

RANCANG BANGUN DAN EVALUASI KINERJA PJU MANDIRI ENERGI MENGGUNAKAN SOLAR CELL UNTUK KAWASAN TIDAK TERJANGKAU LISTRIK PLN

Genap Munthe¹, Albert Sebastian Siahaan², Luis Zefanya³, Desman Jonto Sinaga⁴,
Denny Haryanto Sinaga⁵
pampean1007@gmail.com¹, albertsebas0209@gmail.com², luiszefanya210@gmail.com³,
desmansinaga@unimed.ac.id⁴, denny.sinaga@unimed.ac.id⁵
Universitas Negeri Medan

ABSTRAK

Penerangan Jalan Umum (PJU) merupakan infrastruktur vital dalam mendukung keselamatan dan aktivitas masyarakat, terutama di malam hari. Namun, tidak semua wilayah di Indonesia memiliki akses listrik dari PLN, sehingga dibutuhkan solusi mandiri berbasis energi terbarukan. Penelitian ini merancang dan mengevaluasi sistem PJU mandiri energi yang menggunakan sumber daya panel surya (solar cell) untuk kawasan yang tidak terjangkau jaringan listrik PLN. Kajian ini menggabungkan pendekatan teknologi otomatisasi berbasis mikrokontroler dengan kontrol Android dari studi kasus di lingkungan kampus, serta pendekatan pemberdayaan masyarakat dalam pemasangan dan perawatan PJU di daerah perdesaan. Sistem yang dirancang terdiri dari panel surya, sensor cahaya, baterai lithium-ion, dan lampu LED yang dikendalikan melalui mikrokontroler Arduino. Pada implementasi tertentu, sistem juga terintegrasi dengan modul Bluetooth HC-05 untuk kendali melalui smartphone. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat menyala secara otomatis saat malam dan padam saat siang hari dengan kinerja sensor yang stabil dan akurat. Selain itu, daya tahan dan efisiensi panel surya optimal terjadi pada rentang waktu pukul 09.00–15.00. Kegiatan edukasi dan sosialisasi kepada masyarakat terbukti meningkatkan pemahaman dan kemampuan dalam merawat sistem PJU secara mandiri. Dengan demikian, sistem PJU berbasis solar cell ini terbukti efektif, ramah lingkungan, serta dapat diandalkan untuk menjawab kebutuhan penerangan di wilayah tanpa listrik PLN.

Kata Kunci: Penerangan Jalan Umum, Solar Cell, Energi Terbarukan, Arduino, Kawasan Terpencil.

ABSTRACT

Public Street Lighting (PJU) is a vital infrastructure in supporting public safety and activities, especially at night. However, not all areas in Indonesia have access to electricity from PLN, so an independent solution based on renewable energy is needed. This research designs and evaluates an energy independent PJU system that uses solar panel (solar cell) resources for areas that are not reached by the PLN electricity network. This study combines a microcontroller-based automation technology approach with Android control from a case study in a campus environment, as well as a community empowerment approach in installing and maintaining PJU in rural areas. The designed system consists of solar panels, light sensors, lithium-ion batteries, and LED lights controlled through an Arduino microcontroller. In certain implementations, the system is also integrated with a Bluetooth HC-05 module for control via smartphone. The test results show that the system can automatically turn on at night and turn off during the day with stable and accurate sensor performance. In addition, the optimal durability and efficiency of the solar panel occurs in the time range of 09.00-15.00. Education and socialization activities to the community are proven to increase understanding and ability to maintain the PJU system independently. Thus, this solar cell-based PJU system is proven to be effective, environmentally friendly, and reliable to answer the lighting needs of the community.

Keywords: Public Street Lighting, Solar Cells, Renewable Energy, Arduino, Remote Areas.

