

Kajian Pemasangan Lampu Penerangan Jalan Umum dengan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif di Politeknik Negeri Balikpapan

Subur Mulyanto^{1✉}, Yudi Kurniawan², Arwin³, Herdian Dwimas⁴, Nurul Huda⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Balikpapan, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 13-12-2023

Direvisi : 21-12-2023

Diterima : 28-12-2023

Kata Kunci:

Energi terbarukan; Panel Surya; Penerangan Jalan Umum.

Keywords :

Renewable energy, Solar panel, Public street lighting.

ABSTRAK

Politeknik Negeri Balikpapan berupaya mendukung penurunan emisi gas rumah kaca melalui pengembangan sumber energi terbarukan. Hal ini diwujudkan dalam pemasangan lampu Penerangan Jalan Umum (PJU) tenaga surya yang dipasang di 11 titik lokasi. Dari penelitian ini telah ditentukan 11 titik lokasi pemasangan instalasi PJU tenaga surya pada jalan sepanjang 250 meter menggunakan lampu DC 12V24W. Penyimpanan energi yang diperoleh dari *solar cell* menggunakan baterai berkapasitas 50Ah untuk menangkap energi matahari menggunakan panel surya 100 *wattpeak*. Jarak antar tiang adalah jarak tiap tiang lampu PJU yang akan dipasang. Dari penelitian ini didapatkan jarak antar tiang adalah 8,6 meter, dan jarak tiang dari bahu jalan adalah 2,036 meter.

ABSTRACT

Balikpapan State Polytechnic seeks to support the reduction of greenhouse gas emissions through the development of renewable energy sources. This is realized in the installation of solar powered Public Street Lighting (PJU) lamps installed at 11 locations. From this research, 11 locations for solar street street installations have been determined on a 250 meter long road using 12V24W DC lights. Energy storage obtained from solar cells using a 50Ah capacity battery to capture solar energy using 100 wattpeak solar panels. From this research, it was found that the distance between poles was 8.6 meters, and the distance between poles from the road shoulder was 2.036 meters.

Corresponding Author :

Subur Mulyanto

Program Studi D-III Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Balikpapan, Indonesia

Jl. Soekarno-Hatta Km.8, Balikpapan, 76129, Kalimantan Timur (admin@poltekba.ac.id)

Email: subur.mulyanto@poltekba.ac.id

PENDAHULUAN

Untuk menunjang kebutuhan listrik di sektor industri, perumahan, perkantoran, dan rumah tangga diperlukan sebuah sistem pembangkit listrik dengan pemanfaatan energi selain yang bersumber dari bahan bakar (Baharuddin, 2021). Terdapat beberapa bentuk dari energi listrik terbarukan salah satunya adalah energi surya (Santoso et al., 2023). Penentuan sumber energi alternatif harus berimbang antara aspek ekonomis dan aspek lingkungannya (Haryanto, 2021). Dengan rerata radiasi sebesar 4,8 kWp/m²/hari, Indonesia memiliki keuntungan geografis untuk memanfaatkan pembangkit listrik tenaga surya (Aji et al., 2022). Kota Balikpapan memiliki rata-rata lama penyinaran matahari selama 5 sampai 6 jam per hari, sehingga sangat cocok untuk mengembangkan sistem kelistrikan tenaga surya terutama untuk penggunaan ringan seperti penerangan.

Politeknik Negeri Balikpapan (selanjutnya akan disingkat Poltekba) berupaya untuk terus meningkatkan kualitas layanan pendidikan mulai dari segi penyelenggaraan kegiatan akademik, peningkatan kompetensi sumber daya manusia, dan pemenuhan sarana serta prasarana. Pembenahan di sektor sarana dan prasarana yang berkaitan dengan Penerangan Jalan Umum (PJU) masih dirasa perlu untuk ditingkatkan untuk menunjang aktivitas civitas akademika Poltekba di malam hari. Urgensi penambahan titik PJU ini selain untuk menunjang aktivitas di malam hari, juga untuk meningkatkan keamanan dan keselamatan pengendara dan civitas akademika yang melewati jalan di dalam lingkungan Poltekba.

