

ISSN XXXX-XXXX

JOURNAL OF YOUNG ELECTRICAL POWER AND ELECTRONICS INSTRUMENTATION



VOL . 2 NO. 2: NOV 2024
TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS PAMULANG



TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS PAMULANG





Journal of Young Electrical Power and Electronics Implementation (YEPEI)

Teknik Elektro – Universitas Pamulang

pISSN xxxx-xxxx | eISSN xxxx-xxxx | Vol. 2, No. 2, Bulan November, Tahun 2024

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik - Universitas Pamulang

Jl. Raya Puspiptek No. 46. Buaran, Setu, Tangerang Selatan – Banten 15310

Telp: 0813-1199-0627; Website: <https://openjournal.unpam.ac.id/index.php/JYEP/index>

EDITORIAL BOARD

ADVISORY EDITOR

Ketua Program Studi Teknik Elektro - Universitas Pamulang

Ir. Aripin Triyanto, S.T., M.T.

EDITOR IN CHIEF

Abdurahman

EDITORIAL BOARD MEMBER

Ojak Abdul Rozak

Erik Agustian Yulanda

Angga Septian MN

Joko Tri Susilo

Dwi Anie Gunastuti

Agi Tama

PEER REVIEWER

Muhammad Haekal Habibie

Syaiful Bakhri

Kiswanta

Jan Setiawan

Himma Firdaus

Heranudin

Yoyok Dwi Setyo Pambudi

Makhsun

Dede Sutarya

Seflahir Dinata

Kartika Sekarsari

Gaguk Firasanto

Elfirza Rosiana

ISunardi

Woro Agus Nurtiyanto

Irawati

Oky Supriyadi

MANAGING EDITOR

Aripin Triyanto

The Journal of Young Electrical Power and Electronics Implementation (YEPEI) adalah jurnal ilmiah yang dikelola dan diterbitkan dalam dua edisi per tahun, pada bulan Mei dan November. Ruang lingkup YEPEI meliputi penelitian kontrol dan instrumentasi, otomatisasi industri, mekatronika dan robotika, elektronik dan mikroelektronika, sistem terintegrasi, teknik peralatan biomedis, bahan elektronik, biosensor, sistem tenaga, transmisi daya, jaringan pintar, isolasi dan perlindungan, pembangkit listrik energi baru dan energi terbarukan, konversi energi, manajemen dan konservasi, teknologi informasi dan komunikasi. Silakan baca panduan ini dengan seksama.



DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
EDITORIAL BOARD.....	ii
DAFTAR ISI	iii
Rancang Bangun Sistem Tenaga Surya Kapasitas 20Wp untuk Mengetahui Efisiensi sebagai Sumber Tenaga Listrik	76-85
<i>Marwan Hakim</i>	
Analisa Tahanan Isolasi Kabel KMI 4x800 mm ² Terhadap Terminasi Kabel Power 20kV pada Trafo 3 di Gardu Induk 150kV.....	86-95
<i>Muhammad Lukman Hakim, Edy Sumarno, Himma Firdaus, Yoyok Dwi Setyo Pambudi</i>	
Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Kampus 2 Universitas Pamulang ..	96-109
<i>Muhammad Sopiansyah Iqbal, Oky Supriadi</i>	
Sistem Kontrol Automatic Transfer Switch antara PLTS dan PLN dengan Sumber Tegangan PLTS sebagai Prioritas.....	110-117
<i>Rafi Daffa Amrullah</i>	
Rancang Bangun Trainer Konveyor Transfer Barang Menggunakan PLC	118-126
<i>Rahmad Setia Budi, Fendi Soleh Wibowo, Suryo Anggoro, Heri Kusnadi</i>	
Trainer Sistem Monitoring dan Kontrol Intermedit	127-134
<i>Guntur Suhardi, Rudi Ruhidin, Sri Maryono, Oky Supriadi</i>	

The Journal of Young Electrical Power and Electronics Implementation (YEPEI) adalah jurnal ilmiah yang dikelola dan diterbitkan dalam dua edisi per tahun, pada bulan Mei dan November. Ruang lingkup YEPEI meliputi penelitian kontrol dan instrumentasi, otomatisasi industri, mekatronika dan robotika, elektronik dan mikroelektronika, sistem terintegrasi, teknik peralatan biomedis, bahan elektronik, biosensor, sistem tenaga, transmisi daya, jaringan pintar, isolasi dan perlindungan, pembangkit listrik energi baru dan energi terbarukan, konversi energi, manajemen dan konservasi, teknologi informasi dan komunikasi. Silakan baca panduan ini dengan seksama.

Rancang Bangun Sistem Tenaga Surya Kapasitas 20Wp untuk Mengetahui Efisiensi sebagai Sumber Tenaga Listrik

Marwan Hakim¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Pamulang

¹Jl. Raya Puspitek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia

¹marwanhakim17@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 2 Agustus 2024
revisi : 4 Oktober 2024
diterima : 4 November 2024
dipublish : 30 November 2024

ABSTRAK

Di era modern saat ini, listrik menjadi kebutuhan yang sangat vital bagi kehidupan manusia. Seiring berkembangnya teknologi, kebutuhan akan energi listrik untuk mendukung aktivitas sehari-hari terus meningkat. Ketiadaan pasokan listrik dapat mengganggu kelancaran aktivitas tersebut. Saat ini, sebagian besar energi listrik masih bersumber dari hasil turunan minyak bumi seperti batubara, gas alam, dan bensin. Namun demikian, terdapat alternatif energi terbarukan yang mulai dimanfaatkan, salah satunya adalah energi matahari. Energi matahari dapat digunakan sebagai sumber listrik untuk sistem penerangan melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Dalam sistem ini, efisiensi modul fotovoltaik (PV) menjadi faktor penting karena berperan dalam menyerap radiasi matahari untuk menghasilkan arus dan tegangan listrik. Rangkaian sistem tenaga surya yang digunakan terdiri dari panel surya 20 Wp, Solar Charge Controller (SCC), baterai, inverter, dan lampu penerangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi sistem PLTS dalam menyuplai kebutuhan listrik untuk industri ringan atau rumah tangga, khususnya pada sistem penerangan. Efisiensi dinilai berdasarkan perbandingan antara daya yang dihasilkan dengan daya dari radiasi matahari. Pengukuran dilakukan secara harian, dan hasilnya menunjukkan bahwa tegangan tertinggi terjadi pada pukul 12:00 WIB sebesar 13,6 V, dengan suhu 33,9°C, arus 0,72 A, intensitas radiasi matahari 236,8 W/m², menghasilkan daya 9,8 watt dengan daya input 36,7 watt, dan efisiensi 27%. Sementara itu, tegangan terendah tercatat pada pukul 11:00 WIB sebesar 13,0 V dengan suhu 33,2°C, arus 0,60 A, intensitas radiasi 64,2 W/m², daya keluaran 7,8 watt, daya input 9,9 watt, dan efisiensi tertinggi sebesar 78%.

Kata kunci : *PJU; Tenaga surya; Radiasi matahari; Efisiensi*

ABSTRACT

In today's modern era, electricity plays a crucial role in human life. As technology advances, the demand for electrical energy to support daily activities continues to grow. A lack of electricity supply can disrupt these activities. Currently, most electricity is still derived from fossil fuels such as coal, natural gas, and gasoline.

However, alternative renewable energy sources are increasingly being utilized, one of which is solar energy. Solar energy can be used as a power source for lighting systems through Solar Power Plants (PLTS). In this system, the efficiency of photovoltaic (PV) modules is essential, as they absorb solar radiation to generate electrical current and voltage. The solar power system used in this study consists of a 20 Wp solar panel, a solar charge controller (SCC), a battery, an inverter, and lighting lamps. The purpose of this research is to evaluate the efficiency of a solar power system in supplying electricity for light industrial or household use, specifically for lighting purposes. Efficiency is assessed based on the comparison between the output power and the solar radiation input. Daily measurements were conducted, and the results show that the highest voltage was recorded at 12:00 PM at 13.6 V, with a temperature of 33.9°C, a current of 0.72 A, solar radiation intensity of 236.8 W/m², generating 9.8 watts of power with an input power of 36.7 watts, resulting in an efficiency of 27%. Meanwhile, the lowest voltage was recorded at 11:00 AM at 13.0 V, with a temperature of 33.2°C, a current of 0.60 A, solar radiation intensity of 64.2 W/m², producing 7.8 watts of power with 9.9 watts of input power, and the highest efficiency recorded was 78%.

Keywords : PJU; Solar power; Solar radiation; Efficiency

PENDAHULUAN

Dalam periode mutakhir ini, kekuasaan sangat penting dan signifikan bagi orang-orang. Dengan kemajuan zaman sekarang dan inovasi, kebutuhan tenaga untuk membantu aktivitas manusia sangat besar (Pada et al., 2022)(Mahsus & Latipah, 2021). Tidak adanya energi listrik dapat mempengaruhi kemajuan aktivitas manusia. Sampai saat ini, energi listrik secara umum masih dapat diakses dari pemanfaatan produk minyak bumi seperti batubara, gas yang mudah terbakar dan minyak (Kharisma et al., 2024). Sistem pembangkit listrik dari sumber energi fosil ini memiliki efek buruk, menyebabkan polusi serius dan menghabiskan cadangan bahan bakar fosil (Ferdyson & Windarta, 2023). Masalah tersebut menimbulkan masalah bagi keberlangsungan kehidupan manusia di masa depan. Untuk alasan ini, umat manusia sekarang mencoba menggunakan energi terbarukan sebagai sumber listrik (Pangestu & Ayuningsasi, 2024). Energi terbarukan tersebut antara lain energi angin, energi matahari dan gelombang laut. Salah satu pemanfaatan energi listrik yang dibutuhkan manusia adalah penerangan malam hari. Tujuan penelitian ini yaitu untuk melihat efisiensi suatu sistem pembangkit tenaga listrik yang energinya berasal dari radiasi matahari untuk digunakan pada listrik industri atau skala rumah tangga yang akan digunakan oleh peralatan listrik salah satunya adalah penerangan. Dalam hal ini efisiensi energi dilihat dari sinar matahari, sumber listrik yang menggantikan listrik (Triyanto, Dewi, et al., 2023).

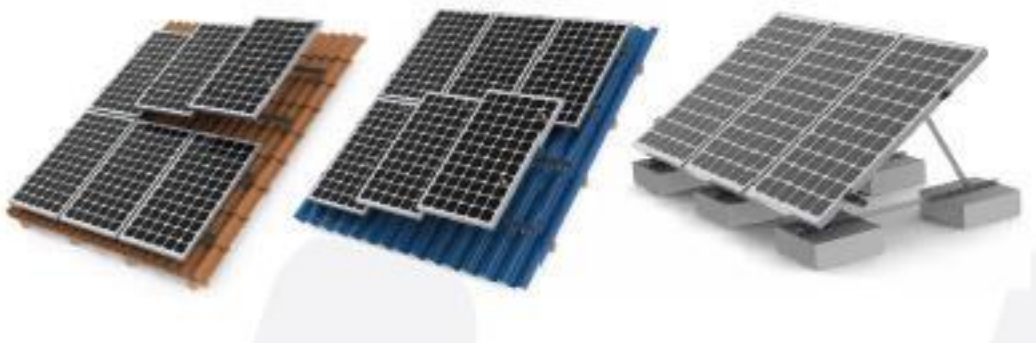
Hasil dari output arus searah (DC), selanjutnya arus searah atau *direct current* disimpan di dalam baterai. Arus searah diubah menjadi arus bolak-balik (AC) oleh inverter

dan didistribusikan ke beban. Saat ini kita menggunakan listrik konvensional atau listrik yang disediakan PLN untuk menjalankan aktivitas sehari-hari, karena hal ini tentunya akan mengakibatkan biaya tagihan listrik yang dapat mempengaruhi total biaya operasional bulanan. Oleh karena itu, diharapkan ketika menggunakan alat ini dapat mengurangi jumlah pengeluaran bulanan untuk tagihan listrik karena alat ini menggunakan energi terbarukan atau energi yang bersumber dari cahaya dan panas matahari. Berdasarkan penjelasan di atas, penulis merancang lampu penerangan tenaga surya untuk mengetahui efisiensi modul surya sebagai daya penerangan menggunakan panel surya 20 Wp dan lampu penerangan (Triyanto et al., 2022).

TEORI

Salah satu aplikasi PLTS yang paling sederhana yang dapat diterapkan langsung ke daerah sekitar adalah Penerangan Jalan Umum (PJU) Berbasis Sinar Matahari (Arirohman et al., 2021). Kehadiran kerangka penerangan jalan berorientasi matahari dapat menjadi jawaban dan memberikan sesuatu yang sangat signifikan bagi jaringan jauh yang tidak dapat menghargai daya (PLN) karena keadaan topografi atau keterbatasan jaringan diseminasi oleh otoritas publik (Wihardja et al., 2023). Hemat karena tidak membutuhkan bahan bakar dan hampir tidak memerlukan biaya operasional. Dapat dipasang dimana saja dan dapat dipindahkan sesuai kebutuhan. Terpusat PLTS dipasang di daerah dan daya yang dihasilkan didistribusikan ke lokasi yang diperlukan melalui jaringan distribusi atau didistribusikan setiap sistem berdiri sendiri atau individu dan tidak memerlukan jaringan distribusi Dapat dilaksanakan. Karena strukturnya yang modular, daya yang dihasilkan dapat disesuaikan dengan kebutuhan dengan menghubungkan modul secara seri dan paralel. Dapat dioperasikan secara otomatis (tanpa awak) atau operator (dapat dioperasikan). Tidak ada kebisingan dan tidak ada pencemaran lingkungan. Efisiensi merupakan perbandingan terbaik antara usaha dan hasil yang dicapai tanpa membuang waktu, biaya, atau tenaga (Energi & Ciwaruga, 2022).

Gambar 1 merupakan panel surya yang dapat digunakan untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Untuk memanfaatkan potensi energi ini, dua jenis teknologi surya telah diterapkan energi surya fotovoltaik dan energi surya termal (Yuwono et al., 2021).



Gambar 1. Panel surya (Yuwono et al., 2021)

Sel surya polycrystalline cukup sensitif dan bisa mendapatkan energi tinggi dari matahari meskipun cahaya intensitasnya rendah. Namun, itu hanya memiliki rasio kinerja sebesar 0,61 yang lebih rendah dari sel surya monocrystalline (Ayadi et al., 2022).

Sistem off-grid adalah sistem standalone yang tidak terhubung dengan sistem grid. Sistem PV grid-independen adalah sistem yang tidak secara khusus terhubung ke jaringan listrik publik. Sistem off-grid dapat menghasilkan listrik dan mengoperasikan peralatan itu sendiri. Ini disebut grid kecil atau sistem yang berdiri sendiri (Sahar et al., 2024). Lampu adalah sumber cahaya yang digunakan di mana-mana dalam kehidupan kita sehari-hari. Saat ini, berbagai jenis lampu digunakan, salah satunya adalah jenis lampu LED (Suryono & Supriyati, 2021).

Solar charge controller merupakan salah satu komponen dari sistem fotovoltaik yang berperan sebagai pengatur baik daya yang masuk maupun yang keluar dari papan surya. Digunakan untuk melindungi baterai dari pengisian yang berlebihan. Solar charge controller mengatur tegangan dan arus dari panel surya ke baterai. Kebanyakan panel surya 12 Volt menghasilkan tegangan keluaran sekitar 16-20 Volt DC. Karena itu, jika tidak disetel baterai akan rusak karena pengisian daya yang berlebihan. Umumnya, pengisian penuh baterai 12 Volt membutuhkan tegangan pengisian sekitar 13 hingga 14,8 volt (Damanik et al., 2021).



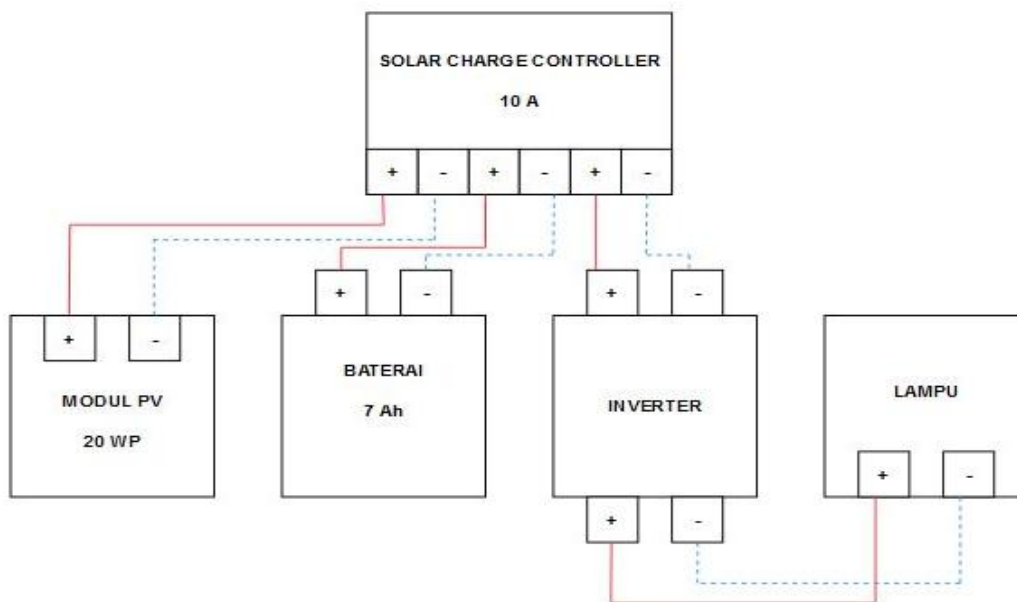
Gambar 2. SCC Jenis PWM (Wahidin et al., 2022)

Baterai merupakan perangkat yang berisi sel listrik yang dapat menyimpan energi dan mengubahnya menjadi listrik. Proses elektrokimia yang terjadi dalam baterai terdiri dari dua fase, fase pelepasan dan fase pengisian. Tahap discharge adalah proses pengubahan energi kimia menjadi energi listrik, dan tahap charging adalah proses pengubahan energi listrik menjadi energi kimia dengan melewati arus dalam sel dengan arah polaritas yang berlawanan (Putri et al., 2022).

Inverter adalah rangkaian yang mengubah tegangan DC sepenuhnya menjadi tegangan AC. Menariknya, inverter memindahkan tegangan dari catu daya DC ke beban AC. Catu daya untuk inverter dapat berupa baterai, pengisi daya berbasis sinar matahari atau catu daya DC lainnya (Triyanto, Rozak, et al., 2023).

METODOLOGI

Diagram blok terdiri dari proses penangkapan radiasi matahari oleh PV yang akan mengisi baterai (baterai) dan dikendalikan oleh SCC yang kemudian akan diubah oleh inverter dari arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) untuk menghidupkan beban, yaitu penerangan. Gambar 3 merupakan blok diagram dalam proses penelitian yang dilakukan.



Gambar 3. Blok diagram perancangan sistem

Sistem panel surya yang akan menjadi sumber tenaga lampu penerangan membutuhkan komponen seperti PV, SCC, Baterai, Inverter dan juga beban yaitu Lampu penerangan untuk dapat di jalankan. Dengan menghubungkan PV ke baterai maka baterai akan menyimpan energi yang di serap oleh PV dan pada saat pengisian baterai akan di kontrol oleh SCC. Arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya yang di simpan di dalam baterai adalah DC maka dari itu diperlukan inverter untuk mengubah arus DC ke AC agar dapat menjalankan lampu penerangan.

Desain ini menggunakan bahan hollo galvanis dengan diameter 40 x 40 mm. Panel surya adalah suatu alat yang terdiri dari sel surya untuk menyerap atau menyimpan energi matahari, dan sumber energinya adalah energi matahari sebagai sumber kapasitas baterai yang dibutuhkan untuk beban ringan 5 watt. Solar charging controller digunakan untuk mengontrol pengisian baterai dengan energi yang dihasilkan oleh panel surya. Baterai digunakan untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya untuk menyalakan beban setelah diubah dari DC ke AC oleh inverter. Berdasarkan struktur pekerjaan dalam penelitian terdapat *miniatur circuit breaker* yang berfungsi sebagai pengaman atau sakelar dan beban terdiri lampu penerangan 5 watt.

