melakukan praktik pengoperasian dan pemeliharaan PLTD	3 orang	3 hari	Februari 2022	
33	Pelaksanaan Pemeliharaan PLTD	Mengenal praktik terbaik dalam pemeliharaan PLTD, Mengetahui sistem perawatan PLTD & memahami kondisi mesin ideal	5 orang	3 hari	-	
34	Membantu Pemeliharaan PLTD	Mampu membantu mengoperasikan dan memelihara PLTD	2 orang	3 hari	September 2021	
35	Koordinator Pengoperasian PLTD	memahami dan menerapkan Undang-Undang Ketenagalistrikan di tempat kerja, dapat meningkatkan mutu pemanfaatan ketenagalistrikan dan petugas listrik & memahami dan menerapkan regulasi terkait pengoperasian PLTD	21 orang	3 hari	April 2022	
36	Pelaksana Pengoperasian PLTD	memahami dan menerapkan Undang-Undang Ketenagalistrikan di tempat kerja, dapat meningkatkan mutu pemanfaatan ketenagalistrikan dan petugas listrik & memahami dan menerapkan regulasi terkait pengoperasian PLTD	4 orang	3 hari	April 2022	
37	Membantu Pengoperasian PLTD	Memahami pengoperasian dan penggunaan PLTD sesuai dengan standar perusahaan	2 orang	3 hari	2023	