

Perancangan Single Line Diagram Sistem Kelistrikan PLTS On-Grid pada Workshop ESP PT Elnusa Cikande

Roji Pramanta¹, Yuli Mafendro², dan Muslimin³,

¹Program RESD, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

*Corresponding author E-mail address: yulimafendro@mesin.pnj.ac.id

Abstrak

Seiring meningkatnya kebutuhan energi listrik dan komitmen sektor industri dalam mendukung transisi menuju energi terbarukan, penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap menjadi salah satu solusi untuk mengurangi konsumsi energi dari jaringan PLN. Workshop PT Elnusa Cikande memiliki potensi penerapan PLTS atap berkapasitas 200,2 kWp yang memerlukan perancangan sistem kelistrikan agar beroperasi secara aman, andal, dan sesuai standar. Penelitian ini bertujuan merancang Single Line Diagram (SLD) sistem PLTS on-grid yang meliputi konfigurasi modul fotovoltaik, pemilihan inverter, sistem proteksi sisi DC dan AC, serta interkoneksi dengan jaringan PLN. Metode penelitian dilakukan melalui studi literatur, pengumpulan data teknis bangunan dan beban listrik, analisis kebutuhan energi, serta perancangan sistem berdasarkan PUIL 2020 dan standar IEC 62548. Hasil perancangan menunjukkan sistem menggunakan 364 modul fotovoltaik 550 Wp yang dikonfigurasi menjadi 26 string dan dihubungkan ke dua inverter Huawei berkapasitas 115 kW dan 50 kW. Sistem proteksi menggunakan MCCB 200 A, 100 A, dan 300 A, dengan tegangan maksimum string sebesar 697,2 V, sehingga masih berada di bawah batas masukan inverter 1100 V. Rancangan Single Line Diagram yang dihasilkan memenuhi aspek keselamatan instalasi, keandalan operasi, serta kemudahan dalam proses instalasi dan pemeliharaan sistem PLTS. Kata kunci: PLTS Atap, Single Line Diagram, On-Grid, Workshop PT Elnusa, Sistem Kelistrikan.

Abstract

With the increasing demand for electrical energy and the industrial sector's commitment to supporting the transition toward renewable energy, the implementation of rooftop photovoltaic (PV) systems has become an effective solution to reduce electricity consumption from the utility grid. The PT Elnusa Cikande Workshop has significant potential for implementing a 200.2 kWp on-grid rooftop PV system, which requires a well-designed electrical system to ensure safe, reliable, and efficient operation. This study aims to design a Single Line Diagram (SLD) for the rooftop PV system, including photovoltaic module configuration, inverter selection, DC and AC protection systems, and grid interconnection. The research was conducted through a literature review, collection of building technical data and electrical load data, energy demand analysis, and system design based on PUIL 2020 and IEC 62548 standards. The proposed system consists of 364 photovoltaic modules rated at 550 Wp, configured into 26 strings and connected to two Huawei string inverters with capacities of 115 kW and 50 kW. The protection system employs 200 A, 100 A, and 300 A MCCBs, while the maximum string voltage is 697.2 V, which remains below the inverter's maximum DC input voltage of 1100 V. The resulting Single Line Diagram fulfills electrical safety requirements, operational reliability, and provides a practical reference for the installation and maintenance of the rooftop PV system. Keywords: Rooftop Photovoltaic System, Single Line Diagram, On-Grid, PT Elnusa Workshop, Electrical System.

1. PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan energi listrik di sektor industri mendorong perusahaan untuk menerapkan sistem energi yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Salah satu teknologi yang berkembang pesat adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap yang memanfaatkan radiasi matahari sebagai sumber energi listrik. Selain mampu mengurangi konsumsi energi dari jaringan PLN, penerapan PLTS juga mendukung program pemerintah dalam meningkatkan bauran Energi Baru Terbarukan (EBT) serta pencapaian target *Net Zero Emission*. Dengan karakteristik sistem yang modular, mudah dikembangkan, dan memiliki biaya operasional yang relatif rendah, PLTS atap menjadi salah satu solusi yang banyak diterapkan pada sektor industri untuk meningkatkan efisiensi energi.