Permasalahan yang dihadapi Poltekba tidak hanya terkait minimnya jumlah PJU yang eksis untuk saat ini, akan tetapi keberlanjutan setelah PJU tersebut telah terpasang. Perawatan serta tambahan beban listrik yang timbul akibat penambahan PJU juga menjadi konsen bagi Polteba. Untuk menjawab permasalahan tersebut, sebuah instalasi PJU berbasis tenaga surya dirasa dapat menjadi alternatif untuk menjawab permasalahan tersebut. Instalasi PJU bertenaga surya membutuhkan perawatan yang cukup mudah dan biaya operasional yang rendah, disamping juga ramah lingkungan karena mengurangi emisi Gas Rumah Kaca (GRK) jika dibandingkan dengan PJU dengan tenaga listrik. Adapun rencana titik pemasangan adalah di jalan sepanjang 270 meter mulai dari gedung workshop terpadu sampai gedung workshop Jurusan Teknik Mesin, berikut adalah estimasi lokasi pemasangan PJU tenaga surya seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Estimasi Lokasi Pemasangan PJU Tenaga Surya

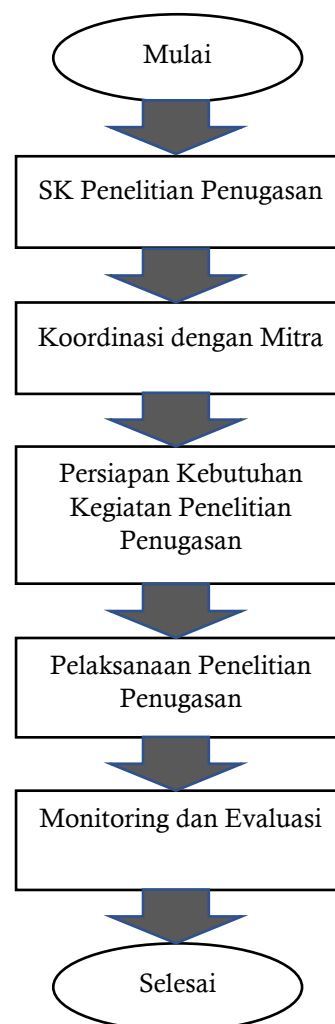
Panel surya mengumpulkan energi yang diperoleh dari penyinaran matahari di pagi sampai dengan sore hari dan mengubahnya menjadi energi listrik selama matahari bersinar (Yamato & Rijadi, 2022). Beberapa penelitian terdahulu yang memanfaatkan tenaga surya sebagai sumber energi listrik PJU seperti yang dilakukan Fakhri et al., n.d., dengan memanfaatkan *Solar Charge Controller* (SCC) untuk mengatur daya baterai pada saat pengisian daya baterai dan penggunaan di malam hari. Sistem pengisian daya menggunakan baterai dengan prinsip mengubah energi kimia menjadi energi listrik atau sebaliknya yang dihubungkan secara seri. Sistem pembangkit listrik menggunakan tenaga surya memanfaatkan baterai untuk menyimpan energi listrik yang diperoleh dari energi matahari (Nugrahanto et al., 2021).

Tipe baterai yang digunakan pada penelitian adalah baterai *lead-acid* dengan besar daya 55 Ah. arus listrik yang dihasilkan disebabkan oleh reaksi kimia bolak-balik antara elektroda dan larutan elektrolit, sederhananya baterai adalah perangkat yang menyimpan energi listrik (Ervin & Jamaaluddin, 2020). Jarak antar tiang PJU sesuai dengan Standar Nasional Indonesia 7391 tahun 2008 adalah minimum sebesar 30 meter (Rusman, 2017). Jarak tersebut disarankan untuk PJU pada jalan Kota besar dan jalan bebas hambatan. Untuk standar pencahayaan sesuai dengan SNI 7391 tahun 2008 adalah 15 sampai dengan 20 lux (Nursita, 2020). Ketentuan diatas masih

menyesuaikan dengan kebutuhan terutama tinggi tiang PJU dan standar pencahayaan dari lampu yang digunakan. Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana membuat instalasi PJU tenaga surya yang efektif dan efisien dari segi konsumsi energi, intensitas pencahayaan, jarak antar PJU, dan biaya yang dikeluarkan. Hal ini diperlukan agar PJU yang terpasang dapat difungsikan dengan optimal dan memenuhi kebutuhan Poltekba.

