

Efisiensi Pemakaian Sendiri Pembangkit dengan Pemasangan PV Landbase 1,67mwp pada PLTGU Keramasan

Januar Rizky Auliya^{1,3}, Yanto^{*2}

¹Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Biosains, Teknologi, dan Inovasi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jalan Jenderal Sudirman 51 Jakarta 12930

²Program Studi Teknik Industri, Fakultas Biosains, Teknologi, dan Inovasi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya Jalan Raya Cisauk-Lapan No. 10, Sampora, Cisauk, Tangerang, Banten 15345

³PT. PLN Indonesia Power, Jl. Gatot Subroto No.Kav.18, Kuningan Tim., Kecamatan Setiabudi, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12950

Article Info	Abstract
<i>Article history:</i> Received 21 July 2025 Accepted 23 July 2025 <i>Keywords:</i> Solar Power Plant, Gas and Steam Power Plant, PV Landbase, Own Consumption, Efficiency	<i>A Solar Power Plant is a system that utilizes solar energy and is categorized as a form of New and Renewable Energy (NRE). One of the efforts to improve the cost efficiency or production performance of power plants is by reducing the electricity used for own consumption by installing a 1,67 MWp land-based Solar PV system. The installation was accompanied by an in-depth study of its integration impact on the existing electrical network to avoid future operational issues. Without proper analysis, integrating PLTS-1 with 7 inverters configuration and PLTS-2 with 5 inverters configuration into the existing grid may affect overall system performance, such as voltage stability, load distribution, and the potential for other technical disturbances. By identifying these risks in advance, appropriate mitigation measures can be developed to ensure the system operates reliably and stably, while avoiding damage or disruptions to the PLN power grid.</i>

Info Artikel	Abstrak
<i>Histori Artikel:</i> Diterima: 21 Juli 2025 Disetujui: 23 Juli 2025 <i>Kata Kunci:</i> PLTS, PLTGU, PV Landbase, Pemakaian Sendiri, Efisiensi	Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sistem yang memanfaatkan tenaga surya dan merupakan Energi Baru Terbarukan (EBT). Untuk meningkatkan efisiensi biaya atau produksi Pembangkit Listrik, salah satunya dengan cara mengurangi kebutuhan listrik Pemakaian Sendiri (PS) melalui pemasangan Solar PV Landbase 1,67MWp. Juga dilakukan studi mendalam terkait dampak integrasi PLTS terhadap jaringan listrik yang sudah ada agar tidak menimbulkan masalah operasional di kemudian hari. Tanpa analisis yang tepat, integrasi PLTS-1 dengan 7 konfigurasi inverter dan PLTS-2 dengan 5 konfigurasi inverter ke jaringan dapat mempengaruhi kinerja jaringan, seperti stabilitas tegangan, distribusi beban, dan kemungkinan gangguan teknis lainnya. Dengan mengetahui potensi risiko ini, langkah-langkah mitigasi yang tepat dapat disusun untuk memastikan bahwa sistem tetap beroperasi dengan handal dan stabil, serta menghindari dampak kerusakan atau gangguan yang dapat terjadi pada jaringan PLN. Tujuan kajian ini adalah untuk mengetahui bagaimana integrasi PLTS mempengaruhi kinerja jaringan listrik eksisting dari berbagai aspek teknis terkait aliran daya (<i>load flow</i>), arus hubung singkat (<i>short circuit</i>), stabilitas transien, level harmonik yang dihasilkan oleh PLTS, dan koordinasi relai proteksi.

*Corresponding author. Yanto
Email address: yanto@atmajaya.ac.id

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus mengalami peningkatan seiring pertumbuhan penduduk, perkembangan industri, dan peningkatan aktivitas ekonomi. Kondisi ini tidak hanya mendorong perusahaan meningkatkan keandalan, tetapi juga meningkatkan efisiensi proses pembangkitan. Peningkatan efisiensi pembangkitan dapat dilakukan melalui integrasi sumber energi terbarukan. Energi surya menjadi salah satu sumber energi yang memiliki prospek besar untuk dikembangkan di Indonesia. Kementerian ESDM menyatakan bahwa Indonesia memiliki potensi energi surya lebih dari 3.200 GW, sedangkan tingkat pemanfaatannya masih relatif kecil dibandingkan potensi yang tersedia (Kementerian ESDM, 2023)

Salah satu parameter penting dalam menilai efisiensi pembangkit adalah pemakaian sendiri (PS) yaitu energi listrik yang digunakan oleh peralatan bantu untuk menunjang proses operasi pembangkit. Dalam rangka meningkatkan efisiensi biaya Pembangkit Listrik dengan cara mengurangi kebutuhan listrik Pemakaian Sendiri (PS) dan pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT) Surya, maka perlu dilakukan perencanaan pemasangan Solar PV Landbase. Teknologi PV (photovoltaic) memungkinkan energi radiasi matahari dikonversi secara langsung menjadi energi listrik tanpa proses pembakaran bahan bakar. *Photovoltaic* (PV) merupakan teknologi yang menggunakan sel semikonduktor untuk mengonversi energi cahaya matahari secara langsung menjadi energi Listrik (EIA, 2024). Menurut Fraunhofer ISE (2021), sel photovoltaic bekerja dengan menyerap cahaya pada material semikonduktor yang kemudian menghasilkan pembawa muatan listrik sehingga energi cahaya dapat dikonversi menjadi energi listrik.