Perhitungan kebutuhan panel surya dan penggunaan daya listrik yang dibutuhkan pada proses penelitian dapat diuraikan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data penggunaan beban

Komponen	Daya (watt)	Operasional (jam)	Energi (Wh)
Lampu	5	12	60
Lampu	20	12	240
Lampu	30	12	360
Total Energi			660

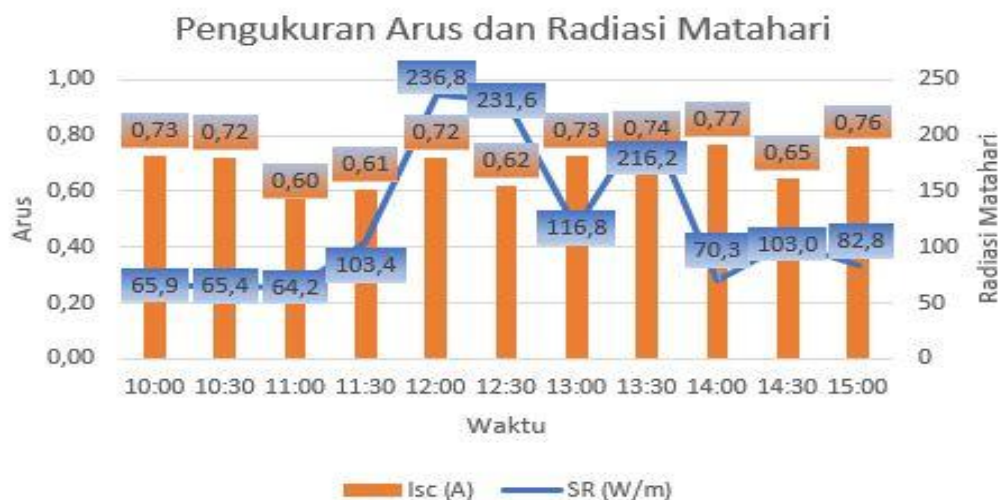
$$\Sigma p = \frac{TE(Total\ Energi)}{Kapasitas\ panel \times Waktu\ efektif\ matahari} \quad (1)$$

$$\Sigma p = \frac{660\ Wh}{20\ Wp \times 4,7\ jam} = 7,01 = 8\ unit\ PV$$

$$8\ Unit\ pv \times 20\ wp \times 4,7\ jam = 752\ Wh > 660\ Wh$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rangkaian pengujian *short circuit current* dapat diuraikan dengan gambar 4 yang merupakan hasil dari data nilai arus pada penelitian.



Gambar 4. Data pengukuran arus dan radiasi

Pada saat pengukuran dilakukan dari pukul 10:00 hingga 15:00, arus tertinggi adalah 0,77A pada radiasi matahari 70,3 W/m^2 dan arus terendah adalah 0,60A pada radiasi matahari 64,2 W/m^2 .

Pengukuran suhu dan tegangan terdapat pada penunjukkan gambar 9 yang dapat dilihat bahwa tegangan maksimum pada 12:00 adalah 13,6V pada 33,9 °C dan tegangan minimum adalah 13,0V pada 33,2 °C.



Gambar 5. Data pengukuran suhu dan tegangan

Hasil efisiensi panel surya. Efisiensi dapat diukur dengan mengetahui daya masuk dan daya keluar. Terlihat pada grafik bahwa dari jam 10:00 s/d 15:00 menghasilkan efisiensi terbaik pada jam 10:00 dengan nilai efisiensi 96 %. Sedangkan pengukuran panel surya 20 WP saat pengisian baterai, data menunjukkan bahwa tegangan tertinggi diperoleh 13,6V pada suhu 33,9 °C dan tegangan terendah 13,0 V pada suhu 33,2 °C. Sedangkan arus tertinggi adalah 0,77 A pada radiasi 70,3 W/m² dan arus terendah adalah 0,60 A pada suhu 33,2 °C. radiasi 64,2 W/m². Dengan nilai suhu rata-rata 33,9 °C, arus rata-rata adalah 0,70 A dan tegangan rata-rata adalah 13,23 V.

Hasil pengujian lampu penerangan 5 W dengan sumber daya dari sistem panel surya. Kondisi baterai 7 Ah 12 Volt yang telah terisi penuh melalui modul panel surya 20 WP yang digabungkan dengan SCC. Data hasil pengujian sistem dari panel surya hingga penerangan. Pada pengujian sistem dengan menggunakan beban penerangan dapat dilihat bahwa arus dan tegangan berbanding lurus, jika tegangan turun maka arus akan bertambah sedangkan jika tegangan bertambah maka arus yang mengalir akan berkurang.

Efisiensi panel surya dan baterai dapat dihitung dengan uraian di bawah ini:

$$\frac{Po(Baterai)}{Pi(PV)} \times 100\% = \frac{6,95}{9,20} \times 100\% = 75 \%$$

Keterangan:

Po (Baterai) : Rata – rata arus x rata – rata tegangan baterai

Pi (PV) : Rata – rata arus x rata – rata tegangan panel surya

Efisiensi inverter dan lampu dapat dihitung dengan uraian di bawah ini,

Percobaan pengukuran menggunakan beban lampu 5 watt:

$$\frac{Po(Lampu)}{Pi(Inverter)} \times 100\% = \frac{2,30}{2,31} \times 100\% = 99\%$$

Percobaan pengukuran menggunakan beban lampu 20 watt

$$\frac{Po(Lampu)}{Pi(Inverter)} \times 100\% = \frac{20,70}{20,97} \times 100\% = 98\%$$

Percobaan pengukuran menggunakan beban lampu 30 watt

$$\frac{Po(Lampu)}{Pi(Inverter)} \times 100\% = \frac{29,90}{30,03} \times 100\% = 99\%$$

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan konfigurasi panel surya 20 Wp, SCC, baterai, inverter, dan lampu penerangan memiliki kemampuan untuk menghasilkan energi listrik yang dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan penerangan rumah tangga atau industri ringan. Efisiensi sistem sangat dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari yang diterima, di mana efisiensi tertinggi tercapai saat intensitas radiasi rendah, menunjukkan bahwa sistem mampu memaksimalkan daya serap meskipun input radiasi rendah. Sebaliknya, pada intensitas radiasi yang tinggi, efisiensi justru menurun karena daya input yang besar tidak sepenuhnya dikonversi menjadi daya keluaran. Hal ini menunjukkan pentingnya evaluasi harian terhadap performa modul PV agar sistem PLTS dapat dioptimalkan sesuai kondisi lingkungan untuk mencapai efisiensi yang lebih baik dalam pemanfaatan energi matahari sebagai sumber listrik alternatif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada seluruh dosen Teknik Elektro Universitas Pamulang, Bagus Pambudi dan pihak-pihak terkait lainnya yang telah membantu penelitian ini hingga selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Arirohman, I. D., Yunesti, P., Wicaksono, R. M., Harahap, A. B., Miranto, A., Arysandi, D., Fatmawati, Y., & Wahab, R. R. (2021). Pemanfaatan Panel Surya sebagai Penerangan Jalan Umum (PJU) di Kampung Wisata Agrowidya, Rajabasa Jaya, Lampung. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, 1(2), 365–372. <https://doi.org/10.54082/jamsi.131>
- Ayadi, O., Shadid, R., Bani-Abdullah, A., Alrbai, M., Abu-Mualla, M., & Balah, N. A. (2022). Experimental comparison between Monocrystalline, Polycrystalline, and Thin-film solar systems under sunny climatic conditions. *Energy Reports*, 8(May), 218–230. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.06.121>

- Damanik, W. S., Pasaribu, F. I., Lubis, S., & ... (2021). Pengujian modul solar charger kontrol (SCC) pada teknologi pembuangan sampah pintar. ... *Elektrikal Dan Energi* ..., 3(2), 89–93.
- Energi, T. K., & Ciwaruga, D. (2022). *WORKSHOP PENGENALAN KOMPETENSI INSTALASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA WORKSHOP OF INTRODUCTION TO INSTALLATION COMPETENCY OF*. 8, 30–36.
- Ferdyson, F., & Windarta, J. (2023). Overview Pemanfaatan dan Perkembangan Sumber Daya Energi Surya Sebagai Energi Terbarukan di Indonesia. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 4(1), 1–6. <https://doi.org/10.14710/jebt.2023.15714>
- Kharisma, A., Pinandita, S., & Jayanti, A. E. (2024). Literature Review: Kajian Potensi Energi Surya Alternatif Energi Listrik. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 5(2), 145–154. <https://doi.org/10.14710/jebt.2024.23956>
- Mahsus, M., & Latipah, E. (2021). Metodologi Eduinnova: Pembelajaran kolaboratif yang diintegrasikan dengan teknologi untuk meningkatkan keaktifan dan interaksi siswa dalam pembelajaran daring. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 8(1), 1–8. <https://doi.org/10.21831/jitp.v8i2.38706>
- Pada, U., Karang, P., Rw, T., Rempoa, K., Ekonomi, F., Banten, U. P., Bisnis, E., Banten, U. P., & Banten, U. P. (2022). *MEMBANGUN KESADARAN KEMANDIRIAN DENGAN INOVASI DAN KREATIFITAS*. 1(1), 62–65.
- Pangestu, R. C. K., & Ayuningsasi, A. A. K. (2024). Pengaruh Konsumsi Energi Sektor Industri, Rumah Tangga, dan Transportasi terhadap Emisi Karbon di Indonesia. *Inisiatif: Jurnal Ekonomi, Akuntansi Dan Manajemen*, 3(4), 297–311.
- Putri, M. R., Setyawan, F. X. A., & Sumadi, S. (2022). Sistem Kontrol Beban Dan Monitoring Daya Baterai Pada Panel Surya 50Wp Untuk Aplikasi Penerangan Berbasis Internet of Things. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 10(3). <https://doi.org/10.23960/jitet.v10i3.2640>
- Sahar, M., Hayati, M., Syahrizal, S., Gunawan, A., & Alfizah, A. (2024). Rancang Bangun Trainer PLTS On Grid dan Off Grid Sebagai Penunjang Praktikum. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, 6(3), 385–394. <https://doi.org/10.47233/jteksis.v6i3.1373>
- Suryono, & Supriyati. (2021). Rancang Bangun Sensor Gesture Sebagai Pengganti Saklar Pengontrol Lampu Tanpa Sentuhan. *Orbith*, 17(1), 12–22.
- Triyanto, A., Dewi, L., & Salsabila, S. (2023). *Desain dan Rancang Bangun Panel Surya 100 WP Terhadap Pengaruh Radiasi dan Beban Motor DC*. 5(1), 21–26.
- Triyanto, A., Firasanto, G., Mualim, E., Agus, D., & Utomo, L. (2022). *Implementasi dan Sosialisasi Prototipe Panel Surya 30 WP sebagai Pembelajaran di Lab SMK Khazanah Kebajikan Pondok Cabe Pamulang, Tangerang Selatan*. 2(6), 1849–1856.
- Triyanto, A., Rozak, O. A., & Aditya, A. (2023). Calculation Array Solar Panel Capacity of 50 kWp Pamulang University South Tangerang. *PROtek: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 10(3), 193–198. <https://doi.org/10.33387/protk.v10i3.5795>
- Wahidin, N. F., Yadie, E., & Putra, M. A. (2022). Analisis Perbandingan Solar Charging Controller (SCC) Jenis PWM Dan MPPT Pada Automatic Handwasher with Workstation Bertenaga Surya Politeknik Negeri Samarinda. *PoliGrid*, 3(1), 12.



<https://doi.org/10.46964/poligrid.v3i1.1490>

Wihardja, M. M., Arifin, B., & Amir, M. F. (2023). Menuju Sistem Agropangan Yang Lebih Berkelanjutan Di Indonesia. *Center for Indonesian Policy Studies*, 17.

Yuwono, S., Diharto, D., & Pratama, N. W. (2021). Manfaat Pengadaan Panel Surya dengan Menggunakan Metode On Grid. *Energi & Kelistrikan*, 13(2), 161–171.
<https://doi.org/10.33322/energi.v13i2.1537>

Analisa Tahanan Isolasi Kabel KMI 4x800 mm² Terhadap Terminasi Kabel Power 20kV pada Trafo 3 di Gardu Induk 150kV

Muhammad Lukman Hakim¹, Edy Sumarno¹, Himma Firdaus¹, Yoyok Dwi Setyo Pambudi¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Pamulang

¹Jl. Raya Puspittek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia

¹mhmdlkmnhkm@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 6 Agustus 2024
revisi : 5 Oktober 2024
diterima : 7 November 2024
dipublish : 30 November 2024

ABSTRAK

PT.PLN (Persero) sebagai Perusahaan Listrik Negara berusaha untuk menyuplai energi listrik yang ada dengan optimal mungkin seiring berkembangnya pertumbuhan ekonomi dan permintaan energi listrik oleh konsumen mak timbul permasalahan yang harus di hadapi oleh PLN, yaitu menyediakan dan menjaga pasokan energi listrik untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Pada penyaluran listrik di gardu induk GIS New Senayan terdapat anomaly berupa desis pada panel incoming 20kV yang bersumber dari kabel 20kV dan Sebagian besar kabel incoming 20kV dari trafo memiliki arus bocor yang cukup besar. Jika hal ini dibiarkan dapat merusak kabel dan mengakibatkan gangguan. Oleh karna itu perlu adanya perbaikan terminasi. Tujuan dari penulisan ini adalah menganalisa terminasi kabel incoming 20kV, menjelaskan fungsi dari terminasi kabel incoming 20kV, melakukan pengujian pada terminasi kabel incoming 20kV. Tata cara yang digunakan tata cara riset ini merupakan tata cara kuantitatif. Hal ini karena data yang digunakan dalam penelitian ini dalam bentuk angka dari mulai pengumpulan data, pengolahan data, hingga hasil yang di dapat. Pada sebelum perbaikan terminasi nilai arus bocor pada fasa T1 yaitu sebesar 0,27mA dengan tegangan uji 35kV dan pada fasa T3 sebesar 0,83mA dengan tegangan uji 30kV. sesudah dilakukan perbaikan tereminasi nilai arus bocor pada fasa T1 sebesar 0,013mA dengan tegangan uji 46kV dan pada fasa T3 sebesar 0,014mA dengan tegangan uji 46kV jadi setelah perbaikan terminasi nilai arus bocor mengalami penurunan.

Kata kunci : Kabel 20kV; Arus Bocor; Terminasi

ABSTRACT

PT. PLN (Persero) as the State Electricity Company strives to optimally power the existing electrical energy along with the development of economic growth and the demand for electrical energy by consumers so that problems arise that must be faced by PLN, namely providing and maintaining the supply of electrical energy to meet consumer needs. In the electricity broadcast at the GIS New Senayan substation there is an anomaly in the form of hissing on the incoming 20kV panel originating from the 20kV cable and most of the incoming 20kV cable from the transformer

has a fairly large leakage current. Suppose this is allowed to damage the cable and cause interference. Therefore, it is necessary to improve termination. The purpose of this paper is to analyze the termination of the incoming 20kV cable, explain the function of the termination of the incoming 20kV cable, and perform tests on the termination of the incoming 20kV cable. The procedure used in this research is a quantitative method. This is because the data used in this study are in the form of numbers, starting from data collection, data processing, to the results that can be obtained. Before repairing the termination, the leakage current value in the T1 phase was 0.27mA with a test voltage of 35kV. In the T3 phase it is 0.83mA with a test voltage of 30kV. before repairing the termination, the value of the leakage current in the T1 phase was 0.013 mA with a 46kV test voltage, and in the T3 phase it was 0.014mA with a 46kV test voltage, so after the termination repair the leakage current value decreased.

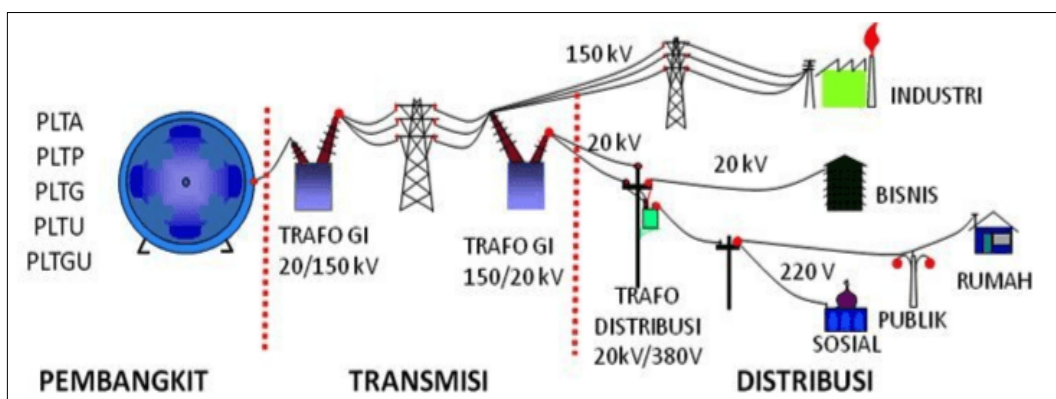
Keywords : 20kV Cable; Leakage Current; Termination

PENDAHULUAN

Listrik merupakan salah satu kebutuhan masyarakat yang paling penting dan sumber daya ekonomi yang paling penting yang dibutuhkan untuk melakukan bisnis (Agyztia Premana et al., 2020). Di masa depan, kebutuhan listrik akan meningkat seiring dengan pertumbuhan dan perkembangan penduduk, dan peningkatan investasi akan menciptakan berbagai industri baru (Ajizah, 2021) (Mesriana, 2024). Penggunaan listrik merupakan elemen penting dalam kehidupan masyarakat, baik di rumah, penerangan, telekomunikasi maupun industri. PT.PLN (Persero) sebagai Perusahaan Listrik Negara berusaha untuk menyuplai energi listrik yang ada dengan seoptimal mungkin Seiring berkembangnya pertumbuhan ekonomi dan permintaan energi listrik oleh konsumen maka timbul permasalahan yang harus dihadapi oleh PLN, yaitu menyediakan dan menjaga pasokan energi listrik untuk memenuhi kebutuhan konsumen (PT PLN, 2021). Pada suatu sistem ketenagalistrikan, kendala tidak bisa dihindari meski sulit diperkirakan dengan sebaik-baiknya. Kendala ini diakibatkan terdapatnya kegagalan isolasi pada sistem ketenagalistrikan ataupun terdapatnya kehancuran yang terjalin pada saluran kabel tegangan menengah (Triyanto, 2023). Untuk menghubungkan kabel pada peralatan listrik yang akan digunakan, perlu adanya terminasi atau kontak ujung. Hal ini untuk memenuhi persyaratan teknik yang distandarkan, sehingga dengan demikian kontinuitas penyaluran terjamin (Triyanto, 2023). Untuk menjaga kualitas mutu penyaluran tenaga listrik, maka dilakukan pemeliharaan dan pengecekan secara berkala. Pada penyaluran listrik di gardu induk GIS New Senayan terdapat anomali berupa desis pada panel incoming 20kV yang bersumber dari kabel 20kV dan sebagian besar kabel incoming 20kV dari trafo memiliki arus bocor yang cukup besar. Jika hal ini dibiarkan dapat merusak kabel dan mengakibatkan gangguan. Oleh karena itu perlu adanya perbaikan terminasi (Hardino, 2020)(Karta et al., 2020).

TEORI

Setelah energi listrik dihasilkan oleh pusat pembangkit, selanjutnya listrik dialirkan melalui Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) dan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) (Hajar et al., 2020). Setelah melewati tahap transmisi ini, listrik kemudian didistribusikan kepada konsumen melalui jaringan distribusi tenaga listrik. Apabila lokasi pembangkit listrik berada jauh dari pusat beban, maka tegangan listrik perlu dinaikkan dari tegangan menengah menjadi tegangan tinggi atau bahkan tegangan ekstra tinggi. Di pusat pembangkit, energi listrik dihasilkan oleh generator dengan tegangan sekitar 16kV (Rizkiana & Saputra, 2024). Tegangan ini kemudian dinaikkan menggunakan transformator step-up di Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi hingga mencapai 500kV untuk dialirkan melalui SUTET menuju pelanggan khusus. Sebelum mencapai pelanggan tersebut, tegangan diturunkan terlebih dahulu menjadi sekitar 150kV menggunakan transformator step-down di gardu induk. Selanjutnya, listrik didistribusikan ke konsumen tegangan menengah melalui jaringan udara tegangan tinggi, dan kembali diturunkan menjadi sekitar 20kV di gardu induk dengan transformator step-down. Ketika listrik mendekati pusat beban atau konsumen umum, tegangan diturunkan lagi dari tegangan menengah ke tegangan rendah oleh trafo *step-down* yang berada di gardu distribusi. Besar tegangan yang diterima konsumen akhir biasanya sebesar 220V untuk kebutuhan rumah tangga dan 380V untuk kebutuhan industri ringan. Gambar 1 menunjukkan skema distribusi energi listrik dari pembangkit sampai dengan distribusi (Corio et al., 2023).



Gambar 1. Distribusi energi listrik (Corio et al., 2023)

Jaringan Tegangan Menengah, terdiri dari beberapa jenis, salah satunya adalah SUTM (Saluran Udara Tegangan Menengah), yaitu sistem jaringan listrik yang banyak digunakan di Indonesia karena biayanya yang relatif rendah. SUTM menggunakan konduktor atau kabel terbuka yang dipasang pada tiang besi atau beton dengan isolator, dan harus memenuhi standar keselamatan terkait jarak antar fasa, bangunan, pepohonan, dan manusia, meskipun jenis kabel ini tidak sepenuhnya aman terhadap tegangan sentuh. Sistem ini dirancang untuk mengurangi risiko gangguan sementara, seperti gangguan akibat ranting atau pohon yang menyentuh kabel. Selanjutnya, SKUTM merupakan pengembangan dari SUTM dengan peningkatan aspek keamanan dan keandalan dalam

transmisi listrik 20kV. Sistem ini menggunakan kawat berpilin tanpa memerlukan pelindung mekanis tambahan pada masing-masing fasa, namun tetap memerlukan pertimbangan terhadap kekuatan tiang penyangganya karena menahan beban lebih berat. Sementara itu, SKTM (Saluran Kabel Tegangan Menengah) adalah jaringan distribusi listrik yang paling andal dan aman untuk tegangan menengah, meskipun biaya instalasinya lebih tinggi. Keandalan ini didukung oleh penggunaan isolasi pada setiap fasa serta pelindung mekanis sesuai standar yang berlaku (Mubarrok & Nanndo Yannuansa, 2023).

Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM), merupakan sistem distribusi energi listrik yang dirancang untuk memberikan kenyamanan dan keandalan tinggi, meskipun dengan biaya instalasi yang lebih mahal dibandingkan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM). SKTM menjadi pilihan utama dalam penyaluran listrik karena memiliki risiko gangguan yang lebih rendah terhadap faktor eksternal seperti kondisi lingkungan, serta mampu meningkatkan keamanan sistem kelistrikan. SKTM sendiri terbagi menjadi dua jenis, yaitu kabel bawah tanah (land-based) dan kabel bawah laut (submarine), keduanya menggunakan konstruksi penghantar berisolasi pada setiap fasa serta pelindung mekanis sesuai standar ketenagalistrikan. Salah satu komponen penting dalam sistem kelistrikan adalah isolator, yaitu bahan dielektrik yang berfungsi untuk memisahkan konduktor bertegangan dari struktur penyangga yang dihubungkan ke tanah. Isolator memiliki peran mekanis untuk menahan beban kawat pada saluran udara dan juga berperan sebagai penghalang listrik agar tidak terjadi kebocoran arus atau loncatan listrik akibat medan listrik tinggi seperti korona atau percikan api. Dalam sistem tegangan tinggi, bahan isolasi digunakan untuk memisahkan kabel yang bertegangan, sekaligus harus mampu menahan tekanan mekanis, termal, dan kimia. Bahan ini dipilih berdasarkan ketahanan jangka panjang terhadap kondisi operasi tertentu. Gambar 2 menunjukkan beberapa jenis isolator dalam jaringan tenaga listrik (Baqaruzi & Muhtar, 2020).



Gambar 2. Isolator dalam jaringan listrik (Baqaruzi & Muhtar, 2020)

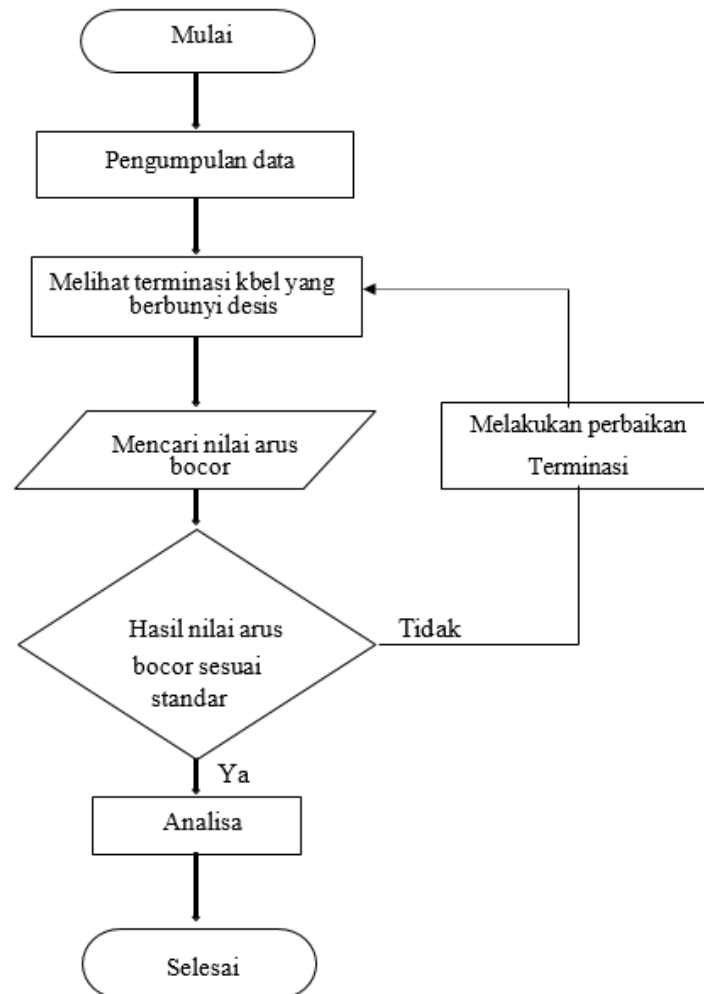
Bahan dielektrik padat banyak digunakan pada berbagai perangkat listrik karena mampu mengisolasi komponen bertegangan dengan efektif. Kriteria bahan dielektrik yang baik antara lain memiliki kerugian dielektrik rendah, kekuatan mekanik tinggi, tahan

terhadap suhu dan bahan kimia, serta tidak mudah menghasilkan gas atau debu. Isolator padat juga memiliki ketahanan terhadap tegangan tembus yang lebih baik dibandingkan isolator berbentuk cair atau gas. Namun, kerusakan pada isolator padat bersifat permanen, tidak seperti pada beberapa jenis isolator cair atau gas yang dapat pulih kembali. Proses kegagalan pada dielektrik padat terjadi karena ikatan atom yang kuat dalam struktur kristalnya terganggu oleh medan listrik tinggi, yang menyebabkan gerakan bebas pembawa muatan, penggandaan muatan, dan pembentukan ruang muatan dalam material. Hal ini menyebabkan disipasi energi yang berujung pada kegagalan listrik atau breakdown. Mekanisme kegagalan ini lebih kompleks dibandingkan kegagalan pada gas karena melibatkan jalur energi dan reaksi internal yang tidak ditemukan dalam isolator gas, sehingga pengujian dan pemahaman terhadap kerusakan bahan dielektrik padat menjadi sangat penting dalam teknik kelistrikan (Mubarrok & Nanndo Yannuansa, 2023).

Kabel listrik merupakan sebuah penghantar arus yang dilapisi isolasi untuk menyalurkan energi listrik atau sinyal data dari satu titik ke titik lain. Umumnya kabel terdiri dari konduktor (tembaga atau aluminium) dan isolator seperti PVC atau XLPE, yang mampu menangani tegangan hingga 15kV atau lebih. Tegangan tembus adalah batas minimum yang menyebabkan kerusakan isolasi, di mana arus bocor dapat merusak struktur kimia material dan menyebabkan jalur konduktif (*breakdown*). Oleh karena itu, pengujian tegangan tinggi, seperti High Voltage Test (HV Test), penting untuk menjamin kualitas dan keandalan kabel (Zalfin et al., 2021).

METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif, karena seluruh data yang dikumpulkan, diolah, dan dianalisis disajikan dalam bentuk angka. Untuk mempermudah pelaksanaan penelitian, diperlukan suatu kerangka kerja yang sistematis dan terstruktur dengan tahapan yang jelas. Kerangka kerja ini memuat langkah-langkah yang akan dilakukan dalam upaya menyelesaikan permasalahan yang diteliti. Teknis analisis dalam penelitian ini dimulai setelah dilakukan studi literatur dan pengumpulan data yang relevan. Data-data yang diperoleh kemudian diolah dan dianalisis berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan. Selanjutnya, penelitian diarahkan untuk merumuskan kesimpulan guna menjawab rumusan masalah yang telah dijabarkan pada Bab I. Adapun langkah-langkah penelitian meliputi: pemilihan Gardu Induk (GI) 150kV New Senayan sebagai lokasi pengambilan data untuk tugas akhir, pelaksanaan observasi di lokasi tersebut, pengambilan data pengukuran sebelum dilakukan perbaikan pada terminasi kabel, kemudian dilanjutkan dengan proses perbaikan pada kabel power 20kV KMI 1x800mm² yang sebelumnya menunjukkan hasil di bawah standar. Setelah perbaikan, dilakukan kembali pengambilan data pengukuran untuk melihat perbandingan hasil. Data hasil pengukuran sebelum dan sesudah perbaikan dianalisis untuk kemudian ditarik kesimpulan dari keseluruhan proses penelitian. Gambar 3 merupakan flowchart penelitian yang merupakan planning dari penelitian.



Gambar 3. Flowchart penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini, penulis menggunakan sejumlah peralatan yang tersedia di GIS New Senayan untuk mendukung kelancaran proses pengumpulan data. Salah satu objek utama dalam penelitian ini adalah kabel jenis XLPE.

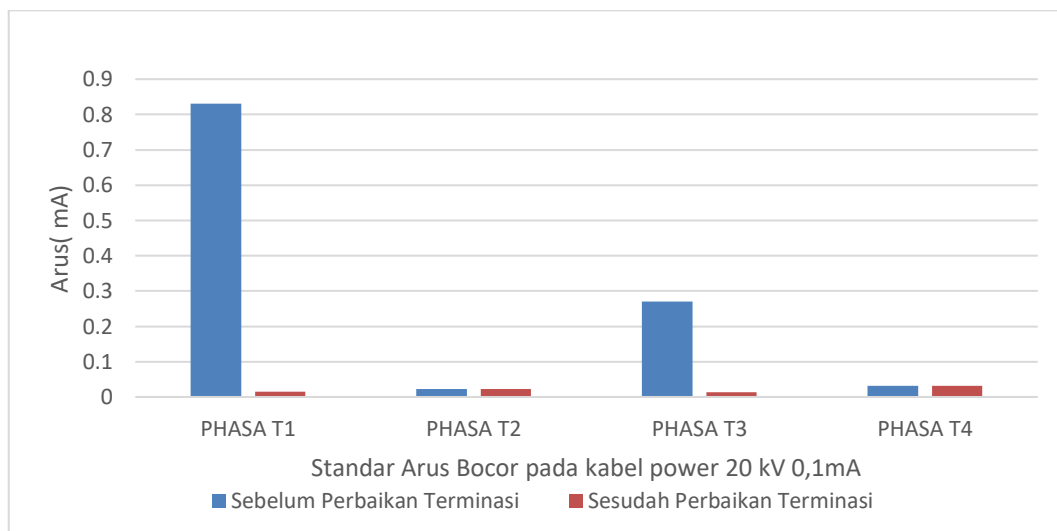
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil infeksi rutin di GIS New Senayan ditemukan adanya anomaly pada kabel power incoming berupa desis dan hasil termovisi yang cukup panas 53°C. Jika hal ini dibiarkan dapat merusak kabel dan mengakibatkan gangguan. Oleh karena itu perlunya pengecekan. Untuk pengecekannya kita uji dengan alat HV Test untuk mengetahui arus bocor di kabel KMI 4x800 mm². Gambar 4 berikut ini menunjukkan hasil termovisi sebelum dilakukan perbaikan.



Gambar 4. Hasil termovisi sebelum perbaikan

Gambar 5 dibawah menunjukan bahwa pada Fasa T2 dan T4 tidak mengalami arus bocor yang signifikan atau masih dalam batas standar, sehingga pada fasa T2 dan T3 tidak dilakukan perbaikan terminasi kabel tetapi pada fasa T1 dan T3 di lakukan perbaikan terminasi kabel. Pada sebelum perbaikan terminasi nilai arus bocor pada fasa T1 yaitu sebesar 0,83mA dengan tegangan uji 30kV dan pada fasa T3 sebesar 0,27mA dengan tegangan uji 35kV. sesudah dilakukan perbaikan terminasi nilai arus bocor pada fasa T1 sebesar 0,015mA dengan tegangan uji 46kV dan pada fasa T3 sebesar 0,013mA dengan tegangan uji 46kV jadi setelah perbaikan terminasi nilai arus bocor mengalami penurunan. Pada saat pengujian arus bocor pada kabel 20kV tegangan ujinya berbeda-beda, karena tegangan uji mengikuti kondisi objek yang di uji. Saat pengujian arus bocor sebelum perbaikan terminasi pada fasa T1 dan T3 tegangan ujinya berbda-beda karena nilai arus bocornya sudah besar maka tegangan uji tidak dinaikkan.



Gambar 5. Hasil pengukuran HV Test Kabel 20kV

Pengukuran tahanan isolasi kabel, untuk mengetahui nilai resistansi isolasi ataupun tahanan isolasi pada suatu kabel listrik memiliki nilai minimum yaitu:

$1000 \, \Omega \times \text{Tegangan Kerja}$

$1000 \, \Omega \times 20.000 \text{ Volt}$

$20.000.000 \, \Omega / 20 \text{ M } \Omega$

Kualitas isolasi yang baik dapat ditentukan dari nilai tahanan kabelnya, dimana semakin tinggi nilai tahanan tersebut, maka semakin baik pula fungsi isolasinya. Fungsi utama dari isolasi adalah untuk mencegah perpindahan arus listrik dari penghantar menuju ke tanah atau benda lain yang dapat menyebabkan kebocoran arus. Selain itu, isolasi juga berperan penting dalam mencegah terjadinya perpindahan arus antara dua jenis konduktor yang berbeda, yang dapat menimbulkan hubungan singkat (*short circuit*).

Berdasarkan hasil termografi pada Gambar 4.25, setelah dilakukan perbaikan terminasi kabel, terjadi penurunan suhu yang signifikan. Hasil termovisi menunjukkan suhu pada titik T1 sebesar $40,3^{\circ}\text{C}$, T2 sebesar $41,3^{\circ}\text{C}$, T3 sebesar $43,6^{\circ}\text{C}$, dan T4 sebesar $43,9^{\circ}\text{C}$. Sebagai perbandingan, sebelum dilakukan perbaikan, suhu pada titik T1 mencapai $53,6^{\circ}\text{C}$, sedangkan titik lainnya memiliki nilai yang relatif sama. Penurunan suhu ini mengindikasikan perbaikan kondisi kabel. Dalam penelitian ini ditemukan bahwa selongsong isolasi berwarna merah mengalami perubahan warna menjadi kehitaman akibat panas berlebih yang disebabkan oleh adanya *partial discharge*. *Partial discharge* sendiri dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti kualitas bahan dielektrik, adanya celah atau rongga dalam bahan tersebut, serta ketidaksempurnaan dalam proses terminasi kabel.

Untuk mengetahui lebih lanjut, dilakukan pengujian HV (High Voltage) Test yang menunjukkan adanya arus bocor signifikan disertai percikan, mengindikasikan bahwa terminasi kabel mengalami kerusakan. Setelah pembongkaran, ditemukan bahwa isolasi kabel utama (PE) masih dalam kondisi baik, dan kerusakan hanya terjadi pada selongsong isolasi merah. Berdasarkan temuan ini, dapat disimpulkan bahwa suara desis pada panel incoming 20kV disebabkan oleh arus bocor yang berasal dari selongsong isolasi merah yang rusak. Setiap jenis isolasi memiliki karakteristik kebocoran arus yang berbeda, tergantung pada nilai resistansi atau tahanan isolasinya. Semakin tinggi nilai resistansi, maka arus bocor yang terjadi akan semakin kecil, sehingga tahanan isolasi berbanding terbalik dengan arus bocor. Sebelum perbaikan, nilai arus bocor pada fasa T1 mencapai 0,83 mA dan fasa T3 sebesar 0,27 mA. Setelah perbaikan, nilai arus bocor turun drastis menjadi 0,015 mA pada T1 dan 0,013 mA pada T3. Penurunan ini menunjukkan bahwa perbaikan terminasi berhasil meningkatkan kualitas isolasi, sehingga nilai arus bocor berada dalam kisaran aman, yaitu rata-rata di bawah 0,1 mA, dan masih memenuhi standar yang ditetapkan.

KESIMPULAN

Perbaikan terminasi kabel power 20kV nilai arus bocor pada fasa T1 sebesar 0,013mA dan fasa T3 sebesar 0,015mA maka ada penurunan nilai arus bocor setelah perbaikan. Hasil termovisi dan *partial discharge* mengalami penurunan dimana hasil termovisi titik terpanas pada 43°C dan hasil *partial discharge* -6db. Penelitian ini yang menyebabkan bunyi desis pada panel incoming 20kV, yaitu berupa selongsong isolasi merah yang menghitam dan memiliki arus bocor yang cukup besar. Hasil tahanan isolasi memiliki hasil di atas 20MΩ jadi tahanan isolasi pada kabel KMI 4x800mm² masih baik digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agyztia Premana, Gian Fitralisma, Andi Yulianto, M. Badruz Zaman, & M. A. Wiryo. (2020). Pemanfaatan Teknologi Informasi Pada Pertumbuhan Ekonomi Dalam Era Disrupsi 4.0. *Journal of Economic and Management (JECMA)*, 2(2), 1–6. <https://doi.org/10.46772/jecma.v1i01.219>
- Ajizah, I. (2021). Urgensi Teknologi Pendidikan : Analisis Kelebihan Dan Kekurangan Teknologi Pendidikan Di Era Revolusi Industri 4.0. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 4(1), 25–36.
- Baqaruzi, S., & Muhtar, A. (2020). Analisis Jatuh Tegangan dan Rugi-rugi Akibat Pengaruh Penggunaan Distributed Generation Pada Sistem Distribusi Primer 20 KV. *E-JOINT (Electronica and Electrical Journal Of Innovation Technology)*, 1(1), 20–26. <https://doi.org/10.35970/e-joint.v1i1.216>
- Corio, D., Maulana, R., Yunesti, P., & Hendri, Z. (2023). *Perencanaan dan Operasi Perencanaan dan Operasi Sistem Tenaga Listrik*.
- Hajar, I., Pasra, N., & Rusmansyah, D. (2020). Analisis Voltage Drop Pada Jaringan Tegangan Rendah Dengan Metode Pecah Beba Pada Gardu KH 007 Di PT PLN (Persero) UP3 Pamekasan. *Sutet*, 10(2), 99–111. <https://doi.org/10.33322/sutet.v10i2.1306>
- Hardino, F. (2020). *mencapai derajat Sarjana S1 Disusun oleh : Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta*.
- Karta, A., Imam, A., Widyartono, M., & Chandra, A. (2020). Analisis Kebutuhan Sistem Proteksi Sambaran Petir Pada Gedung Bertingkat. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Negeri Surabaya*, 09(03), 773–780.
- Mesriana. (2024). *Kebijakan Energi dan Dampak Lingkungan: Menuju Model Berkelanjutan*. 1–13.
- Mubarrok, M. syafik, & Nanndo Yannuansa. (2023). Perawatan Tansformator Distribusi Untuk Menjaga Keandalan Sistem Distribusi Jaringan Listrik. *Elconika: Jurnal Teknik Elektro*, 1(1), 25–33. <https://doi.org/10.33752/elconika.v1i1.3580>
- PT PLN. (2021). Statistik PLN 2021. *Statistik PLN 2021, 01001–2206*(Juni), 49–58.
- Rizkiana, A. F., & Saputra, Y. M. (2024). Perbaikan Jatuh Tegangan dan Rugi Daya dengan Rekonfigurasi Jaringan Sambungan Rumah dan Rekonduktor Jaringan Tegangan Rendah pada Gardu Distribusi MI-44-150-21 PT PLN ULP Magelang Kota. *Jurnal Listrik, Instrumentasi, Dan Elektronika Terapan*, 5(1), 1.



<https://doi.org/10.22146/juliet.v5i1.87020>

Triyanto, A. (2023). *PROTEKSI SISTEM TENAGA*. UNPAM PRESS.

Zalfin, A., Elektro, J. T., Negeri, P., & Pandang, U. (2021). *Studi pengaruh lekukan kabel terhadap arus listrik*.

Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Kampus 2 Universitas Pamulang

Muhammad Sopiansyah Iqbal¹, Oky Supriadi¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Pamulang

¹Jl. Raya Puspittek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia

¹sopiansyahiqbal.1999@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 8 Agustus 2024
revisi : 7 Oktober 2024
diterima : 8 November 2024
dipublish : 30 November 2024

ABSTRAK

Pembangkit listrik tenaga surya merupakan salah satu cara untuk memanfaatkan energi matahari. Untuk memenuhi kebutuhan listrik maka sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) menggunakan panel surya yang dapat dihubungkan dengan sistem jaringan on-grid. Salah satunya pada rooftop gedung kampus 2 Universitas Pamulang dengan memanfaatkan dan mengoptimalkan atap gedung sebagai salah satu lahan untuk pemasangan panel surya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar potensi energi pada gedung kampus 2 Universitas Pamulang serta mengetahui potensi biaya ekonomi. Penelitian dilakukan pada lokasi rooftop gedung A, gedung B dan gedung C, menentukan luas dan titik koordinat pada rooftop gedung dan menentukan biaya ekonomi kampus 2 Universitas Pamulang. Hasil pengukuran yang dilakukan diketahui potensi radiasi matahari rata-rata setiap gedung yaitu gedung A sebesar 447,9 W/m² pada gedung B sebesar 480,8 W/m² dan gedung C sebesar 450,8 W/m² sedangkan hasil biaya ekonomi harga energi pembangkit PLTS on grid ke PLN sebesar Rp. 683,79 kWh lebih murah dibandingkan harga pemakaian dalam jaringan PLN sebesar Rp. 1.444,70 kWh, serta perkiraan biaya awal adalah sebesar Rp. 836.341.200,00 rupiah dan hasil biaya pengembalian modal dari investasi jangka waktu yaitu selama 12 tahun. Berdasarkan hasil dari pengukuran menunjukkan bahwa potensi terbesar pada rooftop gedung kampus 2 Universitas Pamulang untuk pemasangan PLTS on grid berkapasitas 50 kWp yang memiliki potensi terbesar pada rooftop gedung B.

