

ANALISIS POLA ARUS DAN TEGANGAN PENERANGAN JALAN UMUM TENAGA SURYA

Endah Setyaningsih¹, Kelvin², Hadian Satria Utama³

¹Jurusan Teknik Elektro, Universitas Tarumanagara Jakarta

Email: endahs@ft.untar.ac.id

²Jurusan Teknik Elektro, Universitas Tarumanagara Jakarta

Email: kelvin.525210001@stu.untar.ac.id

³Jurusan Teknik Elektro, Universitas Tarumanagara Jakarta

Email: hadians@ft.untar.ac.id

Masuk : 29-09-2024, revisi: 04-10-2024, diterima untuk diterbitkan : 04-10-2024

ABSTRAK

Penerangan Jalan Umum (PJU) merupakan fasilitas yang sangat penting untuk menjamin kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan pada malam hari. Sistem PJU dapat menggunakan sumber daya dari listrik PLN, energi matahari, atau kombinasi keduanya (sistem hybrid). PJU Tenaga Surya (PJUTS) sepenuhnya menggunakan energi matahari (off-grid) atau sebagian (hybrid) untuk memenuhi kebutuhannya. Namun, efisiensi panel surya sering kali menurun selama masa operasional akibat faktor-faktor seperti suhu ekstrem, beban mekanis, dan kondisi cuaca yang tidak mendukung. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pergerakan harian arus dan tegangan pada panel surya dalam sistem PJU Tenaga Surya (PJUTS) dengan menggunakan sensor INA219 untuk mengukur tegangan dan arus. Penelitian ini dilakukan selama sehari mulai pukul 05.20 WIB – 18.20 WIB. Panel surya dipasang pada atap rumah dan dipantau secara real-time melalui situs web yang mengumpulkan data dari sensor tersebut. Data yang diperoleh mencakup nilai tegangan dan arus pada interval waktu tertentu sepanjang hari. Sensor INA219 dipilih karena akurasi yang tinggi dalam memantau kedua parameter tersebut. Data yang dikumpulkan kemudian dianalisis secara statistik untuk mengidentifikasi pola fluktuasi harian, termasuk waktu puncak tegangan dan arus serta perubahan nilai keduanya seiring waktu. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tegangan panel surya lebih cepat mencapai puncaknya dibandingkan arus, sementara arus panel surya lebih cepat mengalami penurunan dibandingkan tegangan.

Kata Kunci: PJUTS; Arus; Tegangan; Panel Surya

ABSTRACT

Public Street Lighting (PJU) is a crucial facility to ensure the comfort and safety of road users at night. PJU systems can use power from PLN electricity, solar energy, or a combination of both (hybrid system). Solar-Powered Public Street Lighting (PJUTS) fully utilizes solar energy (off-grid) or partially (hybrid) to meet its energy needs. However, the efficiency of solar panels often decreases during operation due to factors such as extreme temperatures, mechanical loads, and unfavorable weather conditions. This study aims to analyze the daily fluctuations of current and voltage on the solar panels in the PJUTS system using the INA219 sensor to measure voltage and current. The study was conducted over one day, from 05:20 AM to 06:20 PM. The solar panel was installed on the roof of a house and monitored in real-time via a website that collects data from the sensor. The data obtained includes voltage and current values at specific time intervals throughout the day. The INA219 sensor was chosen due to its high accuracy in monitoring both parameters. The collected data was then analyzed statistically to identify daily fluctuation patterns, including the peak times of voltage and current and how these values change over time. The results of this study indicate that the voltage of the solar panel reaches its peak faster than the current, while the current decreases more rapidly than the voltage.