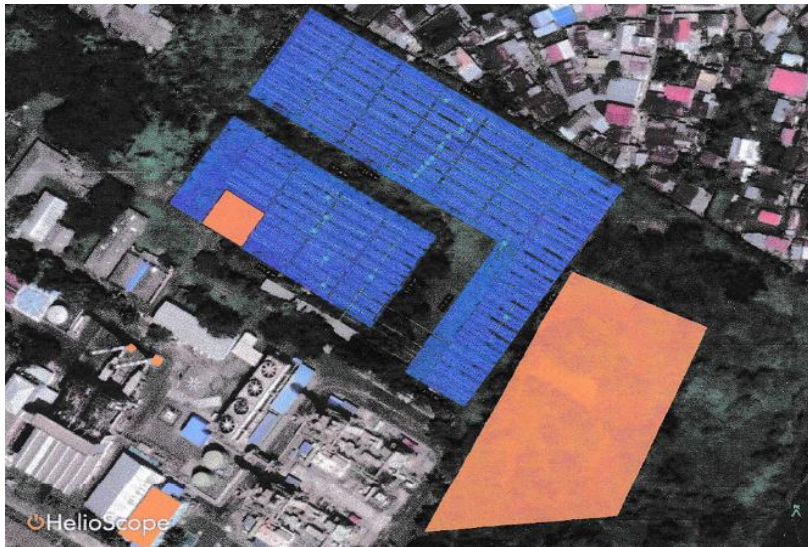
PLTGU Keramasan yang berada di bawah pengelolaan PT. PLN Indonesia Power merupakan objek yang relevan untuk penerapan strategi tersebut. Pada PLTGU Keramasan, pemasangan PV Landbase berkapasitas 1,67 MWp menjadi salah satu upaya pemanfaatan energi terbarukan untuk mendukung kebutuhan energi listrik internal pembangkit. Kinerja PLTGU sangat dipengaruhi oleh kondisi operasi dan beban pembangkit karena perubahan beban dapat memengaruhi parameter operasi HRSG dan efisiensi sistem secara keseluruhan (Sugandi *et al.*, 2023). Pemasangan Solar PV memerlukan studi mendalam terkait dampak integrasi PLTS terhadap jaringan listrik yang sudah ada agar proyek ini tidak menimbulkan masalah operasional di kemudian hari. Tanpa analisis yang tepat, integrasi PLTS ke jaringan dapat mempengaruhi kinerja jaringan, seperti stabilitas tegangan, distribusi beban, dan kemungkinan gangguan teknis lainnya. Dengan mengetahui potensi risiko ini, langkah-langkah mitigasi yang tepat dapat disusun untuk memastikan bahwa sistem tetap beroperasi dengan handal dan stabil, serta menghindari dampak kerusakan atau gangguan yang dapat terjadi pada jaringan PLN. Kajian untuk kebutuhan pemasangan PLTS PLN Indonesia Power UBP Keramasan mencakup beberapa analisis teknis yang dirancang untuk menilai dampak integrasi PLTS terhadap jaringan eksisting. Setiap analisis berperan penting dalam memastikan keandalan dan stabilitas sistem setelah PLTS terintegrasi. Analisis teknis yang dilakukan meliputi *Load Flow*, *Short Circuit*, *Relay Protection Coordination*, *Transient Stability*, *Harmonic Study*, dan *Time-Domain Load Flow 24 Hours*. Dengan demikian, pemasangan PV landbase 1,67 MWp pada PLTGU Keramasan perlu dievaluasi untuk mengetahui efektivitas dalam meningkatkan efisiensi pemakaian sendiri pembangkit.

2. METODE PELAKSANAAN

2.1 Metodologi Kajian

Studi ini menggunakan simulasi perangkat lunak untuk memodelkan dampak pemasangan PLTS 1.67 MWp terhadap jaringan eksisting di UBP Keramasan. Perangkat

lunak memungkinkan simulasi berbagai aspek teknis dari jaringan kelistrikan dengan akurasi yang tinggi, sehingga hasil yang diperoleh dapat menjadi acuan bagi keputusan teknis yang diambil. Sebagai langkah awal, dilakukan survei lapangan guna mengumpulkan data di lokasi. Data yang dikumpulkan meliputi topologi jaringan, konfigurasi peralatan eksisting, serta informasi terkait kondisi fisik dan teknis di lapangan. Setelah data lapangan terkumpul, langkah selanjutnya adalah penyusunan *Single Line Diagram* (SLD), yang menggambarkan skema kelistrikan satu garis dari jaringan listrik. *Single Line Diagram* (SLD) ini menjadi dasar dalam menjalankan simulasi berbagai skenario operasional PLTS terhadap jaringan.

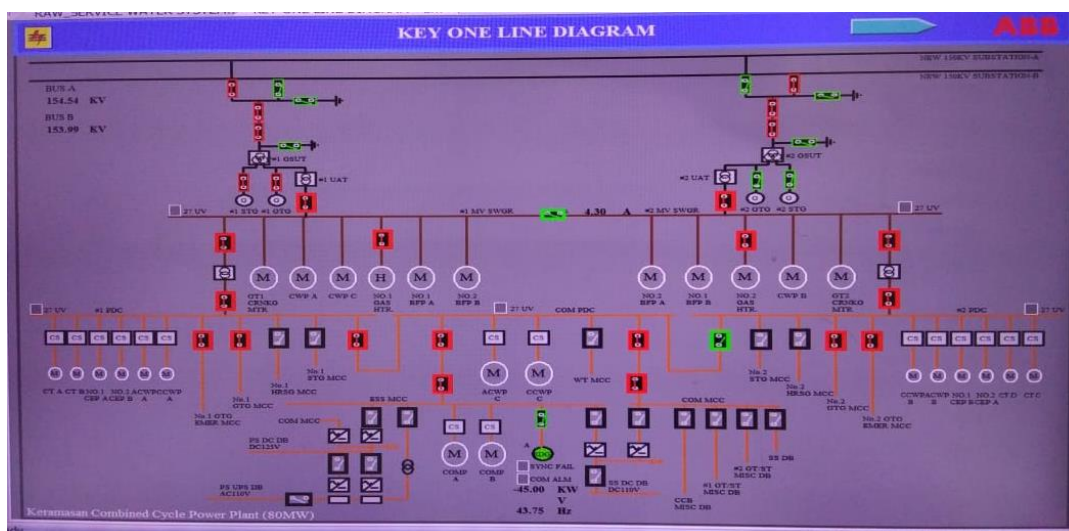


Gambar 1.

Layout Potensi Lokasi Pemasangan PV Landbase PLTGU Keramasan

2.2 Tahap Pelaksanaan

Adapun perancangan akan didasari pada komponen krusial pada *sub-station*, antara lain, *Grid*, *Transformer*, *Load*, dan *Cable Line*. Gambar 2. memperlihatkan diagram *Single Line Diagram* pada PLTGU Keramasan 2 x 40MW.



Gambar 2.

Single Line Diagram Eksisting Pembangkit Pada PLTGU Keramasan (PLN IP UBP Keramasan, 2025).

Untuk selanjutnya akan dipastikan pengaturan yang tepat untuk relai proteksi dan sistem yang memperhitungkan parameter sistem utama, termasuk tingkat *fault* dan beban, persyaratan kinerja dinamis, karakteristik sistem tenaga yang berubah seiring waktu (karena perubahan beban; lokasi, jenis serta jumlah pembangkitan), dan lain-lain.

2.3 Analisa Load Flow

Daftar beban listrik diperlukan sebagai lampiran yang menjadi dasar perhitungan. Daftar beban listrik menunjukkan data yang diperlukan untuk studi analisis *load flow*, yang mencakup:

- Kategori beban (Beban continuous, beban intermittent, dan beban stand-by)
- Beban terserap (Beban resistif, beban induktif, dan beban kapasitif)

2.4 Kalkulasi Perhitungan

Perhitungan dilakukan sesuai dengan beberapa standar analisis aliran beban, seperti yang disebutkan dalam Tabel 1.