PENDAHULUAN

Penerangan Jalan Umum (PJU) berperan penting dalam menunjang keselamatan dan aktivitas masyarakat, khususnya di malam hari. Namun, masih banyak daerah di Indonesia yang belum terjangkau listrik PLN, sehingga memerlukan solusi mandiri. Salah satu alternatif yang potensial adalah pemanfaatan energi surya melalui sistem PJU berbasis solar cell, yang ramah lingkungan dan cocok untuk wilayah tropis seperti Indonesia. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan keberhasilan penerapan sistem PJU tenaga surya dengan pendekatan teknologi dan edukatif. Sistem tenaga surya dengan pendekatan teknologi dan edukatif. Sistem yang dikembangkan meliputi panel surya, baterai, sensor cahaya, dan lampu LED, serta dapat dikontrol secara otomatis maupun manual melalui smartphone. Selain itu, keterlibatan masyarakat dalam instalasi dan perawatan juga penting untuk menjamin keberlanjutan sistem. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengevaluasi kinerja sistem PJU mandiri energi berbasis solar cell di daerah yang tidak terjangkau listrik PLN, dengan fokus pada efisiensi, keandalan, dan kemudahan pengelolaan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode studi literatur, yaitu pendekatan sistematis untuk mengkaji, menelaah, dan menganalisis berbagai sumber pustaka yang relevan dan terpercaya. Metode ini dipilih karena mampu memberikan pemahaman yang komprehensif terhadap konsep, teori, pendekatan teknis, dan implementasi teknologi energi surya dalam bidang infrastruktur dan pertanian. Fokus utama dari studi literatur ini adalah pada pemanfaatan energi surya sebagai solusi alternatif dalam memenuhi kebutuhan energi listrik untuk penerangan jalan umum serta sistem penyiraman otomatis di sektor pertanian rumah tangga.

Tahapan awal dalam studi literatur ini dilakukan dengan mengidentifikasi permasalahan umum di masyarakat, terutama terkait keterbatasan infrastruktur energi konvensional, kurangnya pemanfaatan energi terbarukan di daerah pedesaan dan urban, serta rendahnya efisiensi sistem pertanian konvensional. Setelah itu, dilakukan pengumpulan sumber literatur dari jurnal ilmiah, buku referensi teknis, standar nasional dan internasional, serta artikel penelitian yang membahas penerapan energi surya, fotovoltaik, sistem irigasi otomatis, serta desain penerangan jalan yang hemat energi. Semua sumber dianalisis secara kualitatif untuk menemukan benang merah antara kebutuhan praktis masyarakat dan solusi teknologi yang tepat.

Proses analisis dilakukan dengan mengkategorikan literatur berdasarkan tema, antara lain: prinsip kerja panel surya, karakteristik sel fotovoltaik, sistem kontrol energi surya, efisiensi sistem penyimpanan energi, penerapan teknologi pada lingkungan terbatas, serta aspek sosial dan teknis dalam pemberdayaan masyarakat melalui pengenalan teknologi baru.

Penekanan khusus diberikan pada komponen-komponen teknis seperti konfigurasi sistem panel surya, spesifikasi pompa DC, baterai penyimpan energi, mikrokontroler, serta sistem distribusi listrik untuk penerangan dan irigasi. Selain itu, aspek efisiensi energi juga dikaji dengan membandingkan konsumsi listrik konvensional dan potensi penghematan biaya menggunakan energi terbarukan. Dalam konteks sosial, studi literatur menelaah bagaimana pelatihan teknis, penyuluhan, dan pendampingan kepada masyarakat mampu meningkatkan adopsi teknologi dan memperkuat kemandirian energi lokal.