Keywords: Solar Street Light; Current; Voltage; Solar Panel

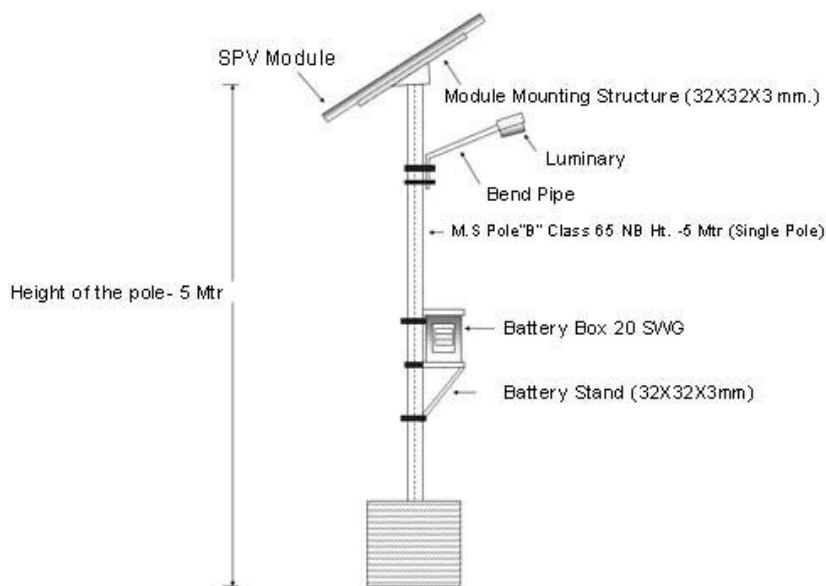
1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Penerangan Jalan Umum (PJU) adalah fasilitas yang berfungsi untuk menerangi jalan pada malam hari, memberikan kenyamanan bagi pengguna jalan (van Bommel, 2015). Sumber daya untuk PJU dapat berasal dari listrik PLN, energi matahari, atau kombinasi keduanya (sistem hybrid). PJU Tenaga Surya (PJU-TS) menggunakan energi matahari untuk memenuhi kebutuhannya, baik secara penuh (*off-grid*) maupun sebagian (*hybrid*) (Sutopo et al, 2020). Komponen PJU-TS meliputi panel surya (modul fotovoltaik), baterai untuk penyimpanan energi, elemen optik, elemen listrik, serta struktur tiang dan fondasi penopangnya. Komponen-komponen pada PJUTS ditunjukkan pada Gambar 1.

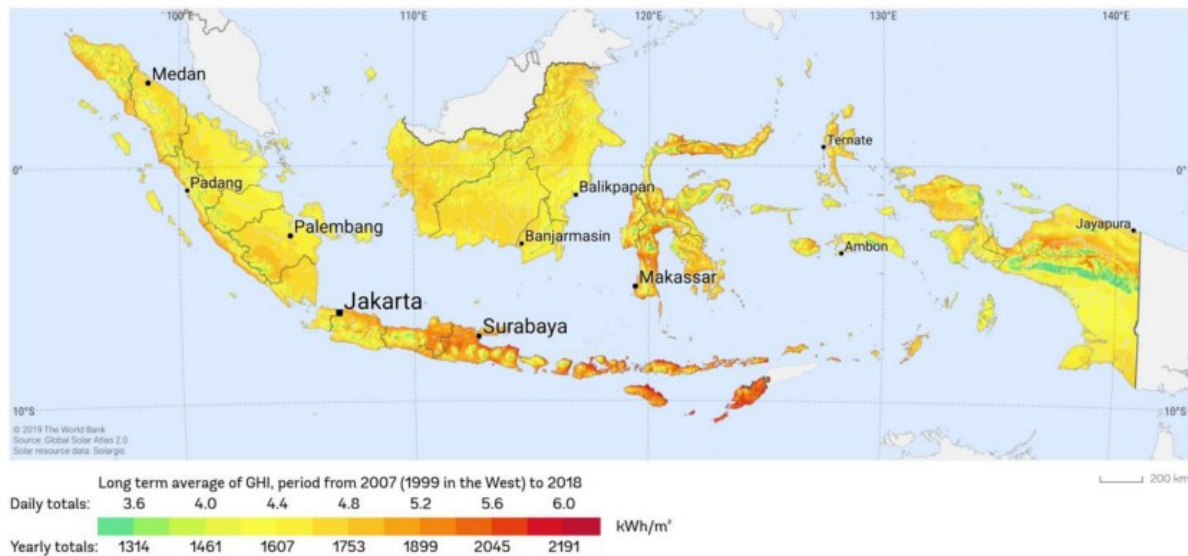
Panel surya berfungsi mengubah energi matahari menjadi listrik (Goswami, 2015). Tingkat efisiensi panel surya bergantung pada jumlah radiasi matahari yang dapat dikonversi di permukaan panel tersebut (Dittrich, 2018). Agar efisiensi maksimal dapat tercapai, panel surya perlu dipasang dengan sudut, arah, dan lokasi yang tepat (Gevorkian, 2011). Sudut dan arah pemasangan ini bervariasi tergantung pada garis lintang suatu daerah. Di daerah dengan garis lintang lebih tinggi, panel surya memerlukan sudut kemiringan yang lebih besar.