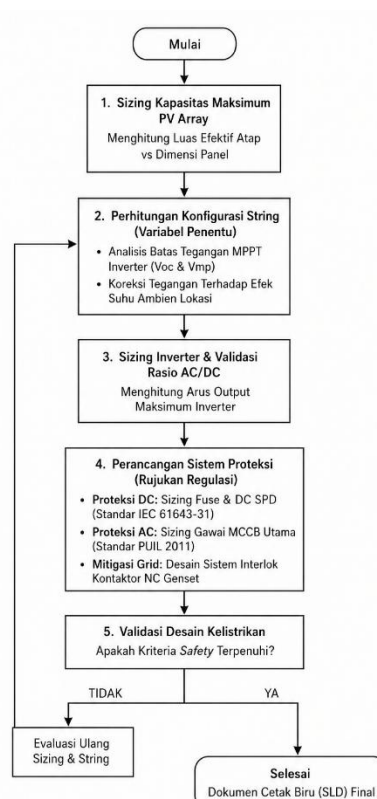
Workshop PT Elnusa Cikande memiliki luas atap sekitar 2.640 m² yang berpotensi dimanfaatkan sebagai lokasi pemasangan PLTS atap. Berdasarkan hasil perancangan, sistem yang diusulkan memiliki kapasitas terpasang sebesar 200,2 kWp dengan konfigurasi *on-grid*, sehingga energi listrik yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara langsung untuk menyuplai kebutuhan beban workshop sekaligus mengurangi konsumsi energi dari jaringan PLN. Kondisi tersebut menjadikan Workshop PT Elnusa Cikande sebagai lokasi yang sesuai untuk penerapan sistem PLTS atap dari aspek teknis maupun operasional.

Beberapa penelitian terdahulu mengenai perancangan PLTS atap pada bangunan industri umumnya berfokus pada penentuan kapasitas sistem, analisis potensi energi, dan evaluasi kelayakan ekonomi. Namun, pembahasan mengenai perancangan **Single Line Diagram (SLD)** secara rinci, khususnya yang mencakup konfigurasi *string* fotovoltaik, koordinasi sistem proteksi, pemilihan peralatan listrik, serta mekanisme interkoneksi dengan jaringan PLN pada fasilitas workshop industri masih relatif terbatas. Selain itu, karakteristik beban listrik, kapasitas sumber eksisting, dan kebutuhan operasional setiap industri berbeda sehingga rancangan SLD tidak dapat diterapkan secara langsung dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Oleh karena itu, diperlukan perancangan SLD yang disesuaikan dengan kondisi aktual Workshop PT Elnusa Cikande agar sistem PLTS dapat beroperasi secara aman, andal, serta memenuhi ketentuan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2020) dan standar IEC yang berlaku.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan merancang **Single Line Diagram (SLD)** sistem kelistrikan PLTS atap *on-grid* berkapasitas 200,2 kWp pada Workshop PT Elnusa Cikande. Perancangan meliputi konfigurasi modul fotovoltaik, pemilihan inverter, sistem proteksi sisi DC dan AC, serta skema interkoneksi dengan jaringan PLN. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi acuan teknis dalam proses instalasi, pengoperasian, dan pemeliharaan sistem PLTS atap pada fasilitas industri yang memiliki karakteristik serupa.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

2.2 Kondisi Lokasi

Penelitian ini dilakukan di Workshop PT Elnusa yang berlokasi di Kawasan Industri Cikande, Kabupaten Serang, Banten. Gedung Workshop memiliki luas atas 100m x 26 m dengan konstruksi atap metal sheet.