Tabel 1.

Standard Analisa Aliran Daya

IEC 60287	<i>Calculation of the continuous current rating of cables (100% load factor)</i>
IEEE Std 3002.2 – 2018	<i>Recommended Practice for Conducting Load-Flow Studies and Analysis of Industrial and Commercial Power Systems</i>

- Demand Load:

Demand load dihitung sebagai berikut:

$$\text{Demand Load (kW)} = x. \text{Continuous (kW)} + y. \text{Intermittent (kW)} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Demand Load (kVA)} = x. \text{Continuous (kVA)} + y. \text{Intermittent (kVA)} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Demand Load (kVAR)} = \sqrt{kVA^2 - kW^2} \dots\dots\dots (3)$$

dimana *kW* adalah satuan unit *Real Power*, dan *kVA* adalah satuan unit *Apparent Power*.

- Peak Load:

Peak load dihitung sebagai berikut:

$$\text{Peak (kW)} = x. \text{Cont. (kW)} + y. \text{Int. (kW)} + z. \text{Standby (kW)} \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{Peak (kVA)} = x. \text{Cont. (kVA)} + y. \text{Int. (kVA)} + z. \text{Standby (kVA)} \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{Demand Load (VAR)} = \sqrt{kVA^2 - kW^2} \dots\dots\dots (6)$$

dimana *kVAR* adalah satuan unit *Reactive Power*.

- Diversity Factor:

Diversity factor untuk masing-masing kategori beban dipilih sebagai berikut:

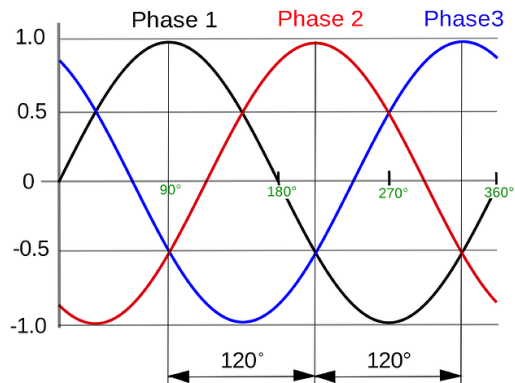
$$\text{Continuous Load (x)} = 1$$

$$\text{Intermittent Load (y)} = 0.5$$

$$\text{Stand - by Load (z)} = 0.1$$

2.5 Analisa Power Quality

Kualitias daya yang buruk secara umum dapat berdampak padak gangguan layanan, kerusakan peralatan dan konsumsi daya berlebih. Untuk meminimalkan risiko kehilangan produksi dan kerusakan pada peralatan listrik, analisis kualitas daya digunakan untuk memantau masalah pada sistem, menemukan penyebabnya, dan memulai tindakan korektif. Daya listrik seharusnya berbentuk gelombang tegangan dan arus sinus yang sempurna, bebas distorsi, dan seimbang satu sama lain sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3.
Sistem 3 Phase yang Ideal

Simulasi Kualitas Daya mampu menghitung sejumlah besar pengukuran daya pada kecepatan yang sangat tinggi. Pengukuran ini dapat mencakup nilai minimum, rata-rata, dan maksimum untuk parameter seperti:

- RMS arus dan tegangan
- Hubungan fase antara bentuk gelombang
- Faktor daya dan frekuensi
- Daya aktif (kW), daya reaktif (kVAr), daya semu (kVA)
- Energi aktif (kWh), energi reaktif (kVArh) dan energi semu (kVAh)
- Spektrum harmonik, *THD*, *TDD*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kebutuhan Prooduksi Pemakaian Sendiri

PLTGU Keramasan merupakan Pembangkit Listrik dengan kapasitas 2 x 40MW yang berlokasi di Kota Palembang. Pemakaian Sendiri adalah pengurang sebagian daya listrik yang dihasilkan oleh PLTGU Keramasan sendiri untuk kebutuhan internal berupa penerangan, pompa-pompa, motor-motor listrik dan peralatan kontrol pembangkit. Berdasarkan data Laporan Pengusahaan PLN Indonesia Power UBP Keramasan Periode Januari 2025 didapatkan nilai rata-rata untuk kebutuhan Pemakaian Sendiri sebesar 48.154kWh per hari atau 2MW per jam (Tabel 2).

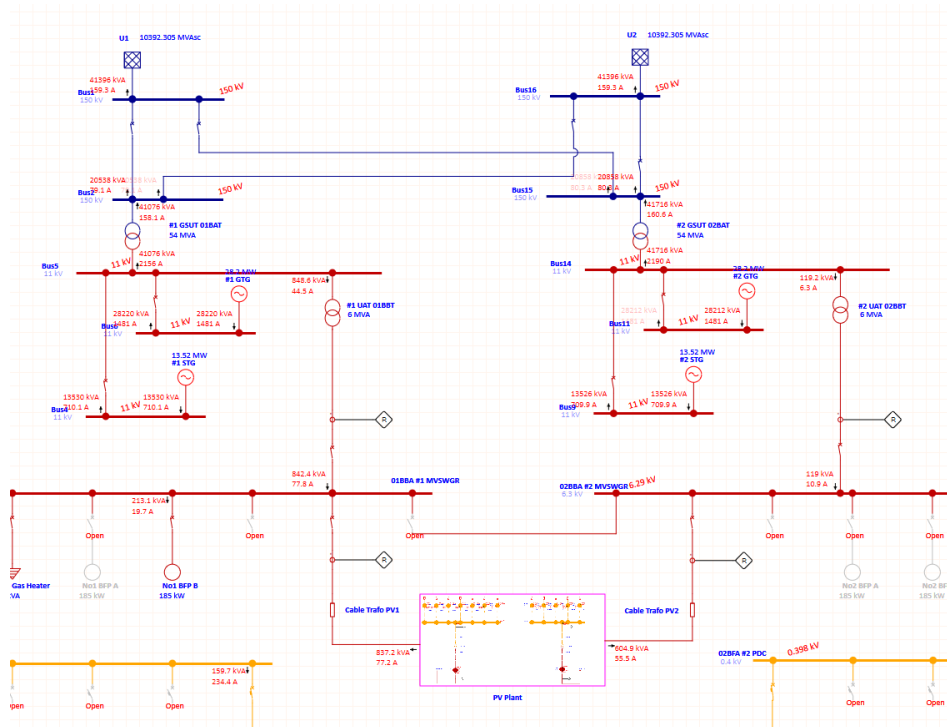
Tabel 2.