Di Indonesia, yang berada di sekitar garis khatulistiwa, panel surya biasanya dipasang dengan sudut yang mendekati datar (Boxwell, 2017). Namun, pemasangan yang datar dapat menyebabkan panel menjadi lebih kotor akibat debu dan air hujan. Oleh karena itu, disarankan untuk memasang panel dengan kemiringan antara 10 hingga 15 derajat. Selain itu, pemasangan panel juga harus dilakukan di area yang bebas dari bayangan objek di sekitarnya.



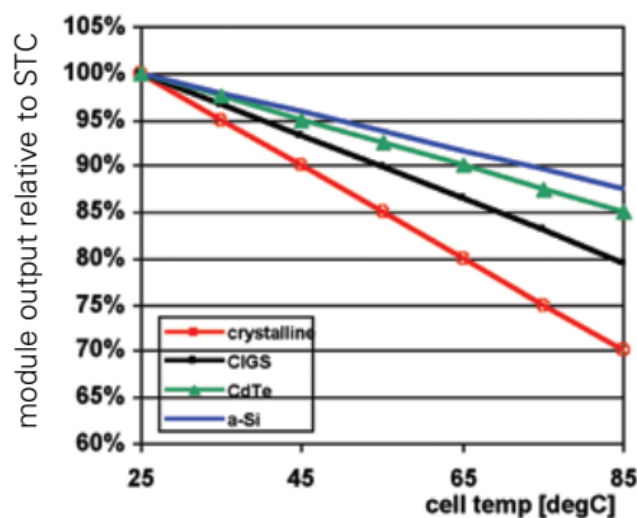
Gambar 1. Ilustrasi PJUTS *Off-grid*

Lokasi geografis suatu daerah mempengaruhi jumlah radiasi matahari yang diterima (Gevorkian, 2011). Meskipun Indonesia, sebagai negara tropis, mendapatkan radiasi matahari yang cukup tinggi sepanjang tahun, potensi energi surya setiap wilayah di negara ini tetap bervariasi (Silalahi et al, 2021). Gambar 2 menunjukkan peta distribusi *Glohal Horizontal Irradiation* yang mengukur radiasi matahari per m^2 di wilayah Indonesia.