Kondisi atap relatif datar dengan kemiringan 5°. Tidak terdapat shading signifikan dari lokasi sekitar sehingga area atap layak digunakan pemasangan modul fotovoltaik

Tabel 2. 1 Data perancangan sisten PLTS

No	Parameter	Nilai
1	Lokasi	Workshop PT Elnusa Cikande, Kawasan Industri Cikande, Kab. Serang, Banten
2	Kapasitas PLTS	200 kWp
3	Jenis Sistem	PLTS Atap On-Grid
4	Luas Atap Tersedia	2.640 m ² ($\pm$ 100 m $\times$ 26,4 m)
5	Konsumsi Energi	11.079 kWh/bulan
6	Tegangan AC Sistem	3 Phasa, 380 V
7	Frekuensi	50 Hz

2.3 Komponen PLTS

Komponen utama PLTS yang digunakan dalam perancangan ini terdiri dari modul fotovoltaik dan inverter On-Grid. Pemilihan komponen disesuaikan dengan kapasitas sistem 200kWp serta kondisi lokasi pemasangan

2.3.1 Modul Fotovoltaik

Modul yang digunakan adalah *Longi Solar LR5-72HPH-550M G2*. Jumlah modul yang digunakan berdasarkan kebutuhan

Tabel 2. 2 Spesifikasi modul Fotovoltaik

Electrical Characteristics	STC : AM1.5 1000W/m ² 25°C		NOCT : AM1.5 800W/m ² 20°C 1m/s		Test uncertainty for Pmax $\pm$ 3%					
Module Type	LR5-72HPH-540M		LR5-72HPH-545M		LR5-72HPH-550M		LR5-72HPH-555M		LR5-72HPH-560M	
Testing Condition	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax/W)	540	403.6	545	407.4	550	411.1	555	414.8	560	418.6
Open Circuit Voltage (Voc/V)	49.50	46.54	49.65	46.68	49.80	46.82	49.95	46.97	50.10	47.11
Short Circuit Current (Isc/A)	13.85	11.20	13.92	11.25	13.98	11.31	14.04	11.35	14.10	11.40
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	41.65	38.69	41.80	38.83	41.95	38.97	42.10	39.11	42.25	39.25
Current at Maximum Power (Imp/A)	12.97	10.43	13.04	10.49	13.12	10.56	13.19	10.61	13.26	10.67
Module Efficiency(%)	20.9		21.1		21.3		21.5		21.7	

Jumlah modul yang dibutuhkan dihitung dengan persamaan tabel

2.1

$$\text{Kapasitas PV modul} \times \text{Jumlah per String} \times \text{Jumlah String} = \\ 550 \text{ Wp} \times 14 \times 18 = 138,6 \text{ kWp}$$

2.3.2 Inverter

Inverter yang digunakan adalah *Huawei Technology sun2000-115ktl-m2*. Pemilihan inverter ini didasarkan pada kesesuaian kapasitas terhadap sistem 200 kWp dan ketersediaan jumlah MPPT yang cukup untuk konfigurasi String

Tabel 2. 3 Spesifikasi Inverter

Technical Specification		SUN2000-115KTL-M2
		Efficiency
Max. efficiency		98.6% @400 V, 98.8% @480 V
European efficiency		98.4% @400 V, 98.6% @480 V
		Input
Max. Input Voltage ¹		1,100 V
Max. Current per MPPT		30 A
Max. Current per Input		20 A
Max. Short Circuit Current per MPPT		40 A
Start Voltage		200 V
MPPT Operating Voltage Range ²		200 V - 1,000 V
Nominal Input Voltage		600 V @400 Vac, 720 V @480 Vac
Number of MPP trackers		10
Max. input number per MPP tracker		2
		Output
Nominal AC Active Power		115,000 W
Max. AC Apparent Power		125,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)		125,000 W
Nominal Output Voltage		400 V / 480 V, 3W+(N)+PE
Rated AC Grid Frequency		50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current		166.0 A @400 V, 138.4 A @480 V
Max. Output Current		182.3 A @400 V, 151.9 A @480 V
Adjustable Power Factor Range		0.8 leading... 0.8 lagging
Max. Total Harmonic Distortion		< 3%