Laporan Pengusahaan Produksi & Pemakaian Sendiri PLTGU Keramasan

Tanggal	Pemakaian Sendiri PLTGU 1 (kWh)			Pemakaian Sendiri PLTGU 2 (kWh)			Total Pemakaian Sendiri (kWh)
	PS	Losses	PS Total	PS	Losses	PS Total	
01-Jan-25	29.700	(3.564)	26.136	23.900	(2.868)	21.032	47.168
02-Jan-25	30.600	(3.672)	26.928	23.800	(2.856)	20.944	47.872
03-Jan-25	30.300	(3.636)	26.664	23.800	(2.856)	20.944	47.608
04-Jan-25	30.600	(3.672)	26.928	23.800	(2.856)	20.944	47.872
05-Jan-25	30.200	(3.624)	26.576	23.900	(2.868)	21.032	47.608
06-Jan-25	31.800	(3.816)	27.984	24.200	(2.904)	21.296	49.280
07-Jan-25	31.500	(3.780)	27.720	24.300	(2.916)	21.384	49.104
08-Jan-25	35.400	(4.248)	31.152	24.500	(2.940)	21.560	52.712
09-Jan-25	33.700	(4.044)	29.656	24.500	(2.940)	21.560	51.216
10-Jan-25	30.400	(3.648)	26.752	16.300	(1.956)	14.344	41.096

3.2 Load Flow Analysis

Berdasarkan referensi beban dari pengguna sistem generator utama untuk Pemakaian Sendiri memiliki konsumsi energi sebesar 2.300kWh, dengan rincian 1,6kW dari GU-1 dan 0,7kW dari GU-2. sedangkan suplai dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada kondisi puncak mampu mencapai 837,2kVA dari PLTS-1 dan 604,9kVA dari PLTS-2, dengan konfigurasi 7 Inverter *Point of Interconnection* (POI) masuk ke Bus 01BBA MVSWGR, dan 5 Inverter POI masuk ke Bus 02BBA MVSWGR. Hal ini menunjukkan tidak adanya suplai daya yang melebihi kebutuhan Pemakaian Sendiri, sehingga tidak berpotensi masuk ke jalur transmisi PLN di 150kV, seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Pemantauan berkala akan pola beban Pemakaian Sendiri harus tetap dilakukan, terutama saat PLTS beroperasi pada kapasitas maksimum.

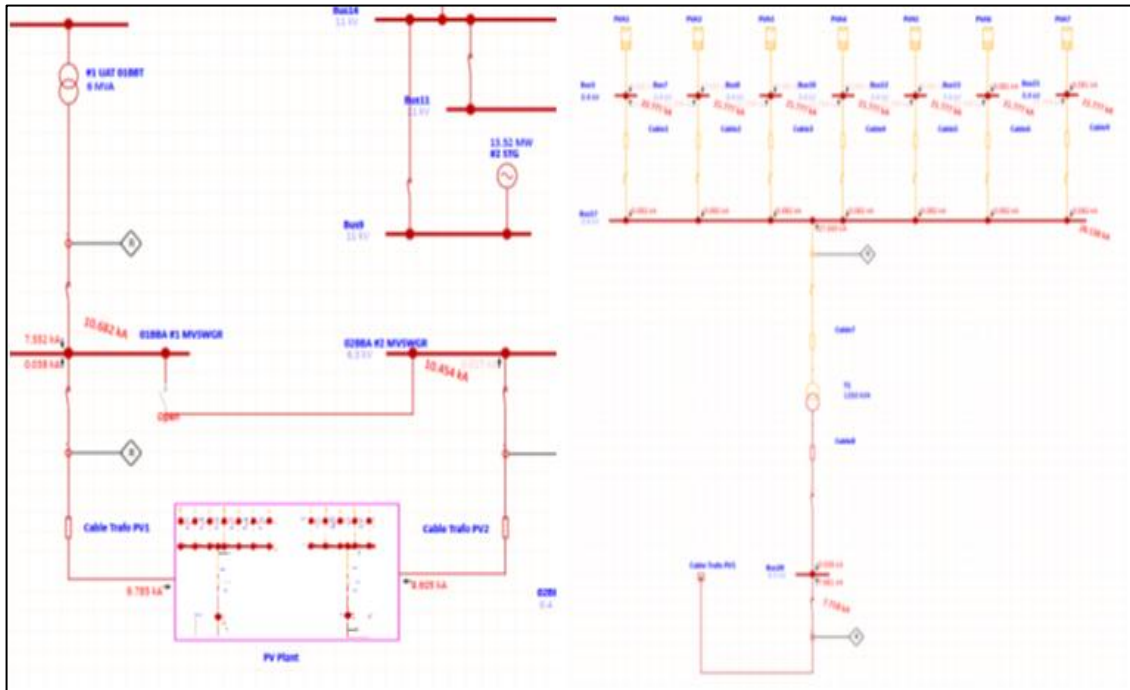


Gambar 4.
Grafik Temperatur-RVP vs Kebutuhan Energi

Untuk meningkatkan keandalan rasio beban dan pembangkit, langkah mitigasi dengan konfigurasi sakelar (*switch configuration*) dapat dipertimbangkan. Hal ini dimaksudkan agar distribusi beban PS menjadi lebih merata. Dengan pengaturan yang tepat, daya dari PLTS dapat dikelola dengan baik tanpa memengaruhi kestabilan jaringan atau menyebabkan masalah operasional lainnya.

3.3 Short Circuit analysis

Hasil analisis *Short Circuit* (SC) menunjukkan bahwa arus gangguan dapat terjadi di sisi tegangan rendah (*Low Voltage*) Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berada pada kisaran 29.35 - 29.61 kA. Sementara itu, kontribusi arus gangguan dari PLTS terhadap *Switchgear* Tegangan Menengah (*Medium Voltage Switchgear, MVSWGR*) yang sudah ada hanya sebesar 0.027 - 0.038 kA. Hal ini menunjukkan bahwa dampak langsung dari PLTS terhadap sistem tegangan menengah cukup minimal, meskipun arus gangguan di sisi tegangan rendah PLTS cukup signifikan, seperti yang ditampilkan pada Gambar 5.



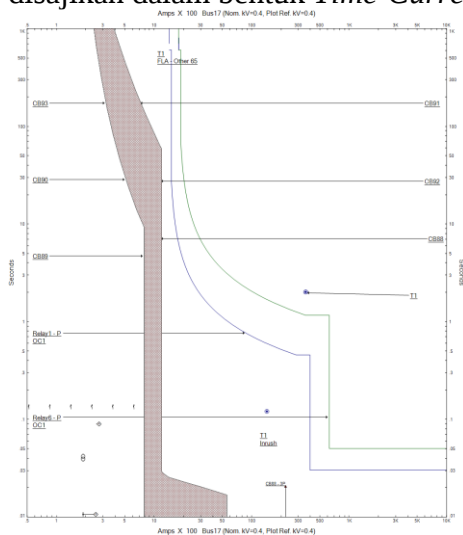
Gambar 5.