METODE PENELITIAN

Diagram alir proses penelitian seperti yang disajikan pada gambar 1. Penelitian ini dilaksanakan sesuai dengan penugasan yang diberikan oleh Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Balikpapan. Adapun alir penelitian dimulai dari turunnya Surat Keputusan (SK) penelitian penugasan dari P3M, dilanjutkan dengan koordinasi dengan mitra yaitu Poltekba sebagai *user* luaran penelitian. Koordinasi dibutuhkan untuk menentukan jumlah titik yang disepakati sesuai dengan pendanaan yang diberikan, hasil koordinasi disepakati jumlah titik yang akan dibuat adalah sebanyak 11 (sebelas) titik.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Persiapan Kebutuhan Kegiatan Penelitian Penugasan

Kegiatan persiapan kebutuhan penelitian penugasan diantaranya adalah menentukan jarak antar titik tiang Penerangan Jalan Umum (PJU). Data yang dibutuhkan diantaranya adalah jarak lokasi pemasangan PJU tenaga surya, mengukur lebar jalan, dan data-data lainnya. Untuk menghitung jarak lampu ke ujung jalan (r_1 dan r_3):

$$r_{1,3} = \sqrt{h^2 + W^2} \quad (1)$$

Berdasarkan persamaan (1), r_1 dan r_3 adalah jarak lampu ke ujung jalan, h adalah tinggi tiang lampu, dan W adalah lebar jalan. Untuk menghitung intensitas penerangan pada lampu (I) menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$I = \frac{E_{B(standar)} \times r_{1,3}^3}{h} \quad (2)$$

Berdasarkan persamaan (2), diketahui h adalah tinggi tiang lampu, standar penerangan adalah sebesar 15-20 lux sesuai dengan SNI 7391 (EB) dan r_1 dan r_3 adalah jarak lampu ke ujung jalan. Untuk menghitung jarak lampu ke ujung jalan dengan ketentuan posisi 0,5 dari jarak antar tiang (r_2 dan r_4), maka besar kekuatan penerangan lampu ke ujung jalan direpresentasikan dengan $\frac{1}{2} E_{B_1}$, untuk memenuhi kondisi:

$$\frac{1}{2} E_{B_1} + \frac{1}{2} E_{B_2} = E_B(standar) \quad (3)$$

Sehingga,

$$r_{2,4} = \sqrt[3]{\frac{Ih}{\frac{1}{2}E_{B(standar)}}} \quad (4)$$

Diketahui tinggi tiang lampu (h) serta jarak antar tiang (r_2 dan r_4) maka untuk menghitung nilai x_1 dan x_2 adalah menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$x_{1,3} = \sqrt{r_{2,4}^2 - h^2} \quad (5)$$

Dari persamaan (5) jarak antar tiang dapat diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$e = 2(\sqrt{x_1^2 - W^2}) \quad (6)$$

Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian terbagi menjadi 2 (dua) tahapan yaitu tahapan proses fabrikasi tiang PJU dan tahapan pembuatan instalasi PJU tenaga surya. Tahapan proses fabrikasi tiang PJU dilakukan di *workshop* teknik mesin. Pengerjaan akan dilakukan secara paralel dengan pembuatan serta perakitan lampu PJU tenaga surya, sehingga ketika tiang telah selesai difabrikasi dapat langsung dilakukan pemasangan set lampu PJU tenaga surya. Adapun rangkaian tahapan dari proses fabrikasi adalah sebagai berikut:

- 1) Pipa galvanis dengan panjang 6 meter dan diameter 3 inch dan I inch, serta besi siku serta besi plat dipersiapkan;
- 2) Membuat platudukan (ukuran 20 x 20 cm) pada tiang PJU dengan cara memotong lembaran besi plat lalu melakukan pengeboran pada ke empat sisinya;
- 3) Pipa galvanis dengan diameter 3 inch dilakukan proses pengelasan plat dudukan yang sudah dibor pada salah satu ujungnya yang nantinya akan digunakan sebagai dudukan tiang PJU dengan set angkur pondasi tiang;

- 4) Pipa galvanis dengan diameter 1 inch dipotong dengan panjang 1,5 meter lalu salah satu ujungnya dengan jarak sekitar 30 cm ditekuk dengan menggunakan mesin *roll* pipa dengan menggunakan U klem pada tiang PJU, sedangkan ujung satunya dilakukan proses pengeboran untuk baut pengikat lampu PJU;
- 5) Melakukan proses pengelasan untuk dudukan *box* baterai pada pipa tiang PJU dengan posisi ketinggian sekitar 2 meter dari dasar tiang;
- 6) Memotong besi siku menjadi beberapa bagian kemudian dilakukan proses pengelasan untuk pembuatan penopang dudukan panel surya yang berbentuk kotak yang dimana posisi tengah kotak dibuat sambungan ke tiang PJU;
- 7) Membuat set angkur sesuai dimensi dudukan tiang PJU dengan cara keempat baut angkur dilas dengan besi neser hingga berbentuk kolom;
- 8) Selanjutnya pipa tiang PJU disatukan dengan pipa dudukan lampu menggunakan U klem, lalu memasang dudukan panel surya dan *box* baterai; dan
- 9) Proses terakhir yang dilakukan yakni *finishing* pada tiap bagian dengan melakukan proses penghalusan dan pendempulan lalu terakhir melakukan *epoxy* pada tiang PJU.



Gambar 3. Fabrikasi Tiang PJU



Gambar 4. Fabrikasi Dudukan Tiang PJU



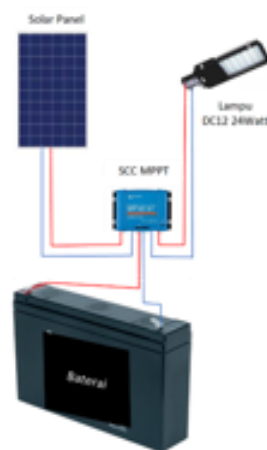
Gambar 5. Pemotongan Material Tiang PJU

Gambar 6. *Finishing* tiang PJU

Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pembuatan instalasi PJU tenaga surya adalah sebagai berikut:

- 1) Tiang PJU hasil fabrikasi dilakukan pengukuran panjang kabel yang akan digunakan, yang terdiri dari panjang kabel dari panel surya menuju *solar charge controller* (SCC) yang berada pada *box* baterai. Panjang kabel dari baterai ke lampu PJU dan panjang kabel dari SCC ke baterai;
- 2) Semua kabel dihubungkan ke tiap-tiap komponen, lalu setelah itu dilakukan pengetesan fungsi tiap-tiap komonen yang terpasang pada tiang PJU;

- 3) Melakukan *setting* lama nyala lampu, waktu *on/off* lampu berdasarkan kapasitas minimal dan maksimum pengecasan baterai pada SCC;
- 4) Selanjutnya pembuatan pondasi tiang PJU sesuai dengan titik yang telah ditentukan dengan cara melakukan proses penggalian tanah sesuai dengan ketinggian angkur lalu setelah itu proses pengecoran beton;
- 5) Setelah beton pondasi PJU kering dan sudah bisa digunakan maka dilakukanlah pemasangan tiang PJU dengan cara memasukkan plat dudukan tiang pada baut angkur lalu dikencangkan dengan menggunakan mur; dan
- 6) Selanjutnya tiang PJU yang sudah terpasang dilakukan pengamatan pada siang hari dan malam hari untuk mengetahui PJU tenaga surya sudah berfungsi secara normal atau belum.