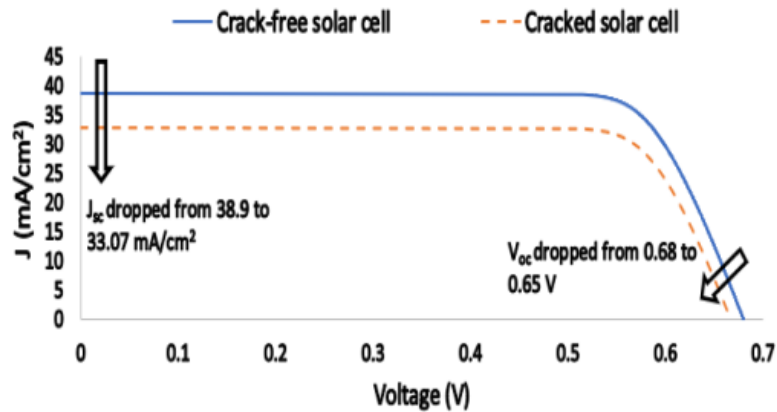


Gambar 2. Peta Distribusi Global Horizontal Irradiation di Indonesia

Selama masa operasionalnya, efisiensi panel surya dapat menurun akibat beberapa faktor (Lameirinhas et al, 2022). Pertama, koefisien suhu negatif membuat performa panel berkurang seiring meningkatnya suhu, yang menjadi masalah di Indonesia dengan suhu yang tinggi (Al-bashir, 2020). Koefisien suhu negatif ini ditunjukkan dengan grafik pada Gambar 3. Kedua, modul panel mengalami beban mekanis selama proses produksi dan pemasangan, seperti pengangkutan dan pengaruh cuaca ekstrem, yang dapat merusak interkoneksi sel dan menyebabkan kerusakan fisik (Dhimish et al, 2021). Grafik perbandingan densitas arus antara panel surya yang memiliki retakan dan tidak memiliki retakan dapat dilihat pada Gambar 4. Ketiga, kondisi cuaca, termasuk penyinaran matahari, suhu, dan kelembapan, mempengaruhi kinerja panel (Hasan et al, 2022); biasanya, panel menghasilkan lebih banyak daya pada musim kemarau dan mengalami akumulasi air pada musim hujan yang dapat menyebabkan korosi. Selain itu, kualitas udara yang buruk dan polusi dapat menghalangi sinar matahari, sementara angin dapat berfungsi sebagai pendingin dan mengurangi debu pada permukaan panel.



Gambar 3. Efek *Negative Temperature coefficient*



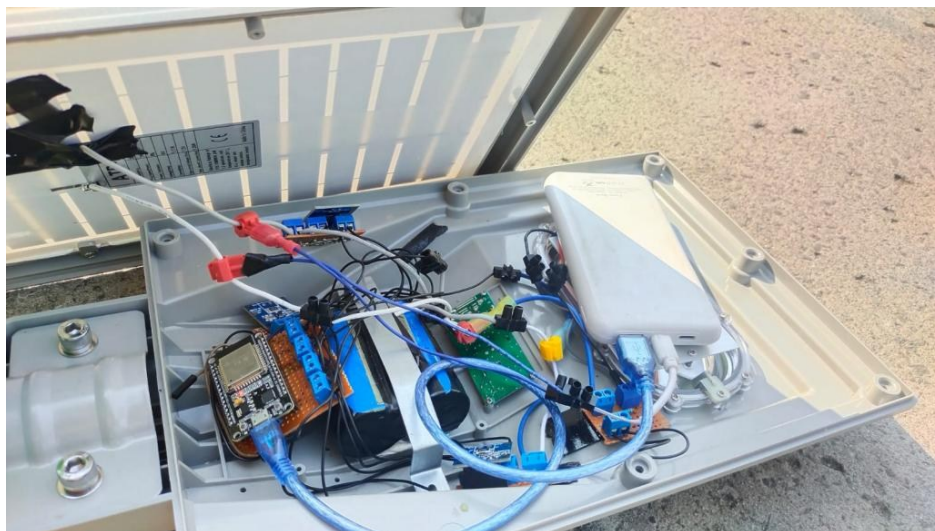
Gambar 4. Perbandingan Densitas Arus Antara Panel Surya Bebas Retakan dan Dengan Retakan