2.4 Perancangan Sistem Kelistrikan dan Proteksi

Tahap berikutnya adalah melakukan perancangan sistem kelistrikan PLTS yang mengacu pada Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2020), IEC 60364, serta IEC 62548. Perancangan dilakukan berdasarkan data kapasitas PLTS, konfigurasi modul, spesifikasi inverter, dan layout instalasi listrik Workshop PT Elnusa.

Desain yang dihasilkan meliputi:

2.4.1. Single Line Diagram (SLD)

Mendesain system electrical pada PLTS untuk memudahkan saat pengoperasian dan menganalisa jika ada troubleshooting pada kelistrikan

2.4.2. Sistem Proteksi

Sistem proteksi dirancang untuk melindungi instalasi dari gangguan arus lebih, hubung singkat, dan tegangan lebih akibat sambaran petir maupun gangguan pada jaringan listrik.

2.4.3 Layout Atap

Layout atap disusun berdasarkan luas atap workshop sekitar 2.600 m² dengan mempertimbangkan orientasi pemasangan modul, jalur pemeliharaan (maintenance walkway), posisi inverter, serta jalur kabel menuju Main Distribution Panel.

2.5 Batasan Variabel dan Cara Pengamatan

Penelitian ini memiliki beberapa batasan agar proses perancangan lebih terarah, yaitu sebagai berikut.

2.5.1 Single Line Diagram (SLD)

Perancangan difokuskan pada penyusunan Single Line Diagram sistem kelistrikan PLTS atap sebagai acuan instalasi dan analisis sistem distribusi listrik.

2.5.2 Sistem Proteksi

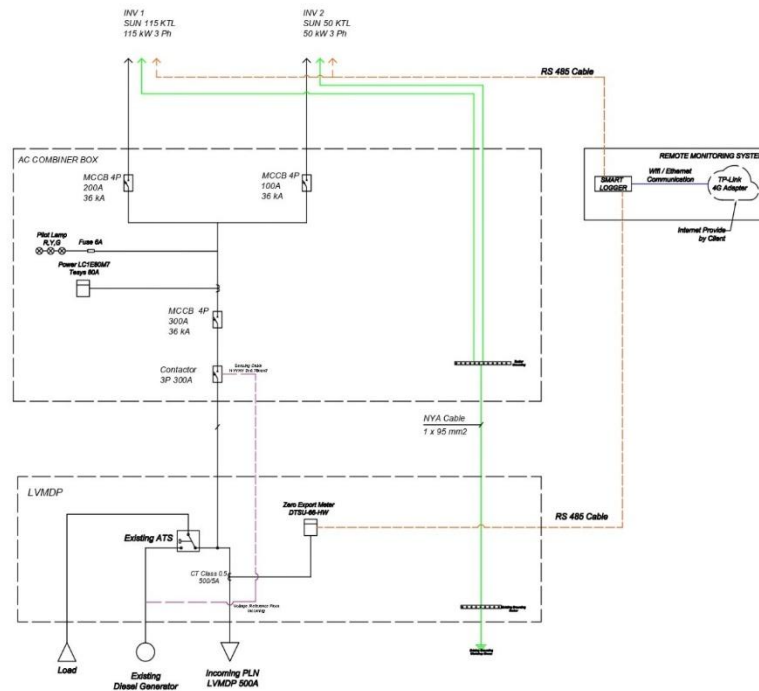
Sistem proteksi dibatasi pada proteksi sisi DC dan sisi AC yang terdiri atas Fuse DC, Surge Protection Device (SPD), MCCB, dan sistem pentanahan sesuai ketentuan PUIL 2020.