Menunjukkan kontribusi *Fault Current* di sisi MV existing adalah 10.682 kA dan di sisi LV inverter adalah 29.553 kA

Di sisi lain, *MVSWGR* yang sudah ada di jaringan eksisting dapat menimbulkan arus gangguan sebesar 10.459 kA. Nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan arus gangguan di sisi tegangan rendah PLTS. Berdasarkan hasil kajian terhadap data eksisting, rating *CB* di sisi *MVSWGR* eksisting telah memadai untuk kondisi ini.

3.4 Relay Protection Coordination

Proteksi yang tepat merupakan salah satu faktor kunci dalam menjaga keandalan system kelistrikan, terutama ketika terjadi gangguan. Hal ini sangat penting untuk meminimalkan dampak gangguan dan mempercepat pemulihan sistem. Hasil simulasi pengaturan proteksi disajikan dalam bentuk *Time-Current Curve (TCC)*, yang dapat dilihat pada Gambar 6.

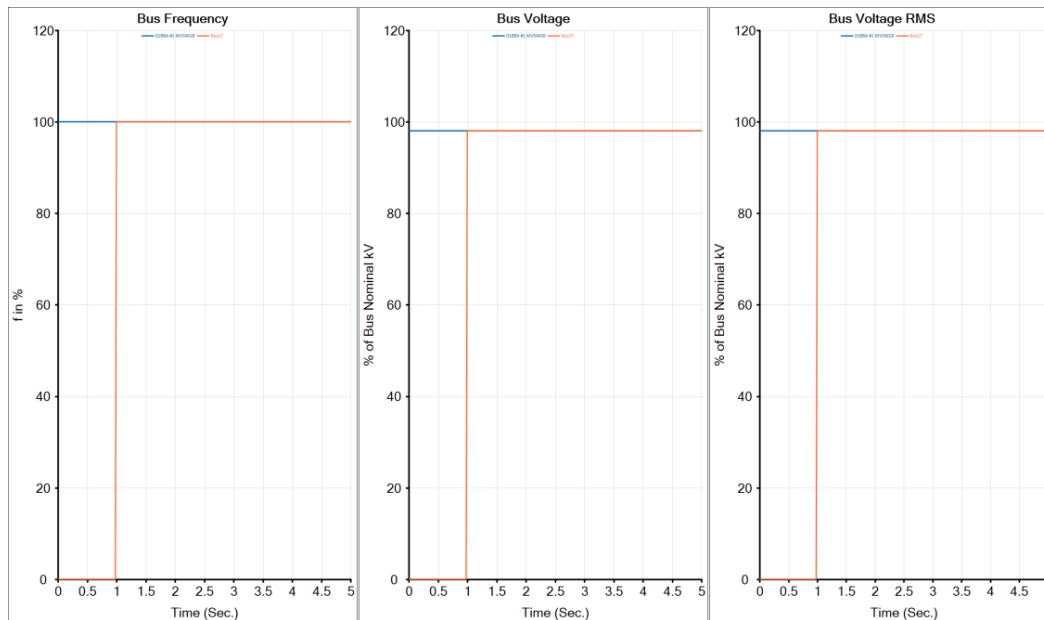


Gambar 6.

Grafik *Time-Current-Curve (TCC)*, antara *MCCB inverter*, *ACB LV Inverter combiner*, dan *Outgoing MV PV Power Plant*

3.5 Transient Analysis

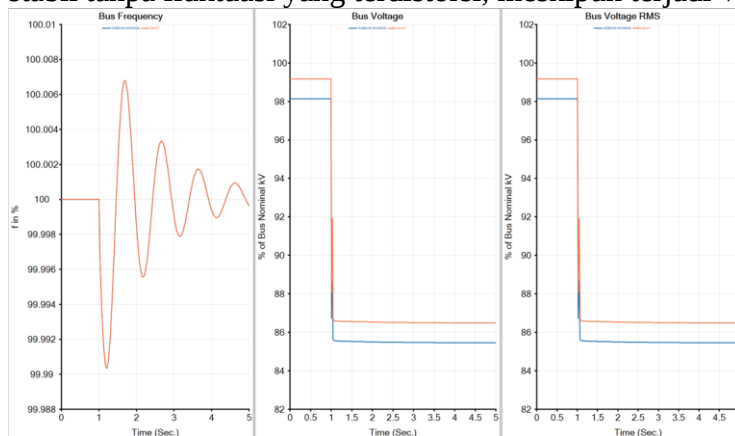
Saat proses *first energize* (penyalan awal) pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), hasil analisis menunjukkan bahwa tidak terjadi fluktuasi tegangan dan frekuensi yang signifikan baik di sisi tegangan rendah maupun di jaringan tegangan menengah, Gambar 7. Hal ini mengindikasikan bahwa system inverter yang digunakan memiliki teknologi yang mampu menstabilkan tegangan dan frekuensi secara efektif selama proses penyalan.



Gambar 7.

Transient condition menunjukkan *First energization* dari *PV Power Plant* tidak berdampak pada osilasi frekuensi maupun kestabilan tegangan

Pada Gambar 8 *Transient condition* terlihat ketika terjadi status *Open Breaker* dari sisi *existing* MV Switchgear, menunjukkan pola osilasi frekuensi yang cukup signifikan disebabkan kondisi *under supply*. Meskipun begitu, kestabilan tegangan cenderung lebih stabil tanpa fluktuasi yang terdistorsi, meskipun terjadi *Voltage Drop* yang signifikan.



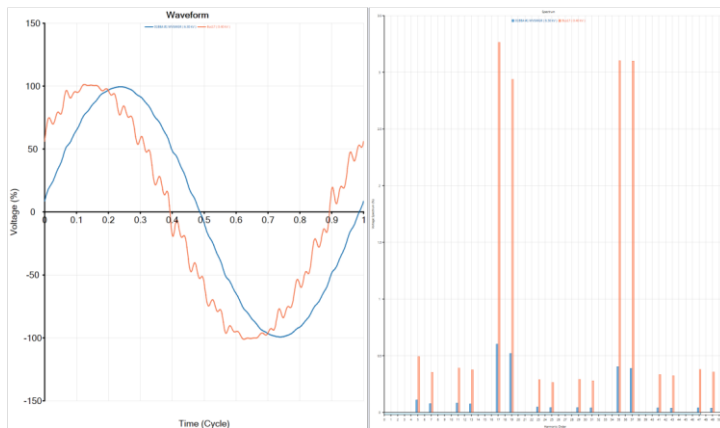
Gambar 8.