Kata kunci : PLTS; On-Grid; Hasil Biaya Ekonomi

ABSTRACT

To meet electricity needs, the solar power generation system (PLTS) uses solar panels that can be connected to an on-grid network system. One of them is on the rooftop of the Pamulang University campus building 2 by utilizing and optimizing the roof of the building as one of the lands for installing solar panels. This study aims to determine how much energy potential is in the Pamulang University campus 2 building and to determine the potential economic costs. The research was conducted at the rooftop location of building A, building B and building C,

determining the area and coordinates on the rooftop of the building and determining the economic costs of Pamulang University campus 2. The results of measurements carried out are known to the average solar radiation potential of each building, namely building A of 447.9 W/m² in building B of 480.8 W/m² and building C of 450.8 W/m². PLTS on grid to PLN for Rp. 683.79 kWh is cheaper than the price of usage in the PLN network of Rp. 1,444.70 kWh, and the estimated initial cost is Rp. 836,341,200.00 rupiah and the return on investment costs for a period of 12 years. Based on the results of the measurements, it shows that the greatest potential is on the rooftop of the Pamulang University campus building for the installation of PLTS on grid with a capacity of 50 kWp which has the greatest potential on the rooftop of building B.

Keywords : PLTS;On-Grid; Economic cost result

PENDAHULUAN

Saat ini, potensi energi baru terbarukan di Indonesia memiliki banyak sumber pembangkit listrik, seperti tenaga surya (matahari), angin, air, biomasa dan panas bumi yang bersih dan ramah lingkungan. Sumber dari energi baru terbarukan seperti cahaya matahari bisa melimpah dan hampir merata di seluruh wilayah Indonesia. Karena negara Indonesia terletak di garis khatulistiwa, maka Indonesia memiliki potensi sumber energi matahari yang sangat melimpah dengan intensitas matahari sekitar 8 jam/hari dan rata-rata sekitar 4,8 kWh/m²/hari di seluruh Indonesia (Pahlevi et al., 2024). Sel surya sering disebut sebagai pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) atau sel surya. Karena energi matahari merupakan salah satu sumber energi yang menjanjikan dan ramah lingkungan, tidak tercemar oleh transformasi energi dan banyak digunakan sebagai sumber energi. Oleh karena itu, tidak ada kontaminasi yang terjadi selama proses konversi energi dan juga sumber energi banyak tersedia (Usman, 2020)(Perencanaan et al., 2022). Untuk itu, sinar matahari merupakan salah satu energi terbarukan dan memiliki potensi yang besar, sehingga perlu dimanfaatkan. Tetapi pemanfaatannya bisa dikatakan belum optimal sebab biaya pembangkitan energi listrik terbarukan, seperti tenaga surya itu tidak dapat bersaing dengan biaya pembangkitan listrik berbahan bakar energi fosil seperti (bahan bakar minyak, gas bumi, dan batu bara). Walaupun pemanfaatan pembangkit listrik tenaga surya belum optimal, tetapi sudah cukup banyak dimanfaatkan pada pegunungan dan perumahan (Dwisari et al., 2023).

Salah satunya merupakan kampus 2 Universitas Pamulang (UNPAM) yang terletak di Jalan Puspiptek, kampus ini merupakan salah satu institusi yang memanfaatkan lahan kosong di atap gedung sebagai lokasi penempatan panel surya dengan mengandalkan sumber energi matahari dengan sistem jaringan yang dipasok dari jala-jala jaringan PLN (On Grid). Potensi yang dapat dimanfaatkan adalah energi matahari karena panel surya mengubah radiasi dari matahari menjadi energi listrik (Damiri & Lamania, 2023).

Adapun penelitian ini bertujuan guna untuk memanfaatkan serta mengoptimalkan penggunaan lahan diatas gedung dan mengetahui potensi energi surya pada gedung

Kampus 2 Universitas Pamulang dengan sistem terinterkoneksi (*on grid*) berkapasitas 50 kWp serta mengetahui potensi ekonominya (Hutajulu et al., 2020).

TEORI

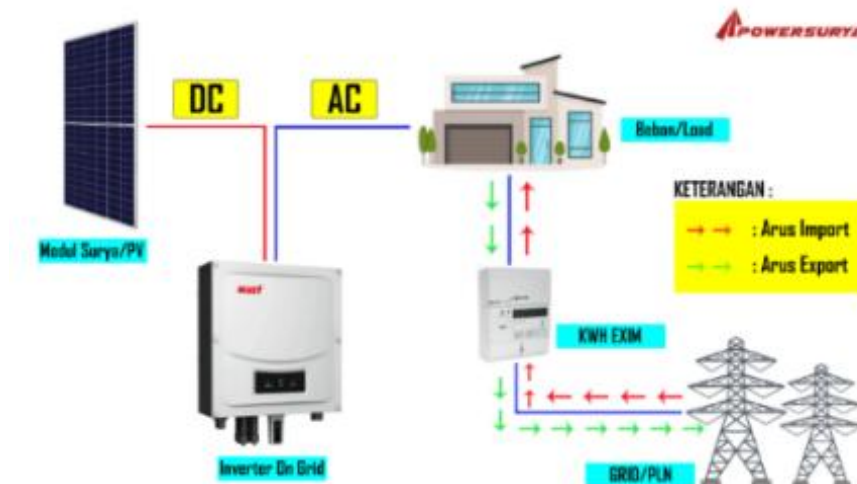
Panel Surya merupakan sebuah perangkat dikembangkan oleh para ilmuwan untuk merubah sinar matahari menjadi energi listrik. ilmuwan sedang mengembangkan PV berdasarkan prinsip mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik. Sel surya adalah komponen yang terbuat dari semikonduktor, memiliki sifat endoternik lebih baik daripada semikonduktor. Efek *photovoltaic* adalah fenomena dimana dua elektroda terhubung ke sistem padat atau cair menghasilkan tegangan seketika terkena radiasi. Sel surya atau *solar cell* disebut sebagai *photovoltaic* (PV). Panel surya dapat menerima radiasi matahari saat siang hari dan mengubahnya menjadi energi listrik melalui proses yang disebut proses/prinsip *photovoltaic*. Proses ini ditemukan pada tahun 1839 oleh seorang Fisikawan Prancis yang bernama Bacquere. Daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah DC dan panel surya tidak dapat menghasilkan daya secara langsung di malam hari, jadi baik mengarahkan/menggunakannya langsung dari beban DC atau menyimpan di baterai sebelum memberi makan langsung ke beban untuk penggunaan malam hari. Untuk menggunakan bus dengan beban AC (Arus Bolak-balik) maka perlu dirubah dulu dari DC ke AC menggunakan inverter. Berikut ini gambar 1 menunjukkan struktur sel surya (Rahman et al., 2020):



Gambar 1. Panel Surya.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah sistem pembangkit tenaga listrik berupa energi dari radiasi matahari dan dikonversi menjadi tegangan listrik oleh sel surya. Sebuah sistem *photovoltaic* mengubah radiasi matahari menjadi energi. Semakin tinggi sinar matahari mengenai sel surya semakin besar daya yang dihasilkan. PLTS adalah suatu teknologi yang potensial diterapkan karena penyimpangan radiasi matahari dari garis khatulistiwa Indonesia yang beriklim tropis. PLTS dapat diproduksi melalui berbagai jenis instalasi dalam konfigurasi sistem terpusat ataupun maksimum, dan setiap aplikasi dapat bersifat *on grid* atau *off grid* (Rachmi et al., 2020).

PLTS Sistem *On-Grid* juga dikenal sebagai *grid tie*, didukung oleh *photovoltaic* yang menghasilkan energi listrik bebas bahan emisi yang ramah lingkungan dan bebas bakar. Sistem penyambungan ke jaringan tetap terhubung dengan jaringan listrik yang dihasilkan oleh jaringan PLN, sehingga konsumsi daya siang hari dipasok oleh dua sumber fotovoltaiik dan jaringan PLN. Penggunaan energi listrik pada malam hari tidak dapat digunakan karena tidak adanya penyimpanan energi listrik, oleh karena itu, penggunaan energi listrik sepenuhnya menggunakan energi listrik dari PLN, dan penggunaan sistem penyambungan ke jaringan listrik hanya digunakan pada waktu siang hari, oleh karena itu, biaya penggunaan dapat meningkatkan dan biaya kontruksi sistem dapat meningkat. Gambar 2 berikut menunjukkan skematik dari panel surya On-Grid (Achmad, 2023).



Gambar 2. PLTS Sistem *On-Grid* .

Initial Capital Cost Merupakan biaya modal untuk pengadaan komponen yang terdapat dalam sistem PLTS terdiri dari panel dan inverter (Abil & Nurul, 2019). Ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\text{Biaya modal awal} = \text{Biaya PV} + \text{Biaya Inverter} \quad (1)$$

$$\text{Biaya PV} = \text{Jumlah unit PV} \times \text{Harga PV per unit} \quad (2)$$

$$\text{Biaya Inverter} = \text{Jumlah Unit Inverter} \times \text{Harga Inverter per unit} \quad (3)$$

Net Present Cost (NPC) adalah total harga atau komponen-komponen serta biaya pengoperasian dan perawatan yang digunakan dalam *project* yang sedang dikerjakan. Ini juga termasuk pemeliharaan dan biaya yang terkait dengan komponen. (Mehta & Basak, 2020) persamaan sebagai berikut:

$$\text{NPC} = \text{Capital Cost} + \text{Replacement Cost} + \text{O\&M Cost} + \text{Fuel Cost} + \text{Salvage} \quad (4)$$

Capital Cost = Biaya modal komponen (Rp)

Replacement Cost = Biaya pergantian komponen. (Rp)

O&M Cost = Biaya operasional dan perawatan. (Rp)

Fuel Cost = Biaya bahan bakar. (Rp)

Salvage = Biaya yang tersisa pada komponen. (Rp)

Cost Of Energy (COE) adalah harga produksi energi 1/kWh. energi listrik bisa dicari menggunakan perhitungan COE. (Mehta & Basak, 2020) dengan persamaan sebagai berikut:

$$COE = \frac{C_{ann,tot}}{E_{tot\ served}} \quad (5)$$

$C_{ann,tot}$ = total *annualize cost* atau biaya total tahunan yang digunakan untuk pembangkit.

$E_{tot\ served}$ = total energi tahunan yang tersedia untuk beban (kWh).

Total Produksi Energi, adalah total energi yang dihasilkan selama pembangkit listrik terus beroperasi (Abil & Nurul, 2019). dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$E_{tot,produksi} = E_{photovoltaic} + E_{grid} \quad (6)$$

$E_{tot,produksi}$ = total produksi energi (kWh)

$E_{photovoltaic}$ = total produksi energi photovoltaic (kWh)

E_{grid} = total produksi energi dari grid PLN (kWh)

Simple payback adalah pengembalian modal jangka waktu yang dibutuhkan untuk menutupi pengeluaran investasi dengan keuntungan. pada PLTS, *simple payback* bertujuan untuk menghitung jangka waktu yang untuk menutupi biaya investasi berdasarkan biaya energi tahunan (Mehta & Basak, 2020). Adapun perhitungan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Sp = \frac{IC}{AEP \times Rp/kWh} \quad (7)$$

SP = Simple Payback (Rp)

IC = Initial Capital atau total biaya awal komponen pembangkit. (Rp)

AEP = Annual Energy Production atau total biaya produksi (kWh/tahun)

Rp/kWh = Harga biaya pemakaian PLN (kWh)

METODOLOGI

Untuk memperoleh data dan bukti dari lapangan saat melakukan kegiatan penelitiannya. Berdasarkan hasil penelitian, adalah untuk mengambil data yang terdapat dilapangan dan menarik kesimpulan secara ilmiah.

Tujuan penelitian ini membutuhkan data untuk mendukung analisis potensi pembangkit listrik tenaga surya pada kampus 2 Universitas Pamulang antara lain:

1. Menentukan tiga lokasi pada *rooftop* gedung A, gedung B dan gedung C, yaitu mengukur potensi radiasi matahari dan suhu lingkungan menggunakan alat ukur seaward solar 200R.
2. Menentukan luas dan titik koordinat pada *rooftop* gedung yang akan dijadikan tempat PLTS dipasang diketahui dari *Google Earth*.
3. Menentukan biaya potensi ekonomi PLTS 50 kWp di kampus 2 Universitas Pamulang.

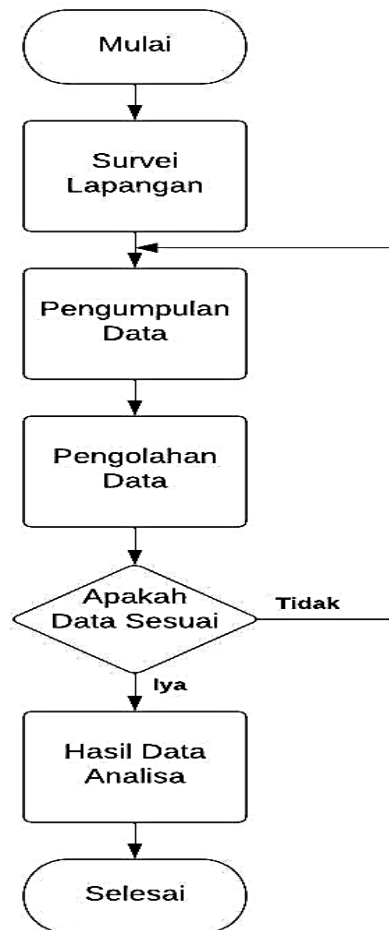
Pengolahan Data:

1. Menghitung rata-rata radiasi matahari dan rata-rata suhu lingkungan dalam satu hari selama kurun waktu 7 hari (seminggu).
2. Menghitung rata-rata perbandingan radiasi matahari terdiri dari tiga lokasi pada *rooftop* gedung A, gedung B dan gedung C.
3. Menghitung daya keluaran dalam setiap gedung serta menghitung biaya ekonomi sistem PLTS *on-grid* 50 kWp.

Analisa Hasil Data:

1. Melakukan analisis data hasil rata-rata radiasi matahari, rata-rata suhu serta titik koordinat dan ketinggian gedung A, gedung B dan Gedung C.
2. Melakukan analisis data hasil rata-rata daya keluaran pada *rooftop* gedung A, gedung B dan gedung C yang akan dijadikan tempat pemasangan PLTS.
3. Melakukan hasil perhitungan ekonomi biaya modal awal komponen-komponen, total energi, total produksi dan biaya modal balik pada sistem PLTS *on-grid* 50 kWp.

Beberapa tahapan yang harus dilaksanakan menganalisis potensi pada kampus 2 Universitas Pamulang agar penelitian ini lebih terarah maka dibuat alur penelitian tersebut:



Gambar 3. *Flowchart.*

Tahapan perencanaannya adalah:

1. Mulai untuk tahapan memulai mencari judul dan mengumpulkan jurnal penelitian.
2. Survei lapangan dengan menentukan lokasi untuk penempatan panel surya.
3. Pengumpulan data mengumpulkan data yang sesuai dengan judul penelitian.
4. Pengolahan data Mengolah hasil data pengujian yang sudah didapat/dikumpulkan untuk mempermudah saat melakukan penelitian.
5. Data sesuai Setelah sesuai atau tidak dengan penelitian. jika data tidak sesuai maka kembali ke blok pengumpulan data.
6. Hasil analisa data Dari hasil analisa data, kemudian dilakukan evaluasi hasil data.
7. Selesai merupakan tahapan ketika data sudah terkumpul dan telah di uji dan dinyatakan sama dengan penelitian

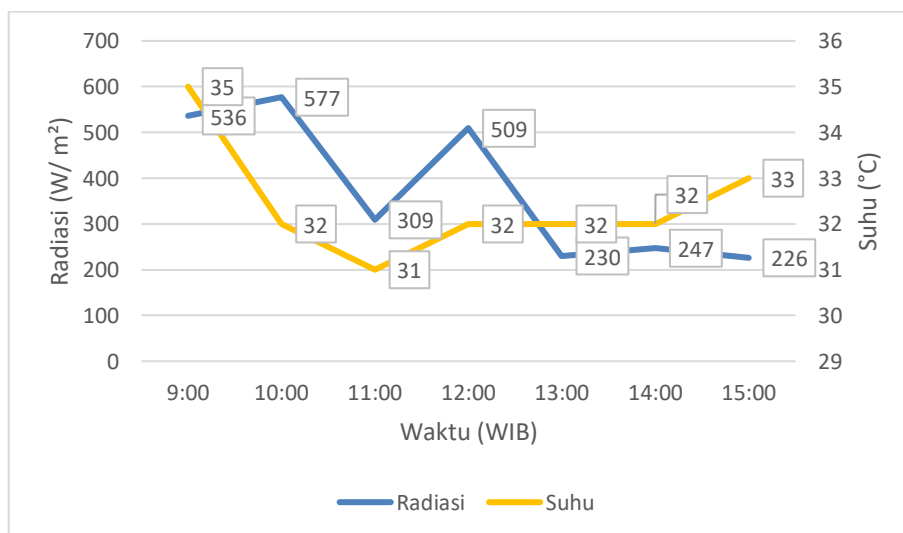
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran data dilapangan selama 7 hari yaitu dimulai dari pukul 09:00 hingga 15:00 WIB pada 20 juni 2022 sampai 26 juni 2022. Pengambilan data dilapangan dengan menentukan 3 lokasi yaitu gedung A, gedung B dan gedung C. Setiap gedung kampus 2 Universitas Pamulang untuk mengetahui potensi tempat pemasangan PLTS *on grid*. Untuk tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengukuran Gedung A Hari Ke 1.

Gedung A		Hari/Tanggal: Senin, 20 Juni 2022			
Jam	Radiasi (W/ m ²)	Suhu (°C)	Latitude (D°M'S")	Longitude (D°M'S")	Ketinggian (m)
09.00	536	35	6°20'45"S	106°41'31"E	62
10.00	577	32	6°20'45"S	106°41'31"E	62
11.00	309	31	6°20'45"S	106°41'31"E	62
12.00	509	32	6°20'45"S	106°41'31"E	62
13.00	230	32	6°20'45"S	106°41'31"E	62
14.00	247	32	6°20'45"S	106°41'31"E	62
15.00	226	33	6°20'45"S	106°41'31"E	62
Rata-rata:		32,4			

Berdasarkan pengambilan data *rooftop* gedung A pada tabel 1 diketahui radiasi dan suhu lingkungan menggunakan grafik pada gambar 4.



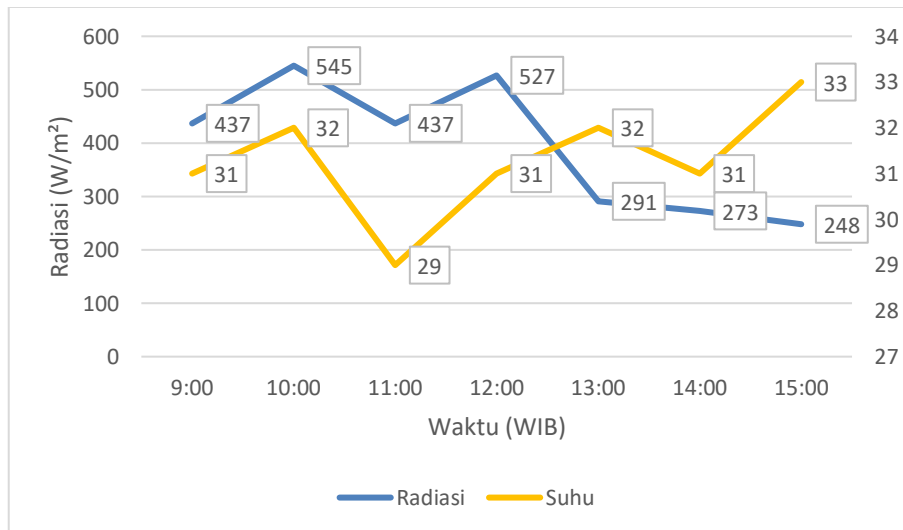
Gambar 4. Grafik Radiasi dan Suhu Pada Gedung A Hari Ke 1.

Hasil pengukuran hari ke-1 pada pukul 10.00 WIB memperlihatkan radiasi matahari tertinggi 577 W/m² dengan suhu lingkungan 32°C. Sedangkan radiasi matahari terendah pada pukul 15:00 WIB dengan radiasi matahari terendah 226 W/m² dengan suhu lingkungan 33°C dan rata-rata setiap harinya gedung A radiasi matahari adalah sebesar 376,3 W/m² dan suhu rata-rata setiap harinya gedung A adalah sebesar 32,4°C.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Gedung B Hari Ke 1.

Gedung B		Hari/Tanggal: Senin, 20 Juni 2022			
Jam	Radiasi (W/ m ²)	Suhu (°C)	Latitude (D°M'S")	Longitude (D°M'S")	Ketinggian (m)
09.00	437	31	6°20'45"S	106°41'30"E	60
10.00	545	32	6°20'45"S	106°41'30"E	60
11.00	437	29	6°20'45"S	106°41'30"E	60
12.00	527	31	6°20'45"S	106°41'30"E	60
13.00	291	32	6°20'45"S	106°41'30"E	60
14.00	273	31	6°20'45"S	106°41'30"E	60
15.00	248	33	6°20'45"S	106°41'30"E	60
Rata-rata:		31,3			

Berdasarkan pengambilan data *rooftop* gedung C pada tabel 2 diketahui radiasi dan suhu lingkungan menggunakan grafik pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Radiasi dan Suhu Pada Gedung B Hari Ke 1.