2.5.3 Layout Atap

Perancangan layout hanya difokuskan pada penempatan modul fotovoltaik pada area atap Workshop PT Elnusa tanpa membahas analisis struktur bangunan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Single line Diagram



Dapat dilihat pada gambar diatas dan juga sudah dipaparkan pada perancangan Pvsyst dimana perancangan PLTS dibagi pada beberapa sin, dimana 1 string terdapat 14 solar panel, dan pada inverter 115 kW terdapat 18 string, masih dibawah batas untuk di koneksikan dengan input inverter, dimana inverter 115 kW ini memiliki 20 input channel yang setiap 2 channel input di tujukan kepada satu mppt yang berada didalam inverter. Setiap satu string terkoneksi dengan satu channel input pada inverter.

Dapat juga dihitung untuk batas safety perancangan instalasi pada inverter 115 kW, jika disebutkan dalam datasheet spesifikasi solar panel yang dipasang kapasitas voltase maksimal (open circuit voltage). Dihasilkan satu solar panel adalah 49.8 V, pada rangkaian ini solar panel dirangkai seri dan dilakukan perhitungan Jumlah solar panel per satu string $\times$ open circuit voltage = $(18 \times 14) \times 49.8 \text{ V} = 697,2 \text{ V}$. Angka ini masih dibawah spesifikasi maksimal input pada inverter yaitu 1100 V. Begitu juga dengan short circuit ampere solar panel yaitu 13.98 A dimana masih dibawah standar maksimal input inverter 40 A. Perhitungan ini juga dilakukan pada rancangan instalasi inverter 50 kW.

Setelah inverter menkonversi daya DC menjadi AC, output inverter berupa tegangan 3 fasa. Selanjutnya daya listrik ini di integerasikan dengan incoming source (PLN). Namun sebelumnya rangkaian ini melalui sistem safety dan menggabungkan pada Combiner Box.

Berdasarkan spesifikasi inverter, output arus maksimal inverter 115 kW sebesar 182,3 A. Sebab itu MCCB dipasang dengan spesifikasi 200 A untuk proteksi jika terjadinya lonjakan arus.

MCCB kedua adalah MCCB yang menjadi proteksi untuk output inverter 50 kW. MCCB ini memiliki spesifikasi 100 A dipilih berdasarkan output arus maksimal yang dapat dihasilkan oleh inverter 50 kW sebesar 79.8 A.

MCCB ke tiga adalah MCCB yang menjadi safety dari output kedua MCCB sebelumnya yang diparalel bersama. Dikarenakan rangkaian bila diparalel arus masuk sama dengan arus keluar atau jika arus dari input pertama sebesar 182,3 A dan arus dari input kedua sebesar 79.8 A, maka arus keluar sama dengan $182,3 \text{ A} + 79,8 \text{ A} = 262,1 \text{ A}$. Oleh karena itu MCCB ketiga memiliki batas maksimal arus 300 A.

Terdapat kontaktor didalam panel combiner, yang untuk memutus arus. Sebelum Output sistem

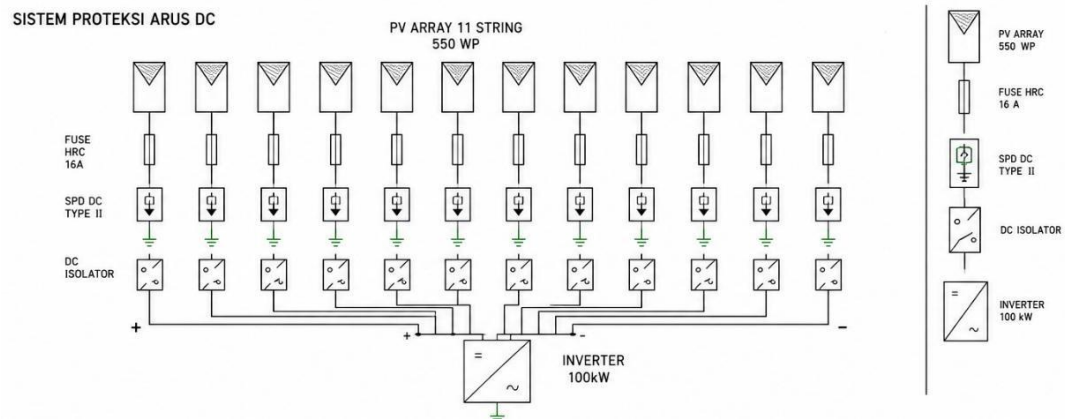
Roji Pramanta,, et al/Prosiding A/B Semnas Mesin PNJ (2026)