Rumusan Masalah

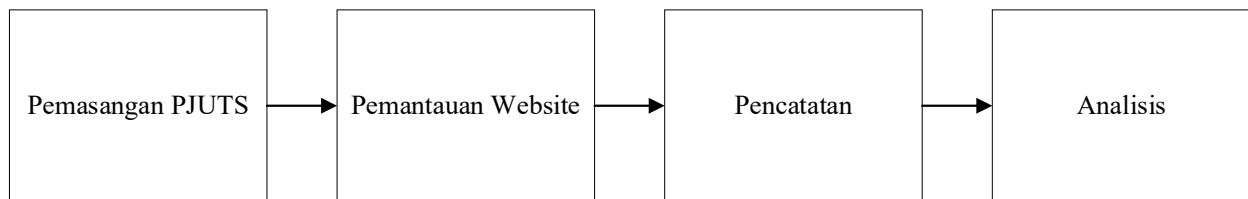
Bagaimana pola pergerakan harian arus dan tegangan panel surya dalam sistem PJUTS?

2. METODE PENELITIAN

Untuk menganalisis pergerakan harian arus dan tegangan panel surya dalam sistem PJU Tenaga Surya (PJUTS), penelitian ini akan dilakukan dengan memantau data yang diperoleh dari sensor INA219 yang dipasang pada panel. Gambar 5 menunjukkan rangkaian sensor INA219 yang dipasang pada PJUTS. Data arus dan tegangan akan direkam secara real-time dan diunggah ke sebuah website pemantauan. Pengamatan dilakukan selama sehari pada tanggal 12 Desember 2023 mulai pukul 05.20 WIB sampai dengan 18.20 WIB, mencakup waktu dari matahari terbit hingga terbenam, untuk mendapatkan gambaran lengkap mengenai fluktuasi arus dan tegangan sepanjang hari. Pengamatan ini dilakukan di daerah Sunter, Jakarta Utara dengan memasang PJUTS pada atap rumah. Analisis data yang diperoleh akan dilakukan secara statistik untuk mengidentifikasi pola harian serta hubungan antara variabel-variabel tersebut. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih baik tentang efisiensi dan kinerja panel surya dalam sistem PJUTS. Gambar 6 menunjukkan diagram blok metodologi penelitian yang dilakukan.



Gambar 5. Sensor INA219 yang Dipasang pada Sistem PJUTS



Gambar 6. Diagram Blok Metododologi Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data sensor INA219 dilakukan di daerah Sunter, Jakarta Utara pada tanggal 12 Desember 2023. Penelitian ini dilakukan mulai Pukul 05.20 sampai dengan 18.20 WIB. Pengumpulan data ini dilakukan pada atap rumah. Hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pemantauan Arus dan Tegangan Panel Surya

Tanggal	Pukul (WIB)	Tegangan (V)	Arus (mA)
12 Desember 2023	05.20	1,06	1,1
	06.21	3,21	66,3
	07.21	3,50	120,6
	08.22	3,72	259,4
	09.22	4,02	697,6
	10.23	4,02	600,3
	11.23	4,10	830,3
	12.24	4,13	866,1
	13.24	4,12	376,4
	14.20	4,18	593,2
	15.23	4,14	403,7
	16.24	3,93	48,0
	17.20	3,85	14,1
18.15	1,50	0,4	