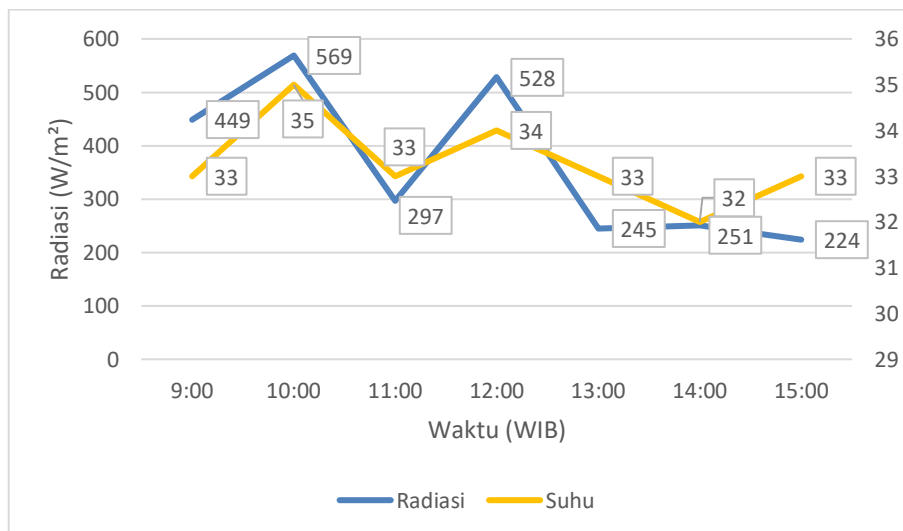
Hasil pengukuran gedung B hari ke-1 pada pukul 10:00 WIB memperlihatkan radiasi matahari tertinggi 545 W/m² dengan suhu lingkungan 32°C. Sedangkan radiasi matahari terendah di gedung B pada pukul 15:00 WIB dengan radiasi matahari 248 W/m² dengan

suhu lingkungan 33°C dan rata-rata setiap harinya gedung B radiasi matahari adalah sebesar 394 W/m² dan suhu rata-rata setiap harinya gedung B adalah sebesar 31,3°C.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Gedung C Hari Ke 1.

Gedung C		Hari/Tanggal: Senin, 20 Juni 2022			
Jam	Radiasi (W/ m ²)	Suhu (°C)	Latitude (D°M'S")	Longitude (D°M'S")	Ketinggian (m)
09.00	449	33	6°20'45"S	106°41'29"E	61
10.00	569	35	6°20'45"S	106°41'29"E	61
11.00	297	33	6°20'45"S	106°41'29"E	61
12.00	528	34	6°20'45"S	106°41'29"E	61
13.00	245	33	6°20'45"S	106°41'29"E	61
14.00	251	32	6°20'45"S	106°41'29"E	61
15.00	224	33	6°20'45"S	106°41'29"E	61
Rata-rata:		366,1	33,3		

Berdasarkan pengambilan data *rooftop* gedung C pada tabel 3 diketahui radiasi dan suhu lingkungan menggunakan grafik pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik Radiasi dan Suhu Pada Gedung C Hari Ke 1.

Hasil pengukuran gedung C hari ke-1 pada pukul 10:00 WIB memperlihatkan radiasi matahari tertinggi 569 W/m² dengan suhu lingkungan sekitar 35°C. Sedangkan radiasi terendah di gedung C pada pukul 15:00 WIB dengan radiasi 224 W/m² dengan suhu lingkungan 33°C dan rata-rata setiap harinya gedung C radiasi matahari adalah sebesar 366,1 W/m² dan suhu rata-rata setiap harinya gedung C adalah sebesar 33,3°C.

Berdasarkan hasil nilai ekonomi pembangkit yang bersistem PLTS dengan *grid* PLN. Maka didapatkan *initial capital cost* atau total biaya awal seperti komponen-komponen pembangkit panel surya dan inverter sistem ini adalah untuk total modal awal dari sistem PLTS ini sebesar Rp. 401.600.000,00 Hasilnya dihitung persamaan 1, 2 dan 3 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Biaya Panel Surya} &= 108 \times \text{Rp. } 3.200.000,00 \\ &= \text{Rp. } 345.600.000,00\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Inverter} &= 1 \times \text{Rp. } 56.000.000,00 \\ &= \text{Rp. } 56.000.000,00\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Modal Awal} &= \text{Rp. } 345.600.000,00 + \text{Rp. } 56.000.000,00 \\ &= \text{Rp. } 401.600.000,00\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil dari NPC atau harga total dari keseluruhan dari sistem ini seperti biaya modal komponen serta biaya pengoperasian, perawatan, penggantian komponen, bahan bakar, sisa komponen yang digunakan dalam *project* pembuatan PLTS sistem *on-grid*. Adapun hasil perhitungan menggunakan persamaan 4 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{NPC} &= \text{Rp. } 401.600.000,00 + \text{Rp. } 0 + \text{Rp. } 434.741.220,69 + \text{Rp. } 0 + \text{Rp. } 0 \\ &= \text{Rp. } 836.341.221\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil biaya operasi pembangkit dengan PLN serta energi yang dibeli dari cost of energy atau harga biaya energi listrik yang berproduksi per kWh. Adapun hasil perhitungan menggunakan persamaan 5 sebagai berikut:

1. Skenario 1 (PLTS *On Grid*)

$$\begin{aligned}\text{COE} &= \frac{\text{Rp. } 33.629.140}{49.180} \\ &= \text{Rp. } 683,79 \text{ kWh}\end{aligned}$$

2. Skenario 2 (PLN)

Berdasarkan biaya operasi sebesar Rp. 71.061.060,00 dan energi yang dibeli per kWh sebesar 49.180 dah harga energi listrik yang dihasilkan jaringan PLN harga biaya energi listrik per kWh. Adapun perhitungan menggunakan persamaan 5 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{COE} &= \frac{\text{Rp. } 71.061.060}{49.180} \\ &= \text{Rp. } 1.444 \text{ kWh}\end{aligned}$$

Berdasar hasil total produksi energi yang dihasilkan selama pembangkit beroperasi dengan PLN menghasilkan daya. Untuk skenario 1 total produksi energi yang bersumber *photovoltaic* sebesar 48.0049 kWh dan biaya yang dibeli dari PLN sebesar 19.826 kWh. Adapun hasil perhitungan menggunakan persamaan 6 sebagai berikut:

1. Skenario 1 (PLTS On Grid)

$$\begin{aligned} E_{\text{tot,produksi}} &= 48.049 + 19.826 \\ &= 67.876 \text{ kWh} \end{aligned}$$

2. Skenario 2 (PLN)

Berdasarkan total produksi energi dari jaringan PLN atau biaya yang dibeli yaitu menghasilkan daya. Untuk skenario 2 total produksi energi yang bersumber PLN sebesar 49.180 kWh. Adapun perhitungan menggunakan persamaan 6 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} E_{\text{tot,produksi}} &= 0 + 49.180 \text{ kWh} \\ &= 49.180 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Berdasarkan *simple payback* atau biaya pengembalian modal untuk jangka waktu pengembalian modal awal dari total biaya awal komponen dan total produksi energi serta harga pemakaian sistem PLN. Adapun perhitungan menggunakan persamaan 2.13 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Sp &= \frac{\text{Rp. } 836.341.200}{48.049 \times 1,444,70} \\ &= \frac{\text{Rp. } 836.341.200}{69.416.390} \\ &= 12,0 \\ &= 12 \text{ Tahun} \end{aligned}$$

KESIMPULAN

Hasil dari potensi ekonomi PLTS on grid diperoleh bahwa untuk total biaya awal pembelian komponen sebesar Rp. 401.600.000,00. Biaya keseluruhan dari sistem sebesar Rp. 836.341.200,00. Perkiraan biaya pengembalian yaitu dalam jangka waktu 12 tahun. Komponen yang digunakan ada 108 unit panel surya merk monocrystalline tipe Canadian Solar CS3Y 475W-500W (485W) kapasitas dan untuk inverter merk Sungrow SG40CX dengan kapasitas 44 kW dengan sistem PLTS on-grid. Hasil dari perhitungan rata-rata daya keluaran pada setiap rooftop gedung diketahui rata-rata daya keluaran gedung A sebesar 23,415 kWh, gedung B sebesar 25,347 kWh dan gedung C sebesar 22,897 kWh. Berdasarkan hasil total produksi pada sistem PLTS on grid sebesar 67.876 kWh/tahun,

daya yang dikeluarkan panel surya sebesar 48.089 kWh dan harga biaya pembangkit ke PLN Rp. 683,79 kWh sedangkan harga pemakaian dalam jaringan PLN sebesar Rp. 1.444,70 kWh. Berdasarkan hasil penelitian sehingga bahwa pada rooftop gedung kampus 2 Universitas Pamulang untuk pemasangan PLTS on grid yang memiliki potensi terbesar diketahui rooftop gedung B.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada seluruh dosen teknik elektro Universitas Pamulang dan pihak terkait lainnya yang telah menyelesaikan penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- Abil, W. A., & Nurul, H. N. N. (2019). Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Dengan Sumber Energi Terbarukan (HOMER) Di Daerah Pesisir Pantai Pangandaran. *JOURNAL OF ENERGY AND ELECTRICAL ENGINEERING (JEEE)*, 01(01), 12–18.
- Achmad, A. (2023). *On-Grid PV Performance in Various Irradiation Conditions , Types , and Load Power*. 10(1), 39–45.
- DAMIRI, D. J., & LAMANIA, R. R. L. (2023). Design and Simulation of On-Grid Rooftop Solar Power Plant (Rooftop PV) System on Office Buildings with a PLN Grid System. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 11(1), 231. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v11i1.231>
- Dwisari, V., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2023). Pemanfaatan Energi Matahari: Masa Depan Energi Terbarukan. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 376–384. <https://doi.org/10.37478/optika.v7i2.3322>
- Hutajulu, A. G., RT Siregar, M., & Pambudi, M. P. (2020). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) on Grid Di Ecopark Ancol. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 22(1), 23. <https://doi.org/10.24912/tesla.v22i1.7333>
- Mehta, S., & Basak, P. (2020). A case study on PV assisted microgrid using HOMER pro for variation of solar irradiance affecting cost of energy. *PIICON 2020 - 9th IEEE Power India International Conference*. <https://doi.org/10.1109/PIICON49524.2020.9112894>
- Pahlevi, R., Thamrin, S., Ahmad, I., & Nugroho, F. B. (2024). Masa Depan Pemanfaatan Batubara sebagai Sumber Energi di Indonesia. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 5(2), 50–60. <https://doi.org/10.14710/jebt.2024.22973>
- Perencanaan, A., Listrik, P., Surya, T., Dengan, A., Hybrid, S., Koloni Timur, P. T., Hajir, N., Haddin, M., Suprajitno, A., Program,), Elektro, S. T., Industri, T., Islam, U., Agung, S., Raya, J., Km, K., Semarang, K., & Tengah, J. (2022). Noor Hajir, Muhamad Haddin, dan Agus Suprajitno Analisa Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap dengan Sistem Hybrid di PT. Koloni Timur. *Elektrika*, 14(1), 20–25.
- Rachmi, A., Prakoso, B., Hanny Berchmans, Devi Sara, I., & Winne. (2020). Panduan Perencanaan dan Pemanfaatan PLTS atap di Indonesia. *PLTS Atap*, 94.
- Rahman, F., Rokhmat, M., Fathonah, I. W., S1, P., & Fisika, T. (2020). *Analisis Pengaruh Temperatur Permukaan Sel Surya Terhadap Kapasitas Daya Keluaran*. 1–10.
- Usman, M. (2020). Analisis Intensitas Cahaya Terhadap Energi Listrik Yang Dihasilkan



Panel Surya. *Power Elektronik: Jurnal Orang Elektro*, 9(2), 52–57.
<https://doi.org/10.30591/polektro.v9i2.2047>

Sistem Kontrol Automatic Transfer Switch antara PLTS dan PLN dengan Sumber Tegangan PLTS sebagai Prioritas

Rafi Daffa Amrullah¹

¹*Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Pamulang*

¹*Jl. Raya Puspittek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia*

¹*rafidaffa504@gmail.com*

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 10 Agustus 2024
revisi : 12 Oktober 2024
diterima : 10 November
2024
dipublish : 30 November
2024

ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan zaman dan teknologi saat ini, kebutuhan akan energi listrik sangat besar untuk menunjang aktivitas manusia. Ketiadaan energi listrik dapat mengganggu kelangsungan aktivitas manusia. Energi terbarukan adalah energi non fosil yang diperoleh dari alam. Energi matahari dapat dimanfaatkan dengan membangun pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Namun daya yang dihasilkan oleh PLTS tidak selalu disalurkan secara kontinyu ke beban, dalam hal itu kita memerlukan alternatif solusi guna membantu menyalurkan tegangan listrik ke beban. Penggunaan sumber tegangan dari PLTS suatu saat pasti terjadi kehabisan daya baterai pada accu yang kemungkinan dapat disebabkan oleh penggunaan daya yang sudah maksimal pada accu tanpa adanya pengisian daya Kembali. Untuk mencegah masalah tersebut, maka dirancang alat kontrol otomatis yang disebut ATS (Automated Transfer Switch). Alat ini membantu untuk menyalakan inverter secara otomatis dan menghubungkannya ke beban saat PLTS menyala. Saat PLTS mati karena kekurangan daya, alat ini mentransfer daya dari inverter ke PLN. Untuk mengetahui kinerja ATS ini maka dilakukan pengamatan dan pengukuran untuk pengambilan data. Dari hasil pengukuran dapat diketahui penggunaan baterai dari penuh 12,9V sampai dengan 10V dengan beban 5 watt adalah selama 23 menit 47 detik dan pada penggunaan beban 30 wat didapatkan waktu penggunaan selama 12 menit 28 detik, selanjutnya setelah tegangan 10V maka panel ATS akan memindahkan sumber tegangan nya ke PLN. Pada jurnal ini akan di bahas tentang panel PLTS menggunakan sistem kontrol ATS dengan sumber tegangan PLTS sebagai prioritas.

Kata kunci : Energi listrik; Panel surya; ATS; PLN

ABSTRACT

Along with the development of the times and current technology, the need for electrical energy is very large to support human activities. The absence of electrical energy can interfere with the continuity of human activities. Renewable energy is non-fossil energy obtained from nature. Solar energy can be utilized by building a solar power plant (PLTS). However, the power

generated by PLTS is not always channelled continuously to the load, in that case we need an alternative solution to help distribute the electrical voltage to the load. The use of a voltage source from the PLTS will someday run out of battery power in the battery which may be caused by the use of maximum power on the battery without recharging. To prevent this problem, an automatic control device called ATS (Automated Transfer Switch) was designed. This tool helps to turn on the inverter automatically and connect it to the load when the PLTS is on. When the PLTS turns off due to lack of power, this tool transfers power from the inverter to PLN. To determine the performance of this ATS, observations and measurements were carried out for data collection. From the measurement results, it can be seen that the use of the battery from full 12.9V to 10V with a load of 5 watts is 23 minutes 47 seconds and at the use of a 30 watt load the usage time is 12 minutes 28 seconds, then after the voltage is 10V the ATS panel will move the source. its voltage to PLN. In this journal, we will discuss the PV mini-grid panels using the ATS control system with the PLTS voltage source as a priority.

Keywords : Electrical energy; Solar panels; ATS; PLN

PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) kini banyak digunakan karena dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan sehari-hari guna memenuhi kebutuhan listrik (Yuwono et al., 2021) (Triyanto et al., 2023). Menggunakan energi matahari, panel surya mengubahnya menjadi energi listrik (Tri Cahyo Wicakono & Abdi Bangsa, 2022). Kebutuhan energi listrik terus meningkat dari tahun ke tahun, dan untuk memenuhi hal tersebut perlu dicari sumber energi alternatif termasuk pembangkit listrik tenaga surya. Energi ini banyak digunakan di berbagai tempat seperti rumah, kantor, lampu jalan dan pabrik. Untuk membuat perkembangan ini lebih bermanfaat, kita perlu memperbaikinya dan mempelajarinya lebih lanjut. Sistem kontrol atau kendali kini mulai beralih ke sistem kontrol otomatisasi, sehingga sangat sedikit campur tangan manusia dalam pengendaliannya. Dibandingkan dengan pengerjaan secara manual, sistem pengontrol otomatis menawarkan keunggulan dalam hal efisiensi, keamanan, dan akurasi. Saat listrik PLTS padam, seringkali tidak diketahui apakah listrik PLTS sudah hidup atau menyala kembali (Baharuddin Arif Aswar et al., 2021).

Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan penelitian mengenai sakelar pemindah otomatis dengan catu daya PLTS dan PLN, agar dapat melihat betapa efisiennya penggunaan saklar otomatis saat mengontrol beban antara PLTS dan PLN. ATS adalah singkatan dari istilah automatic transfer switch, dan berdasarkan istilah ini ATS adalah switch yang berfungsi secara otomatis, tetapi fungsi otomatisnya berdasarkan pada saat daya terputus dari PLTS atau terjadi deep discharge, maka saklar akan secara otomatis beralih ke catu daya PLN (Triyanto et al., 2024).

TEORI

Seiring meningkatnya kebutuhan energi listrik dan perhatian terhadap dampak lingkungan dari penggunaan energi fosil, pemanfaatan energi terbarukan menjadi salah satu solusi yang terus dikembangkan (Dwisari et al., 2023). Salah satu bentuk energi terbarukan yang paling potensial dan ramah lingkungan adalah energi surya. Di negara tropis seperti Indonesia, yang memiliki intensitas sinar matahari tinggi sepanjang tahun, pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi alternatif yang sangat relevan untuk mendukung ketahanan dan ketersediaan energi nasional. Namun, dalam implementasinya, PLTS memiliki tantangan terutama saat intensitas matahari berkurang atau malam hari. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, dikembangkanlah sistem PLTS Hybrid yang menggabungkan sumber energi dari panel surya dengan jaringan listrik konvensional seperti PLN, serta menggunakan Automatic Transfer Switch (ATS) sebagai sistem pengalih sumber energi secara otomatis. Secara teoritis mengenai sistem PLTS, PLTS Hybrid, serta peran penting ATS dalam mendukung kontinuitas suplai listrik. Selain itu, komponen yang dibutuhkan untuk merancang panel PLTS dengan sistem prioritas sumber tegangan, di mana PLTS menjadi sumber utama dan PLN sebagai cadangan (Jeremy et al., 2021).

Pembangkit Listrik Tenaga Surya merupakan sistem pembangkit tenaga listrik yang menggunakan energi matahari untuk menghasilkan energi listrik melalui panel surya yang terkandung dalam energi hijau yang terbarukan dan lebih untuk memenuhi kebutuhan energi listrik. PLTS merupakan salah satu sarana untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat dengan cara yang sangat ramah lingkungan. Mengingat Indonesia merupakan daerah tropis, alangkah baiknya jika PLTS dikembangkan secara serius (Hutajulu et al., 2020).

PLTS Hybrid merupakan pembangkit listrik tenaga surya yang didukung oleh teknologi hybrid. Artinya, sistem tenaga yang dihasilkan oleh panel surya dapat digabungkan dengan listrik dari PLN dengan bantuan ATS. Diharapkan dengan adanya sistem ini, pengguna dapat dengan mudah mendapatkan suplai energi listrik yang optimal dan memprediksi pemadaman dan pemadaman listrik (safitri, 2021).

Automatic Transfer switch merupakan rangkaian kontrol untuk sakelar inverter dengan PLN secara otomatis. Alat ini membantu untuk menyalakan inverter secara otomatis dan menghubungkannya ke beban saat PLN menyala. Saat inverter mati, alat ini akan mentransfer daya ke beban menggunakan daya PLN secara otomatis. Berbagai jenis ATS dibedakan berdasarkan kapasitas daya yang diperlukan atau fase dan arus yang mengalir melalui panel, tetapi prinsip operasinya sama. Pada dasarnya, membuat ATS memainkan ide logika matematika dengan merakit beberapa alat seperti relay, timer, kontaktor, MCB dan sebagainya. Alat-alat ini terutama digunakan sebagai sakelar atau pemutus sirkuit. Penggunaan panel ATS ini memiliki ukuran konsumsi daya yang berbeda. Semakin tinggi konsumsi daya, maka semakin besar komponen, terutama spesifikasi breaker dan kontaktor, serta ukuran kabel (Triyanto et al., 2024).

Solar Charge Controller (SCC) merupakan salah satu komponen dari sistem PLTS yang berperan sebagai pengatur baik daya yang masuk maupun yang keluar dari panel surya. SCC ini digunakan untuk melindungi baterai dari pengisian yang berlebihan. Disamping itu, dapat mengatur tegangan dan arus dari panel surya ke baterai. Kebanyakan panel surya 12 Volt menghasilkan tegangan keluaran sekitar 16-20 Volt DC. Karena itu, jika tidak disetel, baterai akan rusak karena pengisian daya yang berlebihan. Umumnya, pengisian penuh baterai 12 Volt membutuhkan tegangan pengisian sekitar 13 hingga 14,8 volt (Wahidin et al., 2022).