PLTS yang sudah melalui combiner box ini di integerasikan dengan sumber PLN, arus listrik di pasangkan kontaktor. Kontaktor diberikan pemicu kontak NC (normally close) dari arus tegangan yang keluar dari genset existing pada workshop.

Workshop PT. Elnusa memiliki sumber listrik darurat berupa genset, jika genset ini beroperasi bersamaan dengan PLTS yang juga menjadi sumber listrik, mengakibatkan rusaknya komponen PLTS seperti inverter dan lainnya. Maka dari itu jika genset beroperasi maka genset memberikan sinyal untuk kontak NC pada kontaktor yang berada pada sistem combiner box.

Setelah melewati combiner box, daya listrik PLTS di integerasikan dengan existing source workshop PT. Elnusa

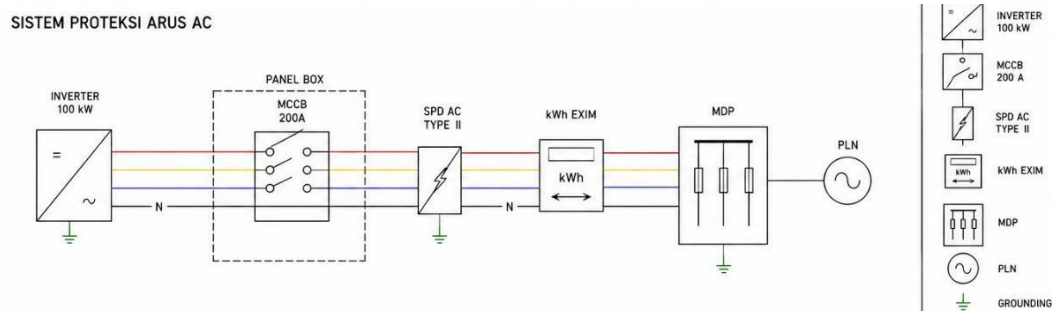
3.2 Sistem Proteksi pada arus DC



Gambar 3. 2 Sistem Proteksi Pada Arus DC

Pada sistem proteksi pada arus DC terdiri dari 11 string PV yang masing-masing dilengkapi dengan Fuse HRC 16 A sebagai proteksi terhadap arus lebih. Selanjutnya, arus DC melewati SPD DC Type II (Surge Protective Device) yang dihubungkan ke sistem grounding.