Studi literatur ini disusun secara sistematis dan kritis untuk merumuskan dasar konseptual dan teknis dari pemanfaatan teknologi energi surya yang terintegrasi dan aplikatif di bidang infrastruktur serta pertanian skala kecil. Hasil dari metode ini diharapkan dapat menjadi referensi kuat bagi pengembangan sistem serupa, serta menjadi pijakan dalam

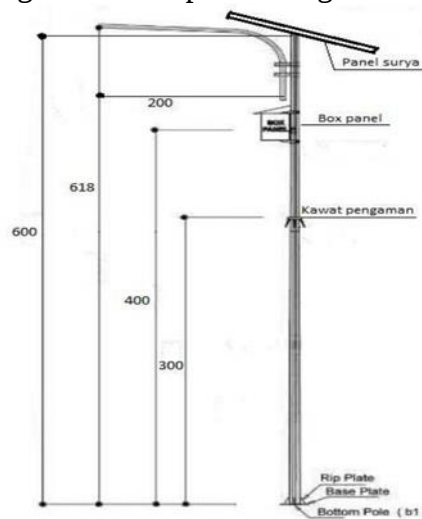
merancang proyek riset terapan atau pengabdian masyarakat yang relevan dengan kondisi geografis dan kebutuhan energi di daerah-daerah lainnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi literatur menunjukkan bahwa energi surya memiliki potensi besar sebagai sumber energi alternatif untuk menggantikan ketergantungan pada listrik konvensional. Panel surya mampu mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik arus searah (DC) yang dapat digunakan langsung atau disimpan dalam baterai. Pemanfaatan energi ini sangat efektif diterapkan di daerah terpencil yang belum terjangkau jaringan listrik PLN, maupun di lingkungan perkotaan sebagai upaya penghematan energi.

Penerapan sistem PJU berbasis energi surya terbukti memberikan efisiensi baik dari segi konsumsi energi maupun biaya operasional. Perencanaan dan pemilihan jenis lampu yang tepat, seperti sodium tekanan tinggi (SON-T 150W), mampu menghasilkan iluminasi rata-rata antara 6 hingga 7 lux, yang sesuai dengan standar penerangan jalan nasional. Efisiensi ini juga diperoleh dari desain tata letak lampu yang memperhatikan aspek jarak antar tiang, tinggi tiang, dan posisi lampu terhadap permukaan jalan.

Perancangan sistem penerangan dilakukan dengan mempertimbangkan faktor teknis dan kondisi geografis lokal. Misalnya, desain tiang lampu dengan tinggi 10 meter dan panjang lengan 2 meter disesuaikan dengan lebar jalan dan kontur wilayah. Selain itu, jarak antar titik lampu dirancang agar distribusi pencahayaan merata dan memenuhi nilai iluminasi yang disyaratkan. Pendekatan ini mencerminkan pentingnya penyesuaian desain dengan kondisi lingkungan agar sistem dapat berfungsi secara optimal.



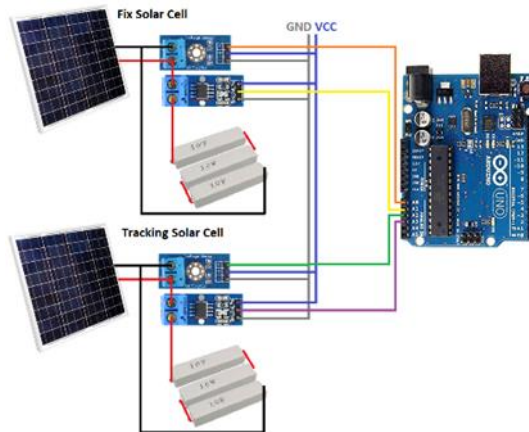
Gambar 1.1 perancangan tiang lampu PJU – TS

Beberapa tantangan muncul dalam penerapan sistem PJU berbasis energi surya, antara lain terbatasnya anggaran pengadaan peralatan, minimnya pengetahuan awal masyarakat tentang teknologi energi terbarukan, serta keterbatasan teknisi lokal. Namun demikian, pendekatan partisipatif dan pendampingan berkelanjutan dapat membantu mengatasi hambatan tersebut secara bertahap. Peran institusi pendidikan atau pemerintah daerah dalam mendukung program pelatihan juga sangat penting dalam memastikan keberhasilan jangka panjang.