Gambar 1. *Solar Charge Controller*

Baterai adalah sebuah metode untuk menyimpan energi yang diperoleh dari modul PV berbasis matahari, baterai adalah perangkat yang mengubah energi senyawa kimia menjadi sebuah energi listrik. Setiap sel memiliki kutub positif (katoda) dan kutub negatif (anoda), kutub dengan tanda positif menunjukkan bahwa energi potensial lebih menonjol daripada poros dengan tanda negatif. Kutub bertanda negatif adalah sumber elektron, yang terhubung ke sirkuit eksternal dan meneruskan pasokan energi listrik ke perangkat eksternal yang terhubung. Saat baterai dihubungkan dengan sirkuit luar, elektrolit bisa bergerak sebagai partikel di dalamnya, menyebabkan reaksi sintetik pada kedua poros (Raharja et al., 2021).

Inverter merupakan alat elektronik yang mengkonversi daya aliran searah (Direct Current) dari baterai atau papan sel berbasis tenaga matahari menjadi aliran listrik bolak-balik (Alternating Current). Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS, inverter digunakan untuk menaikkan tegangan dari 12 Volt DC menjadi 220 Volt AC, misalnya berguna untuk berbagai perangkat keras elektronik seperti PC, peralatan korespondensi, TV, dan sebagainya. dimanfaatkan untuk perangkat keras elektronik rumah tangga dan semua tempat yang membutuhkan penguatan (power) yang mempunyai kemampuan untuk menggantikan aset kelistrikan PLN (Subandi, dkk, 2021).

Magnetik Kontaktor 220 VAC adalah sebuah komponen yang berfungsi sebagai konektor/kontak berkapasitas tinggi dengan konsumsi daya yang minimal. Kontaktor terdiri dari sebuah kumparan, beberapa di antaranya adalah kontak Normally Open (NO) dan beberapa Normally Close (NC). NO terbuka jika kontaktor normal dan NO menutup jika kontaktor bekerja. Sedangkan kontak NC sebaliknya yaitu ketika dalam keadaan normal

kontak NC menutup dan terbuka satu kontaktor bekerja. (Susanto, 2013) TDR. Timer berfungsi selama masih menerima sumber tegangan. Ketika batas waktu yang diinginkan tercapai, timer akan otomatis mengunci, kontak NO akan menjadi NC dan kontak NC akan menjadi NO (Nurfauziah et al., 2022).

Relay MK2P-I 220VAC berfungsi berdasarkan prinsip induksi medan elektromagnetik. Ketika sebuah konduktor dirangsang oleh arus listrik, maka timbul medan magnet disekitar penghantar tersebut. Selanjutnya, medan magnet yang dihasilkan oleh arus diinduksi secara magnetis pada logam besi. (Nurul Adhim, Ratna Mustika Yasi, 2019). Untuk relay MK2P-I ini mempunyai 8 kaki. Prinsip kerjanya, relay bisa berfungsi karena adanya medan magnet yang digunakan untuk menggerakkan saklar. Ketika kumparan disuplai dengan tegangan yang sama dengan tegangan operasi relay, arus yang mengalir melalui kumparan kawat menciptakan medan magnet di dalam kumparan. Komponen relay 220 Volt AC ini menggunakan relay MK2P-I 220V. Hal ini membuat relay AC 220 Volt ini akan mengatur kerja alat ATS yang menggunakan dua catu daya yaitu catu daya inverter dan PLN (Triyanto, 2023).

MCB biasanya digunakan untuk membatasi arus dan keamanan instalasi listrik. MCB bertindak sebagai sekering hubung singkat dan juga sebagai perangkat proteksi kelebihan beban. (TAMBA, 2021) MCB berfungsi dengan cara pemutusan yang disebabkan oleh aliran arus lebih oleh elektromagnet / bimetal. Cara kerja MCB ini adalah dengan menggunakan pemuaian dari bimetal yang panas saat arus mengalir untuk memutus arus listrik. Untuk mengetahui daya maksimum MCB yaitu dengan mengalikan kapasitas MCB dengan 220VAC (Sunarto et al., 2022).

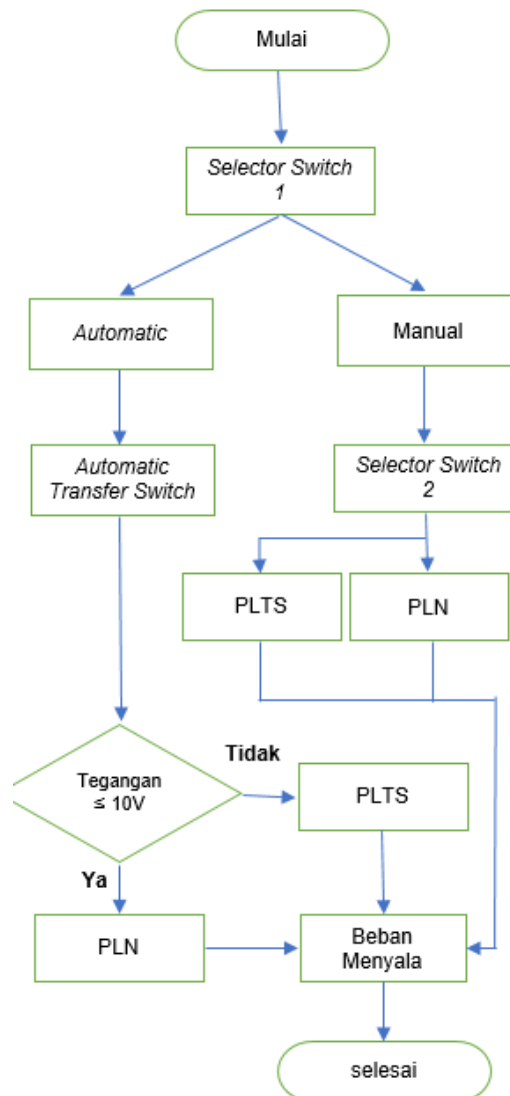
Selector Switch berfungsi sakelar pemilih ini adalah untuk menghubungkan rangkaian, tetapi biasanya hanya dua jenis yang digunakan: dua posisi (ON/OFF / Start-Stop / 0-1) dan tiga posisi (ON-OFF-ON / Auto-Off-Manual). (Ifan Sufiyan Tsauri, Deni Hendarto, 2017). Sakelar pemilih pada dasarnya terdiri dari spindel atau rotor dengan poros yang menonjol dari posisi ujung yang dipilih saat ini. Port ini diatur dalam lingkaran di sekitar rotor. Saat Anda memilih posisi sakelar ini, port terhubung ke salah satu port aktif dan arus mengalir ke arah beban. Cara mekanisme sederhananya adalah dengan cara memutar selector menggunakan jari tangan manusia pada posisi tertentu (Sunarto et al., 2022).

METODOLOGI

Proses SCC yang menerima daya listrik dan menyimpan daya ke baterai kemudian disalurkan ke inverter yang selanjutnya arus akan diubah dari arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) untuk menghidupkan beban.

Tahap flowchart pertama dimulai dari menentukan selector switch untuk menggunakan sistem kontrol automatic atau manual, jika memilih automatic maka sistem kontrol akan memprioritaskan sumber tegangan dari inverter, dan jika sumber tegangan dari inverter hilang maka sumber tegangan dari PLN akan masuk menggantikan sumber tegangan dari inverter. Jika selector switch diarahkan ke manual maka sistem kontrol akan

dilanjutkan ke selector switch ke dua dan pengguna bisa menggunakan panel sesuai kebutuhan dengan memilih sumber tegangan inverter ataupun PLN. Gambar 2 merupakan bentuk dari flowchart penelitian.



Gambar 2. Flowchart penelitian

Komponen dipasang dengan mempertimbangkan penempatan komponen baik pada bok utama maupun pada pintu. Pada perakitannya juga memperhatikan rangkaian untuk memudahkan langkah perakitan selanjutnya, yaitu langkah wiring. Komponen lain seperti kontaktor magnetik, relai, dan timer terletak di dalam kotak, dengan lubang di pintu kotak untuk memasang bagian seperti lampu indikator, voltmeter, dan selector switch. Pada tahap instalasi dilakukan dengan melihat gambar perancangan. Setelah membuat jalur kabel dan tata letak komponen, metode pemasangan kabel diusahakan sesuai dengan keperluan alat yang akan digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui kinerja dari sistem ATS sesuai dengan desain yang dibuat. Pada awalnya ATS menggunakan pemakaian catu daya inverter sebagai tegangan prioritas, ketika tegangan akumulatornya kurang dari 10 Volt maka solar charger controller akan mematikan Inverter dan penggunaannya beralih ke PLN secara otomatis. Selanjutnya akumulator akan di charger kembali sampai tegangan maksimal yang diatur SCC. Setelah akumulator terisi penuh, ATS akan secara otomatis berpindah dari tegangan PLN kepenggunaan inverter kembali. Dalam pengujian ATS, peralatan yang digunakan yaitu Multitester Digital, bagian yang akan diukur yaitu tegangan pada output 220 volt dari Inverter dan PLN.

Hasil dari pengujian dan pengukuran yang telah dilakukan pada panel ATS, memperoleh data dari hasil pengukuran tersebut. Hasil pengukuran ini ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Penggunaan baterai pada penelitian

No	Beban (W)	Waktu Penggunaan Baterai (12,9 V- 10 V) menit
1	5	23
2	15	19
3	20	17
4	30	12

Sedangkan pada penggunaan beban dengan pengaruh sistem ATS dengan sumber PLN dapat ditunjukkan pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Perbandingan arus inverter dengan PLN

No	Beban (W)	Arus pada Inverter (A)	Arus pada PLN (A)
1	5	0,01	0,01
2	15	0,05	0,07
3	20	0,09	0,13
4	30	0,13	0,20

KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi, pengukuran dan pengujian, maka dapat disimpulkan bahwa hasil perancangan unit panel automatic transfer switch (ATS) berfungsi dengan baik dan sesuai perencanaan. Kinerja pada ATS adalah saat baterai terisi penuh catu daya yang digunakan berasal dari inverter, jika penggunaan baterai melemah dibawah 10 Volt maka secara otomatis ATS akan beralih ke catu daya PLN dan inverter dalam keadaan mati, ketika baterai terisi penuh maka ATS akan Kembali ke penggunaan catu daya dari inverter.

DAFTAR PUSTAKA

- Baharuddin Arif Aswar, M., Mahmuddin, F., Darma Lestari, A., Poros Malino km, J., Gowa, K., & Selatan, S. (2021). Perancangan Automatic Transfer Switch (ATS) Pembangkit Listrik Hibrid Panel Surya dan Generator untuk Bagan Apung. *Jurnal Penelitian Enjiniring (JPE)*, 25(2), 141–148. <https://doi.org/10.25042/jpe.112021.09>
- Dwisari, V., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2023). Pemanfaatan Energi Matahari: Masa Depan Energi Terbarukan. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 376–384. <https://doi.org/10.37478/optika.v7i2.3322>
- Hutajulu, A. G., RT Siregar, M., & Pambudi, M. P. (2020). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTs) on Grid Di Ecopark Ancol. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 22(1), 23. <https://doi.org/10.24912/tesla.v22i1.7333>
- Jeremy, D., Utama, V., Army, P. F., & Sartika, E. M. (2021). Perancangan Integrated Transfer Switch (ISTS) bagi Pengguna Panel Surya. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 5(1), 39–48. <https://doi.org/10.26760/jrh.v5i1.39-48>
- Nurfauziah, A., Nurhaji, S., & Abdillah, H. (2022). Penggunaan rangkaian forward-reverse sebagai pengontrol motor 3 fasa. *Vocational Education National Seminar (VENS)*, 1(1), 26–29.
- Raharja, L. P. S., Eviningsih, R. P., Ferdiansyah, I., & Yanaratri, D. S. (2021). Penggunaan Daya Panel Surya Dengan MPPT Bisection Pada Proses Charging Baterai. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 9(1), 24–33. <https://doi.org/10.32487/jtt.v9i1.957>
- Sunarto, S., Santosa, Y., & Supriyanto, S. (2022). Analisis Perbandingan Sistem Proteksi Tegangan Sentuh Tidak Langsung Menggunakan ELCB dan MCB. *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, 7(1), 83. <https://doi.org/10.31544/jtera.v7.i1.2022.83-90>
- Tri Cahyo Wicakono, M., & Abdi Bangsa, I. (2022). Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTs) Photovoltaic Rooftop Pada Gedung Gardu Induk Kantor Pusat Pt Pembangkit Jawa Bali. *Aisyah Journal Of Informatics and Electrical Engineering (A.J.I.E.E)*, 4(2), 107–115. <https://doi.org/10.30604/jti.v4i2.122>
- Triyanto, A. (2023). *PROTEKSI SISTEM TENAGA*. UNPAM PRESS.
- Triyanto, A., Dewi, L., & Salsabila, S. (2023). *Desain dan Rancang Bangun Panel Surya 100 WP Terhadap Pengaruh Radiasi dan Beban Motor DC*. 5(1), 21–26.
- Triyanto, A., Studi, P., Elektro, T., Teknik, F., & Pamulang, U. (2024). *IMPLEMENTASI PEMBUATAN SISTEM ATS (AUTOMATIC TRANSFER SWITCH) PLN KE INVERTER DI MAJELIS DZIKIR JL . 5*.
- Wahidin, N. F., Yadie, E., & Putra, M. A. (2022). Analisis Perbandingan Solar Charging Controller (SCC) Jenis PWM Dan MPPT Pada Automatic Handwasher with Workstation Bertenaga Surya Politeknik Negeri Samarinda. *PoliGrid*, 3(1), 12. <https://doi.org/10.46964/poligrid.v3i1.1490>
- Yuwono, S., Diharto, D., & Pratama, N. W. (2021). Manfaat Pengadaan Panel Surya dengan Menggunakan Metode On Grid. *Energi & Kelistrikan*, 13(2), 161–171. <https://doi.org/10.33322/energi.v13i2.1537>

Rancang Bangun Trainer Konveyor Transfer Barang Menggunakan PLC

Rahmad Setia Budi¹, Fendi Soleh Wibowo¹, Suryo Anggoro¹, Heri Kusnadi²

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Pamulang

¹Jl. Raya Puspatek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia

²Teknik Elektro Kampus Kota Serang, Fakultas Teknik Universitas Pamulang

²Jl. Raya Jakarta Km 5 No.6, Kalodran, Kec. Walantaka, Kota Serang, Banten 42183, Indonesia

¹Setiabuddyy@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 13 Agustus 2024
revisi : 14 Oktober 2024
diterima : 11 November
2024
dipublish : 30 November
2024

ABSTRAK

Trainer merupakan alat peraga yang digunakan sebagai media pembelajaran atau sarana praktikum untuk melatih keterampilan siswa maupun mahasiswa dalam memahami prinsip kerja suatu sistem. Penelitian ini mengembangkan Trainer Sistem Kendali Konveyor Berdasarkan Tinggi Barang menggunakan PLC (Programmable Logic Controller) OMRON CP1E-N30 sebagai pengendali utama. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi tinggi barang dan mengatur pergerakan konveyor secara otomatis berdasarkan hasil deteksi. Komponen utama yang digunakan dalam perangkat keras meliputi prosesor, memori, catu daya, dan modul Digital Input/Output pada PLC, yang berinteraksi secara fungsional untuk mengontrol perangkat eksternal. Perangkat lunak dikembangkan menggunakan CX-Programmer untuk membuat diagram tangga (ladder diagram) sebagai logika kendali sistem. Selain PLC, sistem ini juga didukung oleh sensor sebagai pendeteksi tinggi barang, motor sebagai penggerak konveyor, inverter untuk pengaturan kecepatan motor, tombol push button sebagai pengendali operasi, serta lampu indikator sebagai penanda status sistem. Trainer ini diharapkan dapat menjadi sarana edukatif yang efektif dalam memahami konsep sistem kendali otomatis berbasis PLC.

Kata kunci : Trainer; PLC; Konveyor; Praktikum

ABSTRACT

A trainer is an instructional tool used as a learning medium or practicum device to enhance students' and university students' skills in understanding the working principles of a specific system. This study develops a Control System Conveyor Trainer Based on Object Height using an OMRON CP1E-N30 Programmable Logic Controller (PLC) as the main controller. The system is designed to detect object height and control conveyor movement automatically based on the detection results. The main hardware components include the processor, memory, power supply, and Digital Input/Output modules of the PLC, which interact functionally to control external devices. The software is developed using CX-Programmer to create the ladder diagram logic for the control system. In addition to the PLC, the system is supported by a

sensor to detect object height, a motor as the conveyor driver, an inverter for motor speed control, push buttons for manual operation control, and indicator lamps to display system status. This trainer is expected to serve as an effective educational tool for understanding the concept of automatic control systems using PLC.

Keywords : Trainer; PLC; Conveyor; Practicum

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di era modern mengalami kemajuan yang sangat pesat, ditandai dengan hadirnya berbagai inovasi baru maupun penyempurnaan dari teknologi sebelumnya (Putri et al., 2022). Salah satu bidang yang mengalami perkembangan signifikan adalah sistem kendali, yang kini tidak lagi terbatas pada rangkaian elektrik dan mekanis, melainkan telah terintegrasi dengan sistem kendali otomatis berbasis pemrograman. Sistem kontrol dalam industri memiliki peran penting dalam menunjang kelancaran operasional, peningkatan keamanan, efisiensi biaya produksi, serta menjaga kualitas dan produktivitas produk (Ajizah, 2021). Dalam dunia industri modern, penggunaan sistem kontrol otomatis yang melibatkan sensor dan pengontrol menjadi kunci utama dalam proses produksi yang presisi dan konsisten (Suryono & Supriyati, 2021).

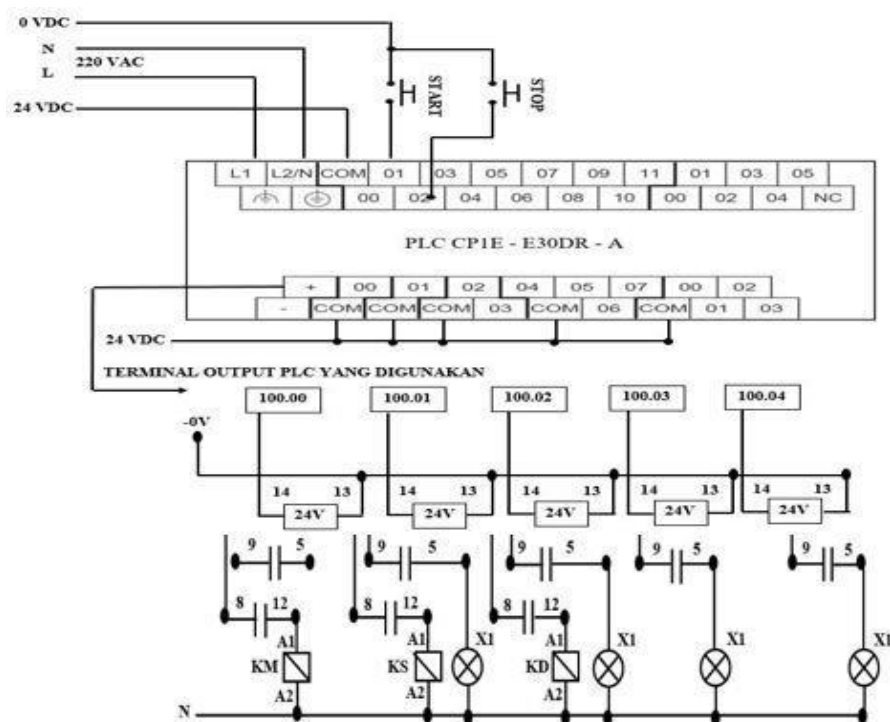
Berbagai jenis sensor telah banyak digunakan untuk mengotomatisasi aktivitas produksi, seperti pergerakan maju-mundur, kiri-kanan, pemilahan, pengangkatan, hingga seleksi barang (Bernadeta Wuri Harini, 2021). Salah satu perangkat mekanis yang umum digunakan untuk mendukung kelancaran proses produksi adalah conveyor system. Sistem konveyor memiliki banyak keunggulan, di antaranya kemudahan dalam memperoleh bahan baku, minimnya risiko kerusakan akibat zat berbahaya, kemudahan dalam pemasangan kabel, keamanan terhadap korsleting, ketersediaan udara terkompresi, kemudahan dalam memindahkan barang, perawatan yang sederhana, dan pengoperasian yang praktis (Dhiya' Ushofa et al., 2022).

Meskipun sistem kendali otomatis telah banyak diterapkan dalam lingkungan industri, penerapannya belum sepenuhnya optimal dalam mendukung efektivitas produksi secara menyeluruh. Salah satu tantangan yang sering dihadapi adalah efisiensi waktu dan tenaga dalam proses pemindahan barang dari satu titik ke titik lainnya. Untuk mengatasi hal tersebut, penggunaan sistem konveyor menjadi solusi strategis karena mampu mempercepat distribusi barang produksi ke lokasi berikutnya secara otomatis, efisien, dan terukur. Dengan demikian, sistem konveyor tidak hanya mendukung efisiensi proses produksi, tetapi juga meningkatkan produktivitas industri secara keseluruhan (Nur et al., 2024).