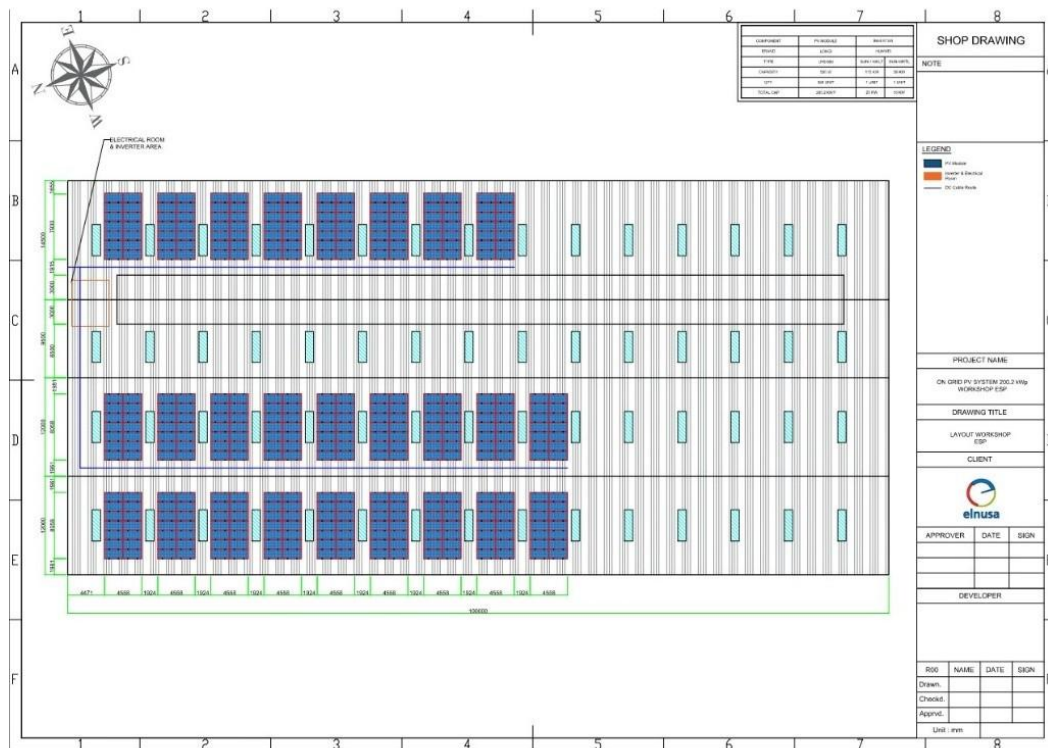
3.3 Sistem Proteksi pada arus AC



Gambar 3. 3 Sistem Proteksi Pada Arus AC

Pada gambar 3.3, sistem proteksi pada arus AC dimulai dari keluaran inverter yang kemudian melewati MCCB 200 A sebagai pengaman terhadap arus lebih dan hubung singkat pada sistem tiga fasa. Selanjutnya dipasang SPD AC Type II yang terhubung ke sistem grounding untuk melindungi peralatan dari gangguan tegangan lebih. Energi listrik kemudian diukur menggunakan kWh EXIM, diteruskan ke Main Distribution Panel (MDP), dan selanjutnya disalurkan ke jaringan PLN.

3.4 Layout Atap



Gambar 3. 4 Layout Atap

Layout atap dirancang pada area seluas $100 \text{ m} \times 49 \text{ m}$ dengan pemasangan 364 modul fotovoltaik yang disusun dalam beberapa baris untuk memaksimalkan pemanfaatan luas atap. Di antara susunan modul disediakan jalur maintenance agar memudahkan proses inspeksi, pembersihan, dan pemeliharaan sistem. Inverter ditempatkan di sisi area pemasangan untuk mempersingkat jalur transmisi daya. Selain itu, jalur kabel DC dirancang dari setiap string menuju inverter, sedangkan jalur kabel AC menghubungkan inverter ke panel distribusi.

4.KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan Single Line Diagram (SLD) sistem kelistrikan PLTS atap On-Grid pada Workshop PT Elnusa Cikande, diperoleh rancangan sistem dengan kapasitas terpasang sebesar 200,2 kWp yang terdiri atas 364 modul fotovoltaik Longi Solar 550 Wp yang dikonfigurasi menjadi 26 string serta menggunakan dua inverter Huawei berkapasitas 115 kW dan 50 kW. Konfigurasi tersebut telah memenuhi batas operasi inverter, dimana tegangan maksimum string sebesar 697,2 V masih berada di bawah batas masukan inverter 1100 V, sehingga sistem layak diimplementasikan dari aspek teknis.