Berdasarkan data pada Tabel 1, tegangan panel surya mengalami kenaikan secara eksponensial mulai pukul 05.20 WIB dan mencapai puncaknya pada pukul 09.22 WIB, yaitu sebesar 4,02V. Tegangan panel surya bergerak stabil pada pukul 09.22 WIB – 15.23 WIB dikisaran 4,02 – 4,18V. Tegangan panel mulai menurun secara eksponensial mulai pukul 16.24 WIB – 18.15 WIB. Sementara itu, arus pada panel surya bergerak secara eksponensial mengikuti tegangan panel surya mulai pukul 05.20 WIB hingga mencapai puncaknya pada pukul 12.24 WIB 866,1mA. Arus panel surya mulai menurun secara eksponensial mulai pukul 13.24 WIB hingga pukul 18.15 WIB.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, tegangan panel surya menunjukkan pola kenaikan eksponensial mulai pukul 05.20 WIB hingga mencapai puncaknya pada pukul 09.22 WIB dengan nilai 4,02V. Setelah itu, tegangan stabil dalam rentang 4,02V hingga 4,18V hingga pukul 15.23 WIB, sebelum akhirnya mengalami penurunan eksponensial dari pukul 16.24 WIB hingga 18.15 WIB. Sementara itu, arus panel surya juga meningkat secara eksponensial seiring dengan kenaikan tegangan, mencapai maksimum sebesar 866,1mA pada pukul 12.24 WIB. Arus kemudian mulai menurun mulai pukul 13.24 WIB hingga 18.15 WIB. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tegangan panel surya mencapai puncaknya lebih cepat dibandingkan arus, yang membutuhkan waktu lebih lama untuk mencapai nilai maksimum. Selain itu, arus mengalami penurunan lebih cepat daripada tegangan pada sore hari.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar dilakukan analisis lebih mendalam mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja panel surya, seperti kondisi cuaca, sudut pemasangan, dan intensitas cahaya matahari, guna memahami variabilitas output lebih baik. Penelitian juga bisa mencakup pengujian pada berbagai jenis panel surya untuk membandingkan efisiensi dan performa mereka dalam kondisi lingkungan yang berbeda. Selain itu, penerapan sistem pemantauan yang lebih canggih dapat memberikan data real-time yang lebih akurat, sehingga memungkinkan analisis yang lebih komprehensif mengenai fluktuasi tegangan dan arus sepanjang hari.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat yang telah memberikan pendanaan penelitian ini.

REFERENSI

- van Bommel, W. 2015. Road lighting: Fundamentals, technology and application. Springer International Publishing
- Sutopo, W., Mardikaningsih, I. S., Zakaria, R., and Ali, A. 2020. A Model to Improve the Implementation Standards of Street Lighting Based on Solar Energy: A Case Study, *Energies (Basel)*, vol. 13, no. 3
- Goswami, D. Y. 2015. Principles of Solar Engineering, 3rd ed. Boca Raton: Taylor and Francis Group.
- Dittrich, T. 2018. Materials Concepts for Solar Cells. London: World Scientific Publishing Europe
- Gevorkian, P. 2011. Large-Scale Solar Power System Design : An Engineering Guide for Grid-Connected Solar Power Generation. United States of America: Mc-Graw Hill.
- Boxwell, M. 2017. Solar Electricity Handbook : A Simple Practical Guide to Solar Energy - Designing and Installing Solar PV Systems, 11th ed. Birmingham: Greenstream Publishing Ltd.
- Silalahi, D. F., Blakers, A., Stocks, M., Lu, B., Cheng, C., and Hayes, L. 2021. Indonesia's Vast Solar Energy Potential, *Energies (Basel)*, vol. 14, no. 17
- Lameirinhas, R. A. Marques, Torres, J. P. N., and de Melo Cunha, J. P. 2022. A Photovoltaic Technology Review: History, Fundamentals and Applications, *Energies*, vol. 15, no. 5.
- Al-bashir, A., Al-Dweri, M., Al-ghandoor, A., Hammad, B. and Al-kouz, W. 2020. Analysis of Effects of Solar Irradiance, Cell Temperature and Wind Speed on Photovoltaic Systems Performance, *International Journal of Energy Economics and Policy*, vol. 10, no. 1, pp. 353–359
- Dhimish, M., d'Alessandro, V., and Daliento, S. 2021. Investigating the Impact of Cracks on Solar Cells Performance: Analysis Based on Nonuniform and Uniform Crack Distributions, *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 18, no. 3, pp. 1684–1693
- Hasan, K., Yousuf, S. B., Tushar, M. S. H. K., Das, B. K., Das, P., and Islam, M. S. 2022. Effects of Different Environmental and Operational Factors on the PV Performance: A Comprehensive Review, *Energy Science and Engineering*, vol. 10, no. 2, pp. 656–675.