Transient condition pada saat *Open Breaker*

3.6 Harmonic Study

Hasil simulasi kajian harmonik pada sisi *MV* dan *LV* diperlihatkan pada Gambar 9. Analisis harmonik menunjukkan bahwa *Total Harmonic Distortion (THD)* di sisi tegangan

menengah (MV) eksisting adalah 1.03%. Nilai ini masih berada dalam batas yang dapat diterima sesuai dengan standar kualitas daya *IEEE* yaitu untuk MV, $THD < 5\%$, sehingga tidak diperlukan pemasangan harmonic filter tambahan pada sisi MV. Kualitas daya pada level tegangan menengah tetap terjaga, dan tidak ada indikasi bahwa distorsi harmonik dari PLTS akan menyebabkan gangguan signifikan terhadap jaringan eksisting. Hal ini penting karena harmonik yang berlebihan dapat menyebabkan kerugian daya dan kerusakan pada peralatan, namun dengan nilai THD yang masih terkendali, integrasi PLTS ke jaringan PLN dapat dilakukan tanpa tambahan perangkat mitigasi harmonik di sisi MV. Di sisi tegangan rendah (LV) inverter, THD tercatat berada di kisaran 4.62% pada PLTS-2 dan 6.29% pada PLTS-1.

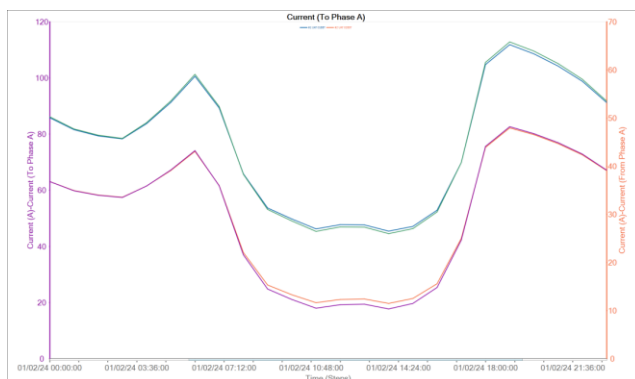


Gambar 9.

Hasil simulasi harmonik, garis biru menunjukkan distorsi tegangan di sisi MV dan garis merah menunjukkan distorsi tegangan pada sisi LV.

3.7 Time Domain Load Flow 24 Hours

Pada analisis *time-domain load flow* selama periode 24 jam, ditemukan bahwa aliran daya intermiten dari PLTS masih mampu memenuhi kebutuhan Pemakaian Sendiri bagi PLN UBP Keramasan. PLTS menghasilkan daya yang cukup stabil meskipun ada variabilitas alami akibat perubahan intensitas sinar matahari. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pola aliran daya harian sesuai dengan kebutuhan Pemakaian Sendiri, di mana tidak ada kekurangan daya yang signifikan selama waktu operasional. Gambar 12 menunjukkan aliran arus selama 24 jam dari Trafo #1 UAT 01BBT dan Trafo #2 UAT 02BBT ke PLN UBP Keramasan sebagai pola Pemakaian Sendiri.

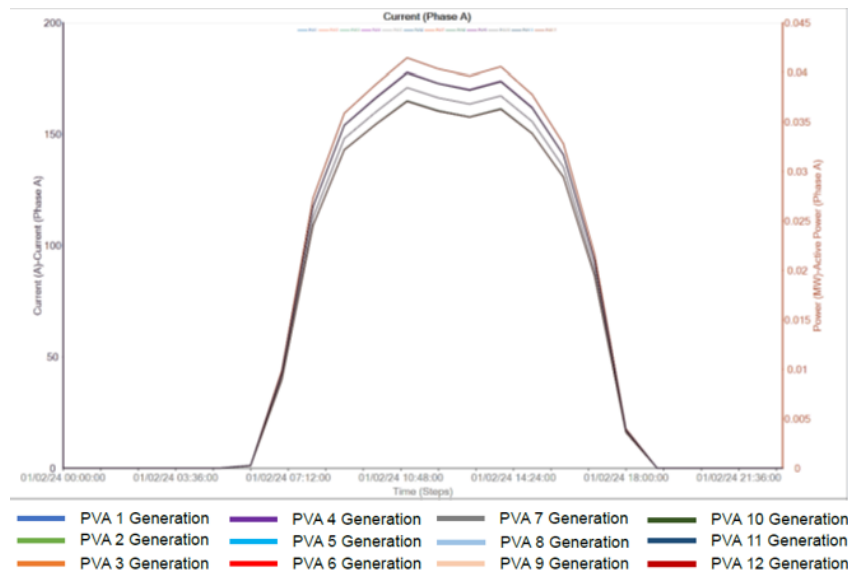


Gambar 10.

Aliran Arus Selama 24 Jam

Pada Gambar 11 diperlihatkan pola pembangkitan yang dihasilkan PLTS untuk Pemakaian Sendiri bagi PLN UBP Keramasan. Mempertimbangkan pola pembebanan di

fasilitas tersebut yang masih untuk skala utilitas industri, ditemukan bahwa beban umumnya berada pada rentang 2 kW hingga 2.3 kW. Dengan beban yang stabil dalam rentang ini, kapasitas PLTS, meskipun mendekati batas maksimum, tetap mencukupi untuk mendukung kebutuhan energi di fasilitas tersebut. Karena beban pada jaringan PLN UBP Keramasan masih berada di atas kapasitas maksimum yang dapat disuplai oleh PLTS, dapat disimpulkan bahwa tidak akan terjadi *reverse power flow* menuju jaringan tegangan tinggi 150kV. Ini memastikan bahwa jaringan utama tidak akan terkena dampak negatif akibat surplus daya dari PLTS, sehingga keandalan jaringan tetap terjaga.



Gambar 11.