Hasil perancangan Single Line Diagram (SLD) menunjukkan bahwa sistem PLTS dapat diintegrasikan dengan instalasi listrik eksisting melalui Main Distribution Panel (MDP) menggunakan sistem On-Grid. Sistem proteksi yang meliputi MCCB 200 A, 100 A, dan 300 A, combiner box, kontaktor interlock dengan genset, serta sistem pentanahan telah dirancang sesuai prinsip keselamatan instalasi berdasarkan PUIL 2020 dan IEC 62548. Pemenuhan standar tersebut menjadi solusi untuk meningkatkan keamanan instalasi, keandalan operasional, kemudahan pemeliharaan, serta kontinuitas suplai energi pada sistem kelistrikan Workshop PT Elnusa Cikande.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT Elnusa Cikande atas keterikutan serta dalam kegiatan ilmiah ini, Penulis juga berterima kasih kepada Client Bapak Rudi Harahap selaku Manager Workshop dan bapak Dhannang Haryanto selaku Supervisor. Terimakasih juga kepada Dr.Eng. Muslimin S.T., M.T., IWE dan Bapak Yuli F.E Saputra S, Pd., M.T selaku dosen pembimbing dari penelitian dan penulisan karya ilmiah ini

REFERENSI

- [1] M. B. Setiawan *et al.*, “Analisa Kebutuhan Daya Hydrogen Plant Untuk Integrasi Suplai Energi Hydrogen Plant Dengan PLTS Di PT PLN Indonesia Power UBP Pangkalan Susu,” hal. 528–537, 2025.
- [2] R. Siyentanu, M. Sakeru, E. M. Silalahi, dan R. Purba, “Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sistem On-Grid Untuk Memenuhi Kebutuhan Listrik Base Transceiver Station BTS Di Desa Saibi Samukop Kepulauan Mentawai Berbasis Homer,” vol. 6, no. 1, 2023.
- [3] S. Perancangan, P. O. Ditinjau, T. Dan, E. Di, P. Pesantren, dan T. Ghofilin, “BANJARNEGARA,” vol. 4, hal. 234–241, 2021.
- [4] T. Pati, “Perencanaan pembangkit listrik tenaga surya rooftop pensuplai kandang ayam pedaging dengan sistem on grid di desa tegalharjo trangkil pati 1, 2, 3),” no. 49, 2022, doi: 10.26623/elektrika.v16i1.8818.
- [5] A. Gifson dan M. P. Pambudi, “Rancang bangun pembangkit listrik tenaga surya (plts) on grid di ecopark ancol,” vol. 22, no. 1, hal. 23–33, 2020.
- [6] S. Bahri, B. Nainggolan, dan P. Jannus, “Perencanaan Komponen Elektrikal Sistem PLTS On Grid Tied untuk Gudang di PHE ONWJ Marunda,” no. 2, hal. 222–231, 2025.
- [7] I. Kenedi, “Analisa Sinkronisasi PLTS on Grid dan PLN yang Terpasang di Gedung One Satrio Mega Kuningan,” vol. 06, no. 02, hal. 74–80, 2024.
- [8] P. Surya, “ANALISA PERANCANGAN ON-GRID SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) PADA INDUSTRI MENENGAH (Studi Kasus : PT . P & P BANGKINANG) ILHAM LUBIS NIM : 20055104906 Tanggal Sidang : 25 April 2018 Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau ANALYSIS DESIGN ON-GRID SYSTEM OF SOLAR POWER PLANTS (PLTS) IN MEDIUM INDUSTRY (CASE STUDY PT . P & P BANGKINANG) ILHAM LUBIS Student Number : 20055104906 Examination Date : April 25 h 2018 Department of Electrical Engineering Faculty of Science and Technology State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau,” no. Lcc, hal. 6–7, 2018.
- [9] O. Zebua, N. Wijayawardhana, dan Z. Huda, “Analisis Kelayakan Ekonomi dan Self-Consumption dari PLTS On-Grid”.
- [10] U. A. Pringsewu, “Universitas Aisyah Pringsewu,” vol. 5, no. 1, hal. 67–75.