TEORI

Dalam perancangan dan pengembangan sistem kendali otomatis berbasis konveyor, diperlukan pemahaman yang mendalam mengenai berbagai konsep dasar yang berkaitan dengan teknologi kendali industri. Kajian teori ini membahas konsep-konsep fundamental yang menjadi dasar pengembangan alat, meliputi sistem kendali otomatis, perangkat PLC, sensor industri, sistem konveyor, inverter dan motor penggerak, serta perangkat input-output seperti push button dan indikator lampu. Pemahaman terhadap teori-teori tersebut sangat penting untuk memastikan sistem yang dirancang dapat berfungsi secara optimal dan sesuai dengan kebutuhan industri.

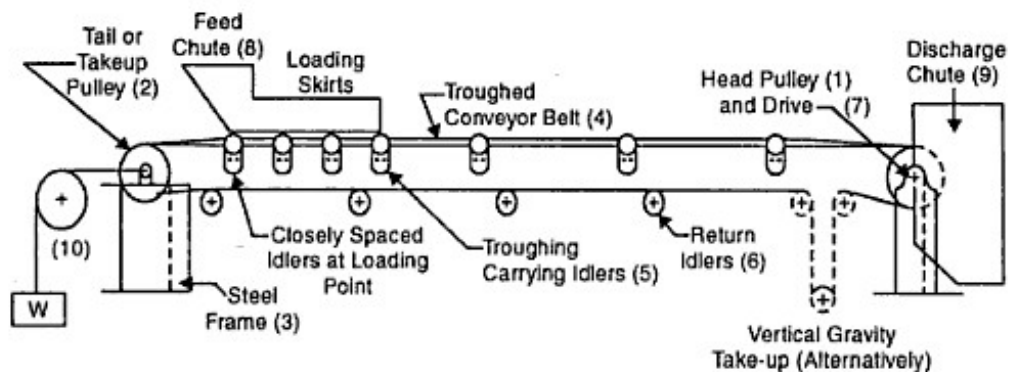
Sistem kendali merupakan struktur yang dirancang untuk mengatur jalannya suatu proses atau sistem secara otomatis. Dalam dunia industri, sistem kendali memiliki peranan vital dalam menjaga kestabilan proses produksi, meningkatkan efisiensi, serta menjamin keselamatan dan kualitas produk. Sistem kendali diklasifikasikan menjadi dua jenis utama, yaitu sistem kendali terbuka (open-loop) dan sistem kendali tertutup (*closed-loop*), yang masing-masing memiliki kelebihan dan kelemahan tergantung pada aplikasinya. Sistem kendali terbagi menjadi dua kategori utama, yaitu sistem kendali terbuka (open-loop) dan sistem kendali tertutup (*closed-loop*). Pada sistem terbuka, output tidak mempengaruhi input, sedangkan pada sistem tertutup, terdapat umpan balik (*feedback*) dari output yang kembali ke sistem untuk penyesuaian lebih lanjut (Rajagukguk et al., 2021).



mengontrol mesin atau proses industri dengan cara membaca input dari sensor dan menghasilkan output ke aktuator berdasarkan logika program yang ditulis dalam bentuk diagram tangga (ladder diagram). Salah satu tipe PLC yang banyak digunakan dalam dunia pendidikan dan industri adalah OMRON CP1E, yang mendukung berbagai konfigurasi input-output dan memiliki antarmuka pemrograman yang fleksibel melalui perangkat lunak seperti CX-Programme (Hartawan & Galina, 2022).

Sensor merupakan komponen penting dalam sistem kendali otomatis, berfungsi untuk mengubah besaran fisik menjadi sinyal listrik yang dapat diproses oleh PLC. Dalam sistem konveyor, sensor tinggi digunakan untuk mendeteksi dimensi objek, sehingga sistem dapat menentukan tindakan selanjutnya seperti mengarahkan, menyortir, atau menghentikan objek. Jenis penggunaan sensor yang umum digunakan meliputi sensor ultrasonik, sensor fotoelektrik, dan sensor kapasitif, tergantung pada karakteristik objek yang akan dideteksi (Gunoto et al., 2022).

Sistem konveyor dalam dunia industri adalah sistem mekanik yang berfungsi untuk mengangkut barang atau material dari satu tempat ke tempat lain dalam jalur produksi. Penggunaan sistem konveyor dapat meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi tenaga kerja manual, dan mempercepat proses distribusi produk. Dalam implementasinya, konveyor dikendalikan oleh sistem otomatis yang terintegrasi dengan PLC dan sensor, sehingga proses pemindahan dapat dilakukan secara otomatis dan real-time (Dhiya' Ushofa et al., 2022).



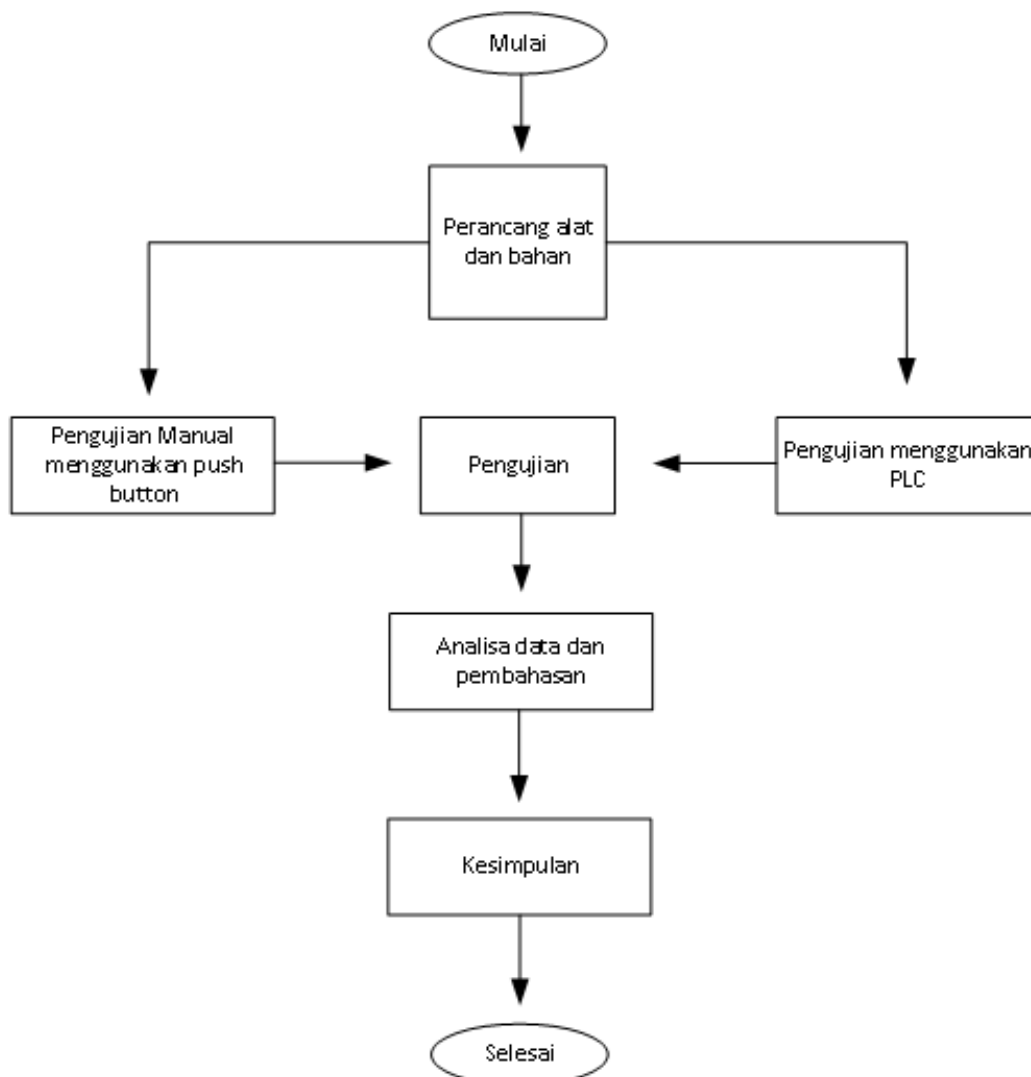
Gambar 2. Komponen utama pada konveyor

Inverter dan Motor Listrik digunakan sebagai sumber penggerak utama dalam sistem konveyor. Untuk mengontrol kecepatan motor secara presisi, digunakan inverter atau Variable Frequency Drive (VFD). Inverter berfungsi mengatur frekuensi dan tegangan listrik yang diberikan ke motor, sehingga kecepatan motor dapat disesuaikan dengan kebutuhan proses. Penggunaan inverter tidak hanya meningkatkan efisiensi energi, tetapi juga memperpanjang usia motor karena mengurangi beban start dan hentakan torsi (Tresna Umar Syamsuri et al., 2021).

Push Button dan Lampu Indikator merupakan sebuah perangkat input manual yang digunakan oleh operator untuk mengendalikan fungsi tertentu pada sistem, seperti start, stop, reset, atau pemilihan mode operasi. Sementara itu, lampu indikator digunakan sebagai perangkat output visual untuk menampilkan status sistem, seperti kondisi aktif, mode fault, atau status operasional lainnya. Kombinasi keduanya sangat penting dalam memberikan kendali dan informasi langsung kepada pengguna mengenai keadaan sistem (Triyanto, 2023).

METODOLOGI

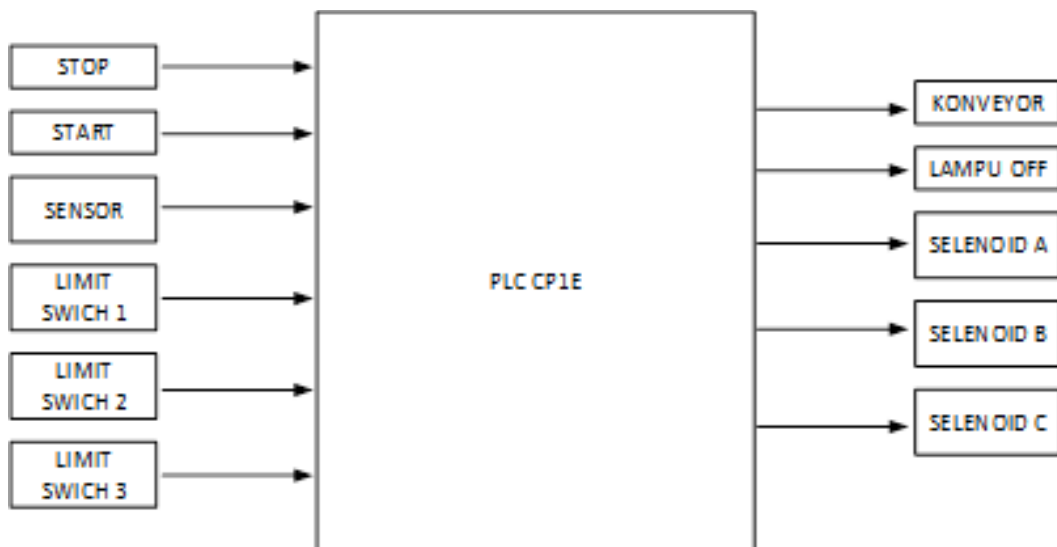
Metodologi yang dilaksanakan penelitian ini meliputi beberapa langkah dengan tujuan untuk mempermudah dalam alur penelitian. Gambar 3 berikut menunjukkan tahapan penelitian.



Gambar 3. Tahapan penelitian

Perancangan sistem dalam penelitian ini mencakup dua bagian utama, yaitu perancangan perangkat keras (hardware) dan perancangan perangkat lunak (software). Kedua aspek ini saling melengkapi untuk menghasilkan sistem kendali konveyor otomatis berbasis PLC yang berfungsi dengan baik. Pada tahap perancangan perangkat keras, dilakukan penyusunan skema rangkaian (wiring diagram) untuk setiap komponen sistem. Setiap komponen seperti sensor, motor, inverter, push button, indikator lampu, dan PLC dirancang agar terintegrasi secara fungsional melalui jalur pengkabelan yang tepat. Penyusunan wiring diagram ini bertujuan untuk memastikan aliran sinyal dan daya berjalan sesuai dengan logika kontrol yang telah dirancang dalam perangkat lunak.

Langkah awal dalam perancangan sistem adalah menyusun diagram blok. Diagram blok merupakan representasi umum dari struktur sistem secara keseluruhan dan menjadi acuan dalam pengembangan lebih lanjut. Diagram ini menunjukkan hubungan antar komponen utama dan alur kerja sistem secara makro, seperti input dari sensor, pengolahan data oleh PLC, dan output ke aktuator seperti motor dan lampu indikator. Dengan menggunakan diagram blok, perancang dapat memahami dan memvisualisasikan cara kerja sistem secara menyeluruh sebelum memasuki tahap implementasi teknis. Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan membuat listing program menggunakan perangkat lunak CX-Programmer yang kompatibel dengan PLC OMRON CP1E. Program dikembangkan dalam bentuk ladder diagram yang berisi logika kendali untuk mendeteksi tinggi barang, mengatur kecepatan motor, serta mengatur kondisi lampu indikator dan operasi konveyor secara otomatis. Proses ini membutuhkan ketelitian dalam menetapkan logika kontrol yang sesuai dengan fungsi masing-masing komponen. Gambar 4 berikut menunjukkan blok diagram penelitian.



Gambar 4. Blok diagram rancangan penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran inverter tegangan dan RPM 3 phasa dengan kecepatan 50hz terlihat pada gambar 5.



Gambar 5. Hasil ukur Tegangan dan RPM pada trainer

Tabel 1 berikut merupakan hasil ukur tegangan pada inverter dengan waktu 15 menit.

Tabel 1. Hasil ukur tegangan pada inverter

Ac Input (Volt)	Tegangan Inverter (Volt)		Waktu (Menit)
	1 Phase	3 Phase	
231,3	219	325,4	15
231,4	219	325,6	
231,6	219	325,7	

Tabel 1 di atas menunjukkan hasil pengukuran tegangan input AC dan tegangan keluaran inverter dalam sistem kendali konveyor yang digunakan. Data dicatat dalam satuan volt (V) untuk input dan output, serta waktu dalam satuan menit. Pengukuran dilakukan pada sistem dengan sumber daya 1 phase (231,3–231,6 V) yang dihubungkan ke inverter, yang kemudian menghasilkan tegangan output 3 phase (325,4–325,7 V). Tegangan input pada sisi 1 phase relatif stabil, berada di kisaran 231,3 V hingga 231,6 V, yang merupakan tegangan standar PLN untuk sistem rumah tangga atau beban ringan. Inverter kemudian mengonversi tegangan tersebut menjadi tegangan 3 phase dengan keluaran yang juga stabil di kisaran 325,4 V hingga 325,7 V, menunjukkan bahwa inverter berfungsi dengan baik dalam menghasilkan tegangan 3 phase yang diperlukan untuk mengoperasikan motor induksi pada sistem konveyor.

Selain itu, pengamatan awal dilakukan pada menit ke-15, menandakan bahwa sistem telah beroperasi untuk jangka waktu tertentu sebelum data diambil, guna memastikan

kestabilan tegangan. Dengan stabilnya tegangan input dan output, dapat disimpulkan bahwa sistem mampu mengalirkan energi listrik secara efisien dari sumber ke beban (motor) melalui konversi inverter. Hal ini mendukung operasi konveyor dalam kondisi yang optimal tanpa adanya fluktuasi tegangan yang signifikan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa pada pengujian sistem menggunakan motor tiga fasa dengan frekuensi operasi 50 Hz, diperoleh data pengukuran sebagai berikut: tegangan input 1 fasa sebesar 231,3 V, tegangan keluaran inverter 1 fasa sebesar 219 V, dan tegangan 3 fasa sebesar 325,4 V. Arus yang tercatat pada sistem sebesar 0,2 A, sedangkan hasil pengukuran aktual menunjukkan nilai arus sebesar 0,193 A. Sementara itu, kecepatan putaran motor tercatat sebesar 1500 rpm secara teoritis, dan hasil aktual pengukuran menunjukkan kecepatan sebesar 1497 rpm. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem inverter mampu mengonversi dan mendistribusikan daya dengan tingkat akurasi yang tinggi. Selisih kecepatan motor hanya sekitar 0,2%, yang menunjukkan bahwa sistem berjalan secara stabil dan efisien tanpa mengalami penurunan performa yang signifikan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Berkat rahmat Allah SWT trainer ini bisa dapat di selesaikan dan mengucapkan terimakasih kepada teknik elektro universitas pamulang dan buat rekan-rekan di universitas pamulang yang telah membantu dan memberikan saran sehingga pembuatan trainer ini dapat di selesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajizah, I. (2021). Urgensi Teknologi Pendidikan : Analisis Kelebihan Dan Kekurangan Teknologi Pendidikan Di Era Revolusi Industri 4.0. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 4(1), 25–36.
- Bernadeta Wuri Harini. (2021). Pengaruh Parameter Motor pada Sistem Kendali tanpa Sensor Putaran. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi*, 10(3), 236–242. <https://doi.org/10.22146/jnteti.v10i3.1848>
- Dhiya' Ushofa, B., Anifah, L., Buditjahjanto, G., & Endryansyah. (2022). Sistem Kendali Kecepatan Putaran Motor DC pada Conveyor dengan Metode Kontrol PID. *Jurnal Teknik Elektro*, 11(Universitas Negeri Surabaya), 332–342.
- Gunoto, P., Rahmadi, A., & Susanti, E. (2022). Perancangan Alat Sistem Monitoring Daya Panel Surya Berbasis Internet of Things. *Sigma Teknika*, 5(2), 285–294. <https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v5i2.4555>
- Hartawan, F. Y., & Galina, M. (2022). Implementasi Programmable Logic Control (Plc) Omron Cp1E Pada Sistem Kendali Motor Induksi Star-Delta Untuk Kebutuhan Industri. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 8(2), 98. <https://doi.org/10.31884/jtt.v8i2.409>
- Nur, H., Hidayat, S., Hermawan, A. C., & Wardani, A. L. (2024). *Implementasi Kendali Dan Monitoring Sistem Proteksi Arus Listrik Pada Extension Kabel Berbasis Node-Red Sebagai Upaya Pencegahan Kebakaran*. 2.

- Putri, H., Rini, F., & Pratama, A. (2022). Salah satu teknologi yang berkembang adalah teknologi informasi, dapat dilihat dari banyaknya. *Jurnal Pustaka Data (Pusat Akses Kajian Database, Analisa Teknologi, Dan Arsitektur Komputer)*, 2(1), 5–10.
- Rajagukguk, A., Simamora, J. F., & Ervianto, E. (2021). Rancang Bangun Pengendali Sistem Pompa Otomatis Pada Penyiraman Tanaman Berbasis Sensor Kelembaban dengan Kendali Arduino. *PROtek: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 8(2), 76. <https://doi.org/10.33387/protk.v8i2.3122>
- Suryono, & Supriyati. (2021). Rancang Bangun Sensor Gesture Sebagai Pengganti Saklar Pengontrol Lampu Tanpa Sentuhan. *Orbith*, 17(1), 12–22.
- Tresna Umar Syamsuri, Harrij Mukti K., & Duanaputri, R. (2021). Analisis Penggunaan Variable Speed Drive (VSD) pada Motor Kompresor. *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 8(3), 72–75. <https://doi.org/10.33795/elposys.v8i3.82>
- Triyanto, A. (2023). *PROTEKSI SISTEM TENAGA*. UNPAM PRESS.

Trainer Sistem Monitoring dan Kontrol Intermedit

Guntur Suhardi¹, Rudi Ruhidin¹, Sri Maryono¹, Oky Supriadi¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Pamulang

¹Jl. Raya Puspitek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia

¹rmi.guntur@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 15 Agustus 2024
revisi : 15 Oktober 2024
diterima : 13 November
2024
dipublish : 30 November
2024

ABSTRAK

Trainer merupakan alat peraga yang digunakan sebagai media pembelajaran maupun sarana praktikum untuk melatih keterampilan siswa dan mahasiswa dalam memahami prinsip kerja suatu sistem. Penelitian ini mengembangkan Trainer Sistem Monitoring dan Kontrol Intermediate berbasis Programmable Logic Controller (PLC) menggunakan tipe OMRON CP1E-N30. Sistem ini dirancang untuk memantau dan mengontrol proses pengisian air pada tandon (toren) secara otomatis. Perangkat keras PLC terdiri dari empat komponen utama, yaitu prosesor, memori, catu daya, dan modul Digital Input/Output, yang bekerja secara terintegrasi. Prosesor berfungsi menjalankan perintah berdasarkan input dari sensor dan push button, serta mengaktifkan perangkat output seperti pompa dan indikator lampu melalui diagram tangga (ladder diagram) yang telah diprogram menggunakan perangkat lunak CX-Programmer. Sistem ini dilengkapi dengan sensor ketinggian air untuk mendeteksi volume dalam toren, pompa untuk mengisi air, inverter sebagai pengendali kecepatan motor pompa (jika digunakan), push button sebagai input manual dari pengguna, dan lampu indikator sebagai penanda status operasi. Hasil dari pengembangan trainer ini diharapkan mampu memberikan pemahaman praktis kepada pengguna dalam hal monitoring dan pengendalian sistem berbasis PLC, serta memperkuat kompetensi dalam bidang otomasi industri.