Menunjukkan pola pembangkitan yang dihasilkan PLTS untuk Pemakaian Sendiri bagi PLN Indonesia Power UBP Keramasan

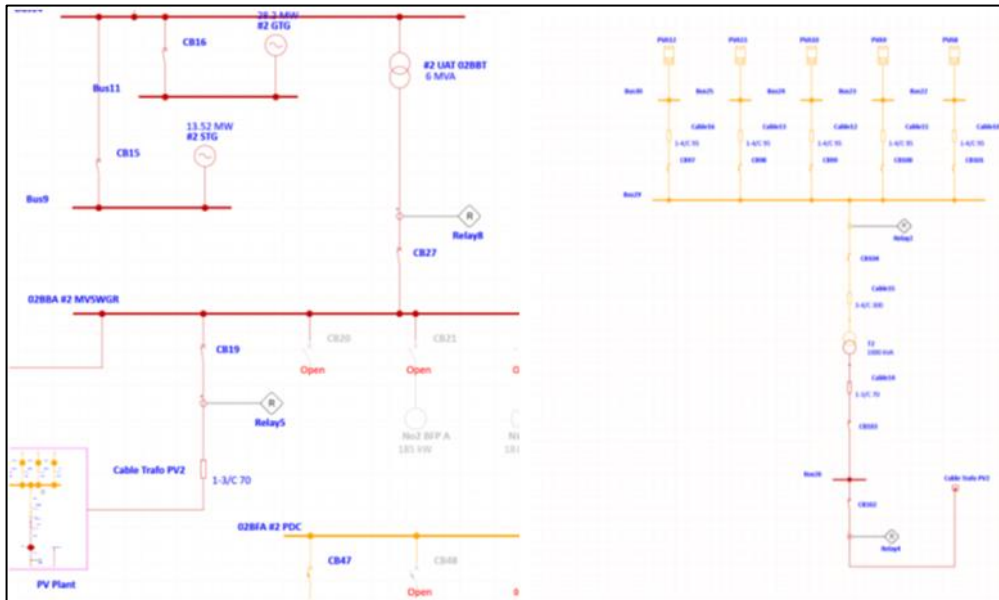
3.8 Setting Relay Protection Coordination

Koordinasi sistem proteksi relai dibutuhkan untuk menjaga aset tidak mengalami kerusakan atau masalah serius. Berikut rekomendasi *setting* untuk koordinasi proteksi relai *PV Inverter* hingga ke *Existing MV Bus* melalui *Point of Interconnection* yang direncanakan.

Tabel 3.

Setting *Relay Protection Coordination* PLTS-1 (Dengan 7 Inverter)

Bus	CB ID	CT Ratio	Curve	OCR (51)		OCR (50)	
				Prim. Amps	Time Delay	Prim. Amps	Time Delay
01BBA – Incoming	CB4	500/5	IEC-Normal Inverse	440 A	0.4 s	10 kA	0.06 s
01BBA – Outgoing Trafo	CB13	100/5	IEC-Normal Inverse	90 A	0.05 s	4 kA	0.03 s
New MV Cubicle – Trafo PV MV-side	CB96	100/5	IEC-Normal Inverse	114 A	0.51 s	4 kA	0.05 s
Trafo PV LV-side	CB94	2000/5	IEC-Normal Inverse	1440 A	0.2 s	40 kA	0.03 s
Each Inverter MCCB	N/A	N/A	N/A	Trip 200 A	N/A	1 kA	N/A

**Gambar 12.**

Point of Interconnection 02BBA #2 MVSWGR dan PLTS-2 Konfigurasi 5 Inverter

**Gambar 13.**

Proses Install PV Modul Untuk PLTS 1,67MWp PLTGU Keramasan

3.9 Analisa Dan Rekomendasi

Kajian yang telah dilakukan untuk mengevaluasi dampak pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berkapasitas 1,67MWp di PLTGU Keramasan terhadap jaringan eksisting PLN. Studi ini mencakup beberapa aspek teknis seperti analisis aliran daya, arus hubung singkat, stabilitas transien, harmonik, serta koordinasi proteksi relai. Berikut hasil analisa dan rekomendasi dari beberapa uji coba dan perhitungan yang telah dilakukan:

1. Aliran Daya (*Load Flow*)

Distribusi daya tidak berpotensi menyebabkan surplus yang dapat mengalir ke jaringan transmisi 150 kV PLN. Untuk keseimbangan ratio pembangkit – beban dapat dioptimalkan dengan pengaturan konfigurasi sakelar (*switch configuration*) untuk menjaga keandalan sistem secara menyeluruh.

2. Arus Hubung Singkat (*Short Circuit*)

Arus gangguan di sisi LV PLTS mencapai 29.61 kA, sementara kontribusi ke *MVSWGR* eksisting kecil (0.038 kA). Penggunaan pemutus sirkuit (*CB*) dengan kapasitas *Breaking Current* 40 – 45 kA pada sisi LV inverter untuk mengatasi arus hubung singkat.

3. Koordinasi Proteksi Relai

Koordinasi proteksi yang tidak optimal dapat menyebabkan gangguan pada jaringan. Pastikan pengaturan proteksi sesuai dengan analisis yang dilakukan dan verifikasi *Time-Current Curve (TCC)* telah sesuai untuk memastikan selektivitas proteksi.

4. Stabilitas Transien

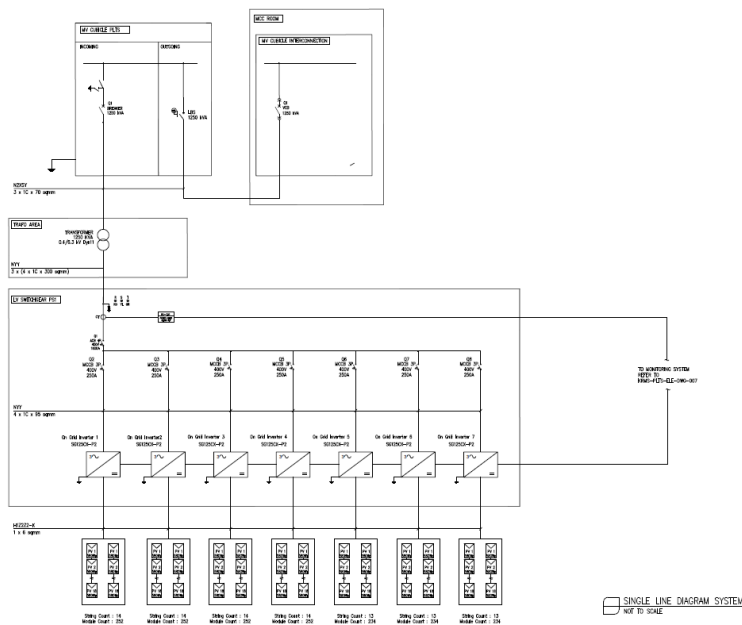
Cenderung stabil pada fase *First PV Power Plant Enrgization*. Namun berpotensi untuk terjadinya osilasi frekuensi jika *CB MV Incoming terbuka tiba-tiba, pasca pengoperasi PLTS* dan pastikan pengaturan proteksi sesuai dengan analisis yang dilakukan dan verifikasi *Time-Current Curve (TCC)* telah sesuai untuk memastikan selektivitas proteksi.

5. Distorsi Harmonik (*THD*)

THD sebesar 1.03% di sisi MV, dan 6.29% di sisi LV, masih dalam batas aman IEEE Standard. Jika ditemukan nilai *THD* pada sisi MV >5% atau pada sisi LV >8%, maka penggunaan harmonic filter patut dipertimbangkan.