Gambar 7. *Wiring Diagram* Panel Surya

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi Perancangan Penerangan Jalan Umum

Tinggi tiang PJU yang dibuat adalah setinggi 7 meter, untuk tiang akan dipasang menggunakan angkur. Spesifikasi lampu yang digunakan adalah lampu DC 12 volt 24 watt. Untuk dasar perhitungan dengan mengasumsikan durasi lama nyala lampu adalah 11 jam. Dengan mengikuti lama nyala lampu tersebut maka spesifikasi PJU yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi Penerangan Jalan Umum

Komponen	Parameter
Kapasitas Baterai (Ah)	50
Lampu (v)	12
Durasi Pembebanan (jam)	11
Jumlah Konsumsi Listrik (wh)	480
Asumsi Efisiensi	384
Beban Daya Listrik	34,90909091
Spesifikasi Solar Panel (wp)	100
Besar Arus (ampere)	8

Jarak antar tiang PJU dari data yang telah dikumpulkan dan dihitung menggunakan persamaan (6) adalah 8,6 meter, akan tetapi karena mengikuti medan titik pemasangan dibuat menjadi 10 meter. Jarak tiang dari ujung jalan adalah 2,036 meter. Intensitas penerangan lampu

yang dibutuhkan adalah sebesar 18,5285 lux. Jumlah titik lampu yang akan dipasang adalah 11 titik dengan lokasi sesuai pada gambar 1.



Gambar 8. Tiang PJU setelah dilakukan *Finishing*



Gambar 9. Instalasi PJU Tenaga Surya setelah dipasang (1)



Gambar 10. Instalasi PJU Tenaga Surya setelah dipasang (2)

Uji Coba PJU Setelah terpasang

Berdasarkan hasil pengecekan yang dilakukan saat kondisi cuaca cerah didapatkan hasil pengukuran langsung pada panel surya sebesar 22,05 volt, dan terjadi proses pengecasan baterai yang terbaca pada solar charge controller sebesar 12,2 volt. Kemudian dilakukan beberapa pengaturan pada solar charge controller seperti: lama penyalan lampu selama 12 jam, pengecasan maksimal pada baterai hanya sebesar 13,7 volt, voltase untuk penyalan awal lampu harus ada pada kapasitas baterai sebesar 12 volt, dan lampu akan otomatis mati ketika kapasitas voltase pada aki tinggal 11 volt walaupun belum mencapai penyalan lampu selama 12 jam dengan tujuan untuk menjaga kondisi baterai tetap awet.

Selanjutnya dilakukan pengecekan kembali kondisi PJU pada malam hari sampai pagi hari, di mulai pada awal kondisi sudah mulai gelap (kondisi panel surya tidak menghasilkan voltase lagi) didapatkan bahwa pada pukul 18:35 WITA lampu PJU sudah mulai menyala semua. Kemudian dilakukan pengecekan pada pagi hari untuk melihat lama penyalan lampu PJU, didapatkan bahwa pada pukul 05:20 WITA lampu PJU sudah tidak menyala semua dikarenakan kondisi pada titik pemasangan PJU sudah mulai terang, yang menandakan bahwa panel surya sudah mulai melakukan proses charger lagi ke baterai. Dari hasil pengecekan yang dilakukan

dapat disimpulkan bahwa spesifikasi dan pengaturan PJU Panel surya yang terpasang dapat bekerja dengan baik untuk penerangan jalan di lingkungan kampus Politeknik Negeri Balikpapan.



Gambar 11. Pengukuran Langsung Voltase Panel Surya



Gambar 12. Voltase Awal Baterai Untuk Penyalan Awal Lampu



Gambar 13. Voltase Baterai Untuk Mematikan Lampu



Gambar 14. Voltase Maksimum Pengisian Baterai

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Perancangan dan pemasangan Penerangan Jalan Umum dengan tenaga surya dipasang pada jalan lingkungan Poltekba sepanjang 250 meter dengan jumlah 11 tiang PJU. Jarak antar tiang adalah 15 meter sesuai dengan kebutuhan Poltekba dan jarak pemasangan dari pinggir jalan adalah 2,036 meter. Adapun spesifikasi dari PJU adalah tinggi tiang 7 meter dan lampu yang digunakan adalah lampu DC 12V24W menggunakan baterai VRLA 50 Ah. Panel surya yang digunakan adalah 100 *wattpeak* dengan tambahan SCC model MPPT. Dari penelitian ini didapatkan hasil:

No. Tiang	Volt dari Panel Surya	Volt Baterai saat pengecasan	Volt Maksimal Pengecasan Baterai	Volt batterai untuk penyalan awal lampu	Volt batterai untuk mematikan lampu	Lama penyalan lampu (Jam)
11	22,05	12,2	13,7	12	11	12

Saran

Perancangan PJU tenaga surya perlu memperhatikan material penyusun untuk mengurangi berat dari keseluruhan PJU. Pemilihan material yang lebih ringan dengan tetap memperhatikan ketahanan material terhadap air hujan dan korosi. Pemilihan model lampu juga sangat mempengaruhi intensitas penerangan dikarenakan setiap merk memiliki tingkat penerangan yang berbeda walaupun memiliki spesifikasi yang sama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada seluruh Tim Penelitian PJU yang telah berkontribusi kepada luaran penelitian sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar. Tidak lupa kami ucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Balikpapan yang telah memberikan pendanaan dalam penelitian penugasan ini.

REFERENSI

- Aji, E. P., Wibowo, P., & Windarta, J. (2022). Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan Sistem On Grid di BPR BKK Mandiraja Cabang Wanayasa Kabupaten Banjarnegara. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 3(1), 15–27. <https://doi.org/10.14710/jebt.2022.13158>
- Baharuddin, R. (2021). Rancang Bangun Sistem Mini Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Portable. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 9(1), 65–70. <https://doi.org/10.32487/jtt.v9i1.1087>
- Ervin, M., & Jamaaluddin. (2020). Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Alternatif Energi Listrik Skala Rumah Tangga. *Mesin Mesin Listrik*. <http://eprints.umsida.ac.id/7230/>
- Fakhri, Z., Daelami, A., Charisma, A., Somantri, N. T. (2022). Penerapan Tenaga Listrik Solar Cell Untuk Lampu Penerangan Jalan Umum Di Kp. Cilimus Desa Padaasih Kecamatan Cisarua Kabupaten Bandung Barat. <https://doi.org/10.31604/jpm.v5i1.259-264>
- Haryanto, T. (2021). Perancangan Energi Terbarukan Solar Panel Untuk Essential Load Dengan Sistem Switch. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(1), 43. <https://doi.org/10.22441/jtm.v10i1.4779>
- Nugrahanto, I., Sungkono, S., & Khairuddin, M. (2021). Solar Cell Otomatis Dengan Pengaturan Dual Axis Tracking System Menggunakan Arduino Uno. *Jurnal Teknik*, 10(1), 11–16. <https://doi.org/10.31000/jt.v10i1.4004>
- Nursita, E. D. (2020). Penentuan Jarak Antar Tiang Penerangan Jalan Umum Untuk Jalan Lurus Dan Jalan Melengkung Pada Jalan Tol Ruas Lingkar Luar Jakarta W2 Utara Seksi I. *Energi & Kelistrikan*, 12(2), 121–130. <https://doi.org/10.33322/energi.v12i2.1063>
- Rusman, R. (2017). Pengaruh Variasi Beban Terhadap Efisiensi Solar Cell Dengan Kapasitas 50 Wp. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 4(2). <https://doi.org/10.24127/trb.v4i2.75>
- Santoso, P. P. A., Mahmuda, D., & Sanubary, I. (2023). Pengaruh Jumlah Panel dan Aki terhadap Waktu Operasi Pompa Air pada Sistem Hidroponik Tenaga Surya. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(3), 827–836. <https://doi.org/10.33379/gtech.v7i3.2525>
- Yamato, Y., & Rijadi, B. B. (2022). Analisis Kebutuhan Modul Surya Dan Baterai Pada Sistem Penerangan Jalan Umum (PJU). *Jurnal Elektro Teknik*, 1(1), 30–38. <https://journal.unpak.ac.id/index.php/JET/article/view/4819>