Kata kunci : Trainer; Pompa; Inverter; PLC

ABSTRACT

A trainer is an instructional tool used as a learning medium and practical aid to enhance students' and university students' skills in understanding the working principles of a system. This study develops an Intermediate Monitoring and Control System Trainer based on a Programmable Logic Controller (PLC) using the OMRON CP1E-N30 model. The system is designed to automatically monitor and control the water filling process in a storage tank (toren). The PLC hardware consists of four main components: a processor, memory, a power supply, and digital input/output modules, all of which operate in an integrated manner. The processor executes control commands based on input signals from sensors and push buttons, then activates output devices such

as pumps and indicator lights through a ladder diagram programmed using CX-Programmer software. The system includes a water level sensor to detect the volume inside the tank, a pump to fill the tank, an inverter to control the pump motor speed (if used), push buttons for manual control input, and indicator lamps to show the operational status. This trainer is expected to provide practical insights for users in monitoring and controlling systems based on PLC technology, and to strengthen competencies in the field of industrial automation

Keywords : Trainer; Pump; Inverter; PLC

PENDAHULUAN

Dalam proses pengisian air pada gedung bertingkat, metode manual kerap kali memerlukan waktu yang lama dan kurang efisien, terutama dalam hal pengawasan dan pengendalian distribusi air. Seiring dengan perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan di bidang otomasi industri, sistem kendali berbasis relay mekanik mulai ditinggalkan dan digantikan oleh teknologi smart relay atau Programmable Logic Controller (PLC) (Hartawan & Galina, 2022). Perubahan ini menuntut adanya peningkatan kompetensi dan keterampilan dalam bidang sistem kontrol dan otomasi, khususnya di lingkungan pendidikan vokasi dan teknik. Oleh karena itu, institusi pendidikan di bidang keteknikan perlu melakukan pembaruan sarana pembelajaran praktikum melalui pengembangan trainer yang mengadopsi teknologi terkini (Sunardi et al., 2020).

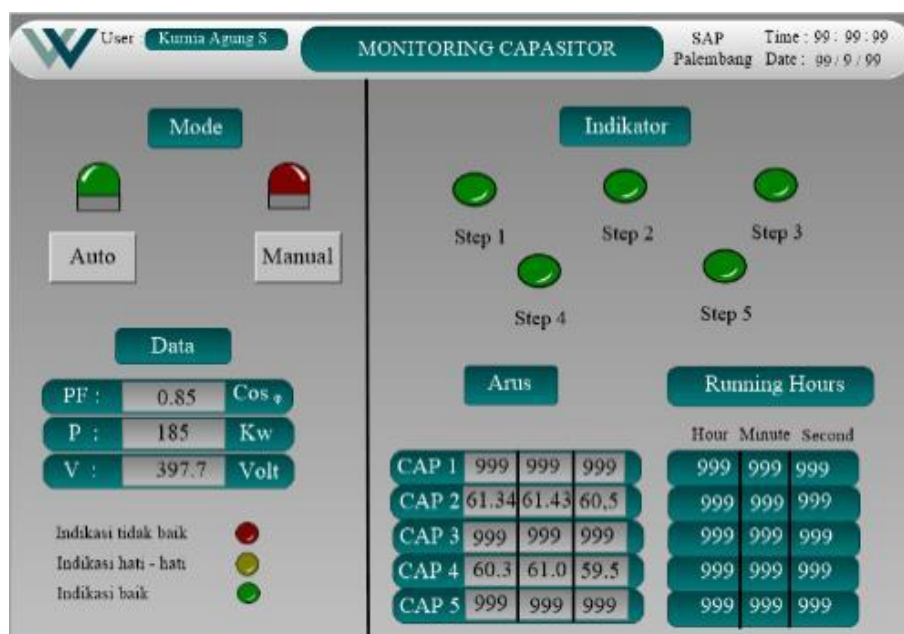
Trainer berbasis PLC menjadi salah satu solusi pembelajaran yang efektif karena mampu mensimulasikan sistem kontrol yang banyak digunakan di dunia industri. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah trainer sistem monitoring dan kontrol intermediate berbasis PLC OMRON CP1E yang telah dilengkapi dengan fitur Internet of Things (IoT), sehingga memungkinkan sistem untuk dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh. Hal ini bertujuan tidak hanya untuk meningkatkan efisiensi dalam proses pembelajaran, tetapi juga untuk menyiapkan peserta didik agar memiliki kompetensi yang relevan dengan kebutuhan industri 4.0 (Pemrograman & Atmi, 2021)(Triyanto, Firasanto, et al., 2022).

Sebagai acuan, penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Andrik Kurniawan dan rekan-rekannya pada tahun 2019 mengembangkan trainer berbasis PLC dan sistem pneumatik sebagai media pembelajaran bagi siswa SMK jurusan elektro. Penelitian tersebut menggunakan pendekatan pengembangan ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation), dan hasilnya menunjukkan bahwa trainer yang dikembangkan sangat layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran. Penelitian ini menjadi inspirasi dalam merancang trainer yang tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu praktik dasar PLC, tetapi juga terintegrasi dengan sistem monitoring dan kontrol berbasis IoT, sehingga lebih aplikatif dan sesuai dengan perkembangan teknologi di dunia industri saat ini (Wahid, 2023).

TEORI

Seiring dengan berkembangnya teknologi industri, kebutuhan akan sistem monitoring dan kontrol otomatis menjadi semakin penting, terutama dalam sistem-sistem yang berkaitan dengan distribusi, pengisian, dan pengendalian proses berbasis sensor dan aktuator. Untuk menjawab tantangan tersebut, lembaga pendidikan teknik perlu menyediakan media pembelajaran berupa trainer yang dapat merepresentasikan kondisi nyata di lapangan. Salah satu trainer yang dikembangkan adalah Trainer Sistem Monitoring dan Kontrol Intermediate, yang dirancang untuk membantu peserta didik memahami cara kerja sistem kontrol otomatis berbasis Programmable Logic Controller (PLC) serta penerapan sensor, aktuator, dan perangkat komunikasi industri. Trainer ini dirancang dengan pendekatan modular, yang memungkinkan integrasi antara berbagai komponen seperti HMI, PLC, inverter, sensor, push button, lampu indikator, dan komponen pengendali lainnya. Dalam penggunaannya, peserta didik dapat melakukan simulasi kontrol pompa, deteksi level air, pengaturan waktu, hingga komunikasi data jarak jauh. Trainer ini juga dilengkapi dengan antarmuka pemrograman dan komponen tambahan seperti terminal AC/DC dan port komunikasi serial, yang memberikan fleksibilitas dalam eksperimen dan pengembangan sistem berbasis industri 4.0.

HMI (*Human Machine Interface*) adalah antarmuka grafis yang memungkinkan pengguna berinteraksi langsung dengan sistem kontrol secara visual. Dalam trainer ini, HMI digunakan untuk menampilkan status sistem, mengatur parameter, dan memberikan perintah secara real-time. Keberadaan HMI mempermudah proses monitoring dan pengendalian sistem tanpa harus mengakses langsung perangkat keras atau PLC. Gambar 1 berikut menunjukkan tampilan penggunaan HMI untuk monitor kapasitor bank (Agung Syahputra & A Bukit, 2022).



Gambar 1. Tampilan HMI

PLC (*Programmable Logic Controller*) merupakan unit pengendali utama dalam sistem otomasi yang berfungsi memproses sinyal input dan menghasilkan output berdasarkan logika program. Dalam trainer ini, PLC OMRON CP1E digunakan untuk mengendalikan keseluruhan operasi monitoring dan kontrol, termasuk pengaturan pompa, sensor, dan aktuator lainnya. PLC terhubung ke berbagai modul input-output dan bekerja berdasarkan ladder diagram yang diprogram melalui perangkat lunak seperti CX-Programmer. Gambar 2 berikut merupakan tampilan PLC (Yudha & Riyanta, 2020).



Gambar 2. PLC CJ1m

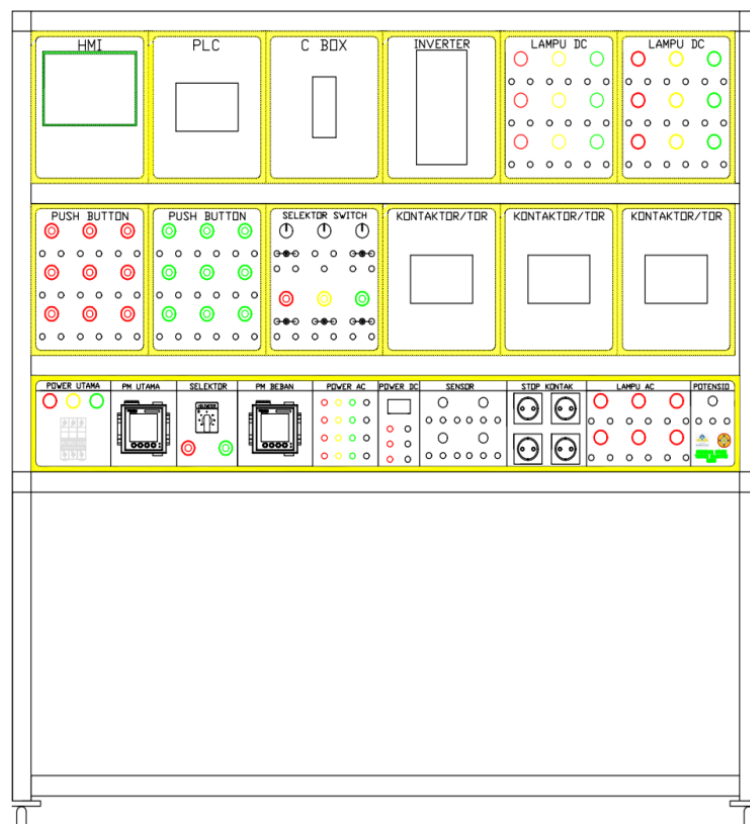
Control Box (C-BOX) berfungsi sebagai tempat terpusat bagi pengaturan rangkaian listrik dan perlindungan sistem seperti fuse atau MCB (*Miniature Circuit Breaker*). C-BOX menyediakan jalur distribusi daya ke komponen lain dan menjamin keamanan sistem dari gangguan arus lebih atau hubungan pendek (Muliadi et al., 2022)(Triyanto, Gunawan, et al., 2022).

Inverter (VFD-*Variable Frequency Drive*) digunakan untuk mengatur kecepatan motor listrik AC dengan mengubah frekuensi dan tegangan input yang masuk ke motor. Dalam trainer ini, inverter berperan penting untuk mengendalikan kecepatan pompa saat proses pengisian air, sehingga dapat disesuaikan secara dinamis berdasarkan kebutuhan sistem (Nahin et al., 2022).

Kontaktor dan Timer (TDR – *Time Delay Relay*) berfungsi sebagai sakelar elektromagnetik untuk menghubungkan atau memutuskan aliran daya ke beban seperti pompa. Sedangkan timer digunakan untuk mengatur waktu tunda dalam aktivasi suatu perangkat. Kombinasi kontaktor dan timer ini sangat penting dalam sistem kontrol sekuensial, seperti pengisian air bertingkat atau siklus otomatis (Rahmatullah et al., 2021).

METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini terdiri dari tiga tahapan utama. Pertama, metode pustaka, yaitu dengan mengumpulkan dan mempelajari berbagai referensi dari buku-buku ilmiah, jurnal, serta sumber-sumber literatur lainnya yang berkaitan dengan topik sistem monitoring dan kontrol berbasis PLC. Metode ini bertujuan untuk memperoleh landasan teori yang kuat dalam perancangan dan pengembangan alat. Kedua, metode analisis, yang dilakukan dengan cara menganalisis rancangan sistem yang telah dibangun, baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunaknya, untuk memastikan bahwa sistem bekerja sesuai dengan logika yang dirancang. Ketiga, metode eksperimen, yaitu dengan melakukan proses perakitan alat secara langsung, dilanjutkan dengan pengujian fungsionalitas sistem serta analisis hasil pengujian untuk mengevaluasi kinerja dan efektivitas alat yang telah dibuat. Gambar 3 berikut merupakan tampilan desain trainer dalam penelitian.

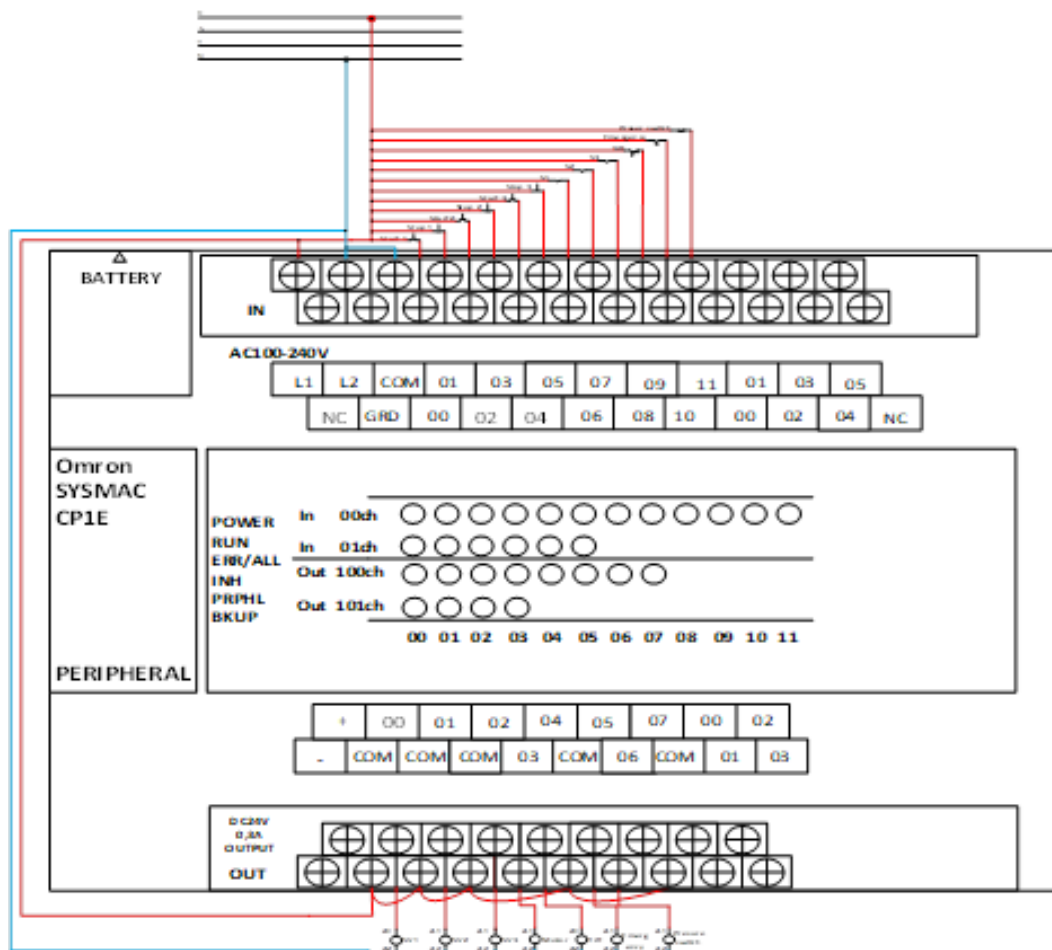


Gambar 3. Tampilan desain trainer PLC

Alamat digital input dan digital output pada sistem monitoring dan kontrol intermedit sensor 1 sampai 3 untuk mendeteksi volume air dalam toren. Selenoid valve 1 sampai 3 untuk mendeteksi dari sensor untuk menjalankan pompa agar dapat menyala. Pressure switch untuk mematikan pompa ketika mendeteksi nilai tekanan yang sudah di setting pada pompa. Trip sebagai pengaman kedua dari pressure switch agar memutus arus lebih ketika

pressure switch terjadi kerusakan. Emergency sebagai pemutus arus semua peralatan ketika ingin ada perbaikan atau terjadi kerusakan.

Diagram Kontrol PLC atau rangkaian wiring kontrol PLC L1 sebagai sumer tegangan 220 V AC dan 24 V DC. Digital input dan Digital output untuk kontrol sistem. Gambar 4 merupakan tampilan dari wiring penggunaan PLC.



Gambar 4. Tampilan wiring PLC CP1E

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan menguji program PLC yang sudah dibuat dan mengkoneksikan sistem kontrol PLC dengan motor 3 fasa sinkron dan motor 3 fasa asinkron. Pengaturan frekuensi yang dilakukan pada Variable Frequency Drive (VFD) yaitu dengan menggunakan kecepatan tinggi (frekuensi 50 Hz). Pengukuran dilakukan dengan sebanyak 3 kali dalam selang waktu 15 menit. Hasil pengujian pada motor sinkron 3 fasa dengan kondisi kecepatan rendah (frekuensi 50 Hz) dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil data kecepatan pada proses pengujian penelitian

No	Waktu (menit)	RPM		Selisih (%)
		Inverter	Aktual	
1	5	450	448.1	0.42
2	10	451	451.2	-0.04
3	15	452	448.2	0.84
4	20	450	445.9	0.91
5	25	450	446.5	0.78
6	30	450	446.5	0.78
7	35	451	446.7	0.95
8	40	450	446.4	0.80
9	45	450	446.3	0.82

Perhitungan Ampere Frekuensi 50 Hz

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi$$

= 187 → karena dari $750 / 4 = 187$ motornya menggunakan 4 pole

$$I = P / \sqrt{3} \times V \times \cos\phi$$

$$= 187 / 1,73 \times 327,6 \times 0.8$$

$$= 0.41 \text{ Ampere}$$

Perhitungan Tegangan Frekuensi 50 Hz

$$V = I \times R$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = 327,6 / 0.41 \rightarrow 799,02 \text{ Ohm}$$

$$V = 0,41 \times 799,02 \rightarrow 327,59$$

Perhitungan RPM Frekuensi 50 Hz

$$\eta = F \times \frac{120}{p}$$

$$n = 50 \times 120 / 4 \rightarrow 1500 \text{ RPM}$$

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa trainer PLC berbasis PLC Omron CP1E berhasil dikembangkan dan dapat digunakan sebagai media praktik pembelajaran sistem kendali otomatis di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Pamulang. Trainer ini efektif digunakan untuk

praktik monitoring dan kontrol intermediate, khususnya dalam simulasi pengisian tandon air secara otomatis. Selain itu, PLC Omron CP1E-A30 yang digunakan telah dilengkapi dengan port komunikasi serial RS232C, sehingga memungkinkan untuk dikembangkan lebih lanjut dalam sistem terintegrasi dengan HMI untuk pemantauan jarak jauh.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung Syahputra, K., & A Bukit, F. R. (2022). Perancangan Hmi (Human Machine Interface) Sebagai Pengontrol Dan Pendeteksi Dini Kerusakan Kapasitor Bank Berbasis Plc. *Journal of Energy and Electrical Engineering (Jeee)*, 101(2), 1–9.
- Hartawan, F. Y., & Galina, M. (2022). Implementasi Programmable Logic Control (Plc) Omron Cp1E Pada Sistem Kendali Motor Induksi Star-Delta Untuk Kebutuhan Industri. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 8(2), 98. <https://doi.org/10.31884/jtt.v8i2.409>
- Muliadi, M., Syukri, S., & Asyadi, T. M. (2022). Pengaruh Tingkat Kelembaban Terhadap Kinerja Pemisah (PMS) 150 kV Pada Gardu Induk. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 4(1), 92–98. <https://doi.org/10.37905/jjee.v4i1.12201>
- Nahin, N. I., Nafis, M., Prokash Biswas, S., Kamal Hosain, M., Das, P., & Haq, S. (2022). Investigating the input power quality of multi-pulse AC-DC power converter fed induction motor drives. *Heliyon*, 8(12), e11733. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11733>
- Pemrograman, L., & Atmi, P. (2021). *RANCANG BANGUN ALAT PEMANTAU ENERGI LISTRIK BERBASIS INTERNET OF THINGS DI LABORATORIUM PEMROGRAMAN POLITEKNIK ATMI SURAKARTA*. 3(5).
- Rahmatullah, M. A., Pujiانتara, M., & Riawan, D. C. (2021). Studi Koordinasi Proteksi Internal Steam Turbine Generator 2x11 MW pada PT. Linde Gresik. *Jurnal Teknik ITS*, 10(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v10i2.65785>
- Sunardi, A., Triyanto, A., Dinata, S., Ardianto, N., Tahang, S., Ramdhani, F., & Ikhsan, D. (2020). Sanitizer Otomatis Mencegah Covid-19 Dan. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat – Aphelion*, 01(01), 85–95.
- Triyanto, A., Firasanto, G., Mualim, E., Agus, D., & Utomo, L. (2022). *Implementasi dan Sosialisasi Prototipe Panel Surya 30 WP sebagai Pembelajaran di Lab SMK Khazanah Kebajikan Pondok Cabe Pamulang , Tangerang Selatan*. 2(6), 1849–1856.
- Triyanto, A., Gunawan, W., Kusnadi, H., & Sunardi, A. (2022). *Praktikum Transformator* (A. Triyanto (ed.); Issue 1). UNPAM PRESS.
- Wahid, H. A. (2023). *Rancang Bangun Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Aglonema Berbasis IoT Menggunakan Blynk dan NodeMCU 32*. 3.
- Yudha, F. A. K., & Riyanta, B. (2020). Perancangan dan Simulasi Trainer Human Machine Interface (HMI) untuk media pembelajaran berbasis CX Designer PLC. *JMPM (Jurnal Material Dan Proses Manufaktur)*, 4(2), 136–145.