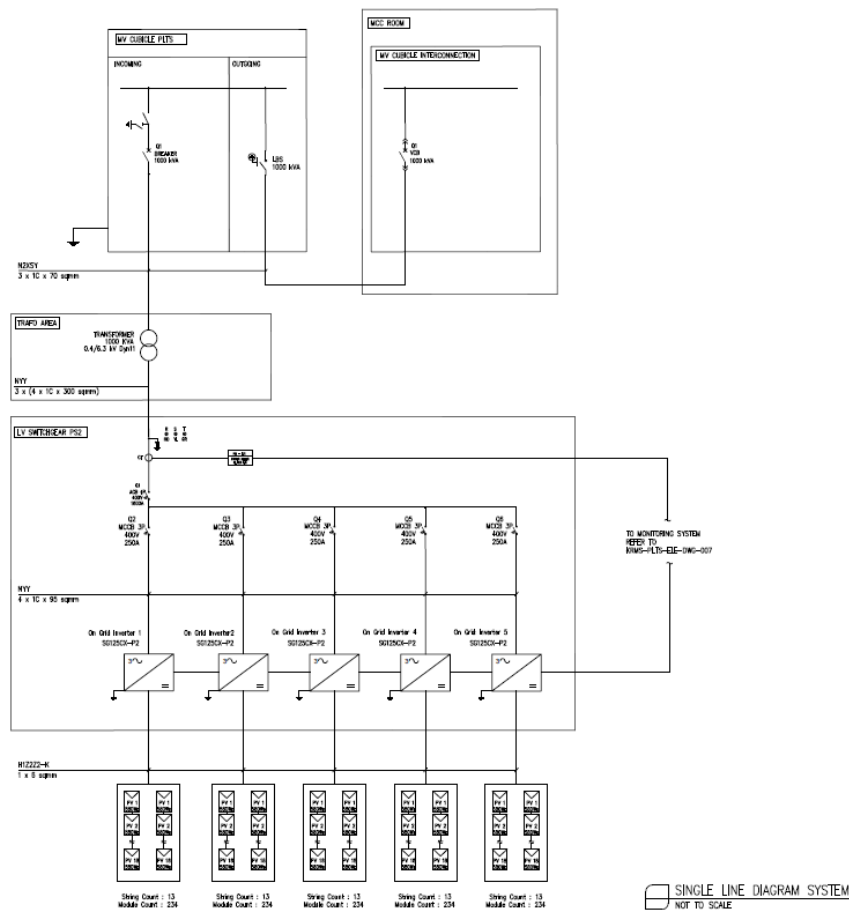
6. Aliran Daya Harian (*Time-Domain Load Flow*)

Aliran daya dari PLTS mencukupi untuk kebutuhan Pemakaian Sendiri, tidak ada potensi arus balik ke jaringan 150 kV PLN. Perlu di pastikan pemantauan rutin terhadap pola beban harian untuk menjaga stabilitas aliran daya dalam jaringan.



Gambar 14.

SLD PLTS-1 PLTGU Keramasan (Konfigurasi 7 Inverter)



Gambar 15.

SLD PLTS-2 PLTGU Keramasan (Konfigurasi 5 Inverter)

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Pemasangan PV Landbase pada PLTGU Keramasan memberikan dampak penurunan Pemakaian Sendiri dengan kapasitas total maksimum yang dapat dihasilkan oleh PLTS sebesar 1,67MWp secara on-grid dan dapat meningkatkan efisiensi dari pembangkit listrik. Hasil simulasi *load flow* dan *time domain load flow* pada studi ini, didapati Unit PLN Indonesia Power UBP Keramasan masih memiliki ruang untuk peningkatan kapasitas pembangkitan menggunakan Energi Baru Terbarukan (EBT) Surya. Merujuk pada data referensi PLN Indonesia Power UBP Keramasan memiliki jumlah beban harian berada pada kisaran 2MW per jam, dengan total pembangkitan terserap melalui rencana PLTS sebesar 1400 kW. Jika proyeksi dinamika beban PLN UBP Keramasan berada pada kisaran $\pm 15\%$, maka masih memiliki potensi untuk menggunakan PLTS sebagai sumber energi Pemakaian Sendiri sebesar 500 – 600kW. Studi terperinci terhadap potensi pengembangan PLTS dikawasan PLN Indonesia Power UBP Keramasan dapat dipertimbangkan lebih lanjut, untuk menentukan pola operasi, *Point of Interconnection*, dan dampak terhadap jaringan *existing*. Dengan pengaturan proteksi yang optimal, pengaturan keseimbangan, pendistribusian energi, dan pengelolaan distorsi harmonik yang tepat, PLTS ini dapat beroperasi secara efisien dan aman dalam memenuhi kebutuhan energi untuk Pemakaian Sendiri tanpa mengganggu stabilitas jaringan utama.

4.2 Saran

Instalasi PLTS 1,67MWp di UBP Keramasan secara umum tidak akan memberikan dampak negatif yang signifikan terhadap jaringan eksisting PLN. Tetapi, penekanan perlu dilakukan secara kontinu terhadap implementasi langkah-langkah mitigasi yang direkomendasikan. Apabila pembebanan di sisi Pemakaian Sendiri mengalami ketidakseimbangan, dapat dilakukan penyeimbangan melalui penutupan *bus-coupler* pada *switchgear* tegangan menengah (MV SWGR). Dengan menutup *bus-coupler* ini, beban dapat didistribusikan secara merata antara PLTS dan jaringan PLN, memastikan aliran daya tetap seimbang dan terhindar dari ketidakseimbangan yang dapat mempengaruhi kualitas daya di jaringan. Perlu diperhatikan untuk pemeliharaan dan pemeriksaan komponen-komponen PLTS secara rutin untuk menjaga performa agar dapat beroperasi dengan optimal.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. EIA. (2024). *Photovoltaics and electricity*. U.S. Energy Information Administration.
2. Fraunhofer ISE. (2021). *Photovoltaic cells convert light into electricity*. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems.
3. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2023). *Punya Potensi Pasar Besar, Penggiat PLTS di Indonesia Diminta Tak Keluar Gelanggang*. Kementerian ESDM.
4. PLN IP UBP Keramasan. (2025). PLN IP UBP Keramasan - Single Line Diagram. Palembang: PLN IP UBP Keramasan.
5. Sugandi, B., Atabiq, F., & Asti, R. A. (2023). *Pengaruh Beban Gas Turbine Generator terhadap Efisiensi Heat Recovery Steam Generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU)*. ELKOMIKA, 11 (3), 639-648.