Implementasi sistem penerangan jalan yang menggunakan energi matahari memberikan dampak positif secara langsung terhadap lingkungan dan aktivitas sosial masyarakat. Wilayah yang sebelumnya gelap menjadi lebih terang dan aman pada malam hari, sehingga meningkatkan kenyamanan, mengurangi risiko kriminalitas, serta mendorong aktivitas ekonomi malam. Selain itu, penggunaan energi surya juga mengurangi

ketergantungan terhadap energi berbasis fosil, sehingga mendukung gerakan pelestarian lingkungan dan pembangunan berkelanjutan.

Selanjutnya, masuk ke tahap perancangan dan pengembangan sistem, yang meliputi pembuatan desain PJU berbasis mikrokontroler Arduino, perancangan aplikasi Android menggunakan MIT App Inventor, serta perakitan seluruh komponen perangkat keras seperti panel surya, baterai, dan modul Bluetooth HC-05.



Gambar 1.2 perancangan microcontroler pada plts untuk penerangan jalan umum

Tahap berikutnya adalah implementasi di lapangan, di mana dilakukan pemasangan tiang dan unit PJU secara langsung di lokasi yang telah ditentukan, yang juga melibatkan partisipasi aktif dari masyarakat setempat. Bersamaan dengan implementasi, diadakan kegiatan penyuluhan kepada warga mengenai cara kerja, manfaat, dan perawatan PJU tenaga surya untuk keberlanjutan jangka panjang. Tahap terakhir adalah pengujian dan evaluasi, yang mencakup pengujian teknis terhadap kinerja setiap komponen seperti efektivitas pengisian daya panel surya, fungsionalitas sensor cahaya, jangkauan kendali Bluetooth, hingga pengujian sistem secara keseluruhan untuk memastikan semua fungsi berjalan sesuai dengan yang diharapkan.



Gambar 1.3 implementasi lapangan penerapan microcontroler pada pju basis panel surya

KESIMPULAN

Pemanfaatan tenaga surya sebagai sumber energi untuk sistem penerangan jalan umum terbukti menjadi solusi yang efektif, hemat energi, dan ramah lingkungan, terutama di daerah yang belum terjangkau listrik konvensional. Sistem ini bekerja secara otomatis menggunakan sensor cahaya dan mikrokontroler untuk mengatur nyala dan padam lampu sesuai intensitas cahaya matahari, serta dapat dikendalikan melalui perangkat Android. Selain itu, penerapannya di masyarakat juga menunjukkan dampak positif, baik dari segi peningkatan kualitas penerangan jalan maupun kesadaran masyarakat terhadap energi terbarukan melalui edukasi dan pelatihan perawatan sistem. Dengan integrasi teknologi dan keterlibatan masyarakat, sistem PJU berbasis solar cell mampu memberikan kontribusi

nyata dalam mendukung ketersediaan energi yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- IEC 61000-4-30 compliance and ION meters, vol, 30, 2019.
- Mulyadi, A. 2011, 'Pengaruh Ketidak Seimbangan Beban Pada Rugi Daya Saluran Netral
- Siregar, M.A. 2013, 'Analisis Ketidak- seimbangan Beban Pada Transformator Distribusi Di Pt. Pln (Persero) Rayon Panam Pekanbaru',
- Sogen, M.D.T, 2018, 'Netral Dan Losses Pada Transformator Distribusi Di Pt Pln (Persero)
- SPLN D3.002-1 ; 2007. Spesifikasi Transformator Distribusi Bagian 1, Jakarta Selatan : Penerbit PT.PLN (Persero).
- Tharo, Z., Tarigan, A.D., Pulungan, R., Aryza, S. 2018. 'An Effect Of Unbalanced Load Usage Of Electrical Equipmen', International Journal For Innovative Research In Multidisciplinary Field, vol 4, no 10. ISSN: 2455-0620.
- Nigara, A.G., Primadiyono, Y, 2015, 'Analisis Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik pada Bagian Texturizing di PT Asia Pasific Fibers Tbk Kendal menggunakan Software ETAP PowerStation 4.0', Jurnal Teknik Elektro vol 7, no 1, hh 34-3.