ISSN : 2598–3814 (Online), ISSN : 1410–4520 (Cetak)

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK LAMPU PENERANGAN DI PARKIRAN KAMPUS UNIVERSITAS HARAPAN MEDAN DENGAN MENGGUNAKAN *TIMER* LAMP*U*

Agus Almi Nasution, Cristian Sihotang
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Komputer
Universitas Harapan Medan, Indonesia.
cristiansihotangs@gmail.com

Abstrak

Kenaikan permintaan energi listrik dan tantangan yang dihadapi oleh krisis energi global telah menggerakkan upaya untuk menemukan sumber energi alternatif yang lebih ramah lingkungan. Tujuan dari studi ini adalah untuk merancang dan membangun sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang bersifat off-grid, yang dapat mendukung penerangan otomatis di kawasan parkir kampus dengan menggunakan timer lampu. Beberapa tujuan spesifik yang ingin dicapai antara lain: (1) menganalisa kebutuhan daya untuk sistem pencahayaan parkir, (2) merancang sistem PLTS dengan memilih komponen yang sesuai, (3) menerapkan sistem kontrol timer untuk mengotomatisasi penerangan, dan (4) mengevaluasi efektivitas sistem yang telah dikembangkan. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur parameter kinerja sistem, termasuk tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan di berbagai tingkat intensitas cahaya matahari. Analisis perhitungan mencakup kapasitas baterai, durasi operasional, serta efisiensi keseluruhan sistem. Sistem PLTS yang dirancang berhasil mencapai daya maksimum saat mendapatkan intensitas sinar matahari yang ideal. Dari perhitungan luas parkiran 20m x 6m untuk beban lampu 90 Watt pada tegangan 12 volt, sistem memerlukan arus 7,5 ampere. Dengan menggunakan baterai 40 Ah, sistem memiliki kemampuan operasional selama sekitar 5,3 jam. Pengujian membuktikan bahwa sistem dapat berjalan otomatis dengan timer, menyala di malam hari dan mati saat siang. Panel surya dapat mengisi baterai dengan efisien pada cuaca yang cerah. Penelitian ini membuktikan bahwa PLTS merupakan solusi yang viable untuk aplikasi penerangan off-grid dengan manfaat berkelanjutan dan ramah.

Kata-Kata Kunci : *PLTS, SCC, Baterai , Inverter, Timer, Lampu.*

I. Pendahuluan

Di era canggih sekarang ini, permintaan terhadap energi listrik semakin bertambah seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan kemajuan teknologi yang sangat cepat. Beragam metode telah diterapkan untuk meningkatkan penggunaan energi terbarukan sebagai pengganti energi fosil, salah satunya adalah pemanfaatan tenaga matahari dengan bantuan teknologi sel surya. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (solar cell) adalah pembangkit yang menghasilkan listrik dari sumber energi matahari [1]. Modul sel surya jenis Photovoltaic mengkonversi energi dari sinar matahari menjadi arus listrik DC. Arus listrik DC ini selanjutnya akan dialirkan ke dalam sebuah inverter yang berfungsi mengubahnya menjadi arus listrik AC, serta secara otomatis mengatur keseluruhan sistem. Arus listrik AC tersebut akan didistribusikan melalui panel distribusi dalam ruangan yang akan menyalurkan listrik sesuai kebutuhan peralatan elektronik. Besar dan biaya konsumsi listrik yang digunakan akan diukur dengan alat yang disebut Watt-Hour Meters. Sejak pengenalan sel surya atau solar cell, sudut pandang mengenai energi telah berubah, membuka peluang baru bagi masyarakat untuk mendapatkan energi listrik tanpa harus membakar sumber daya fosil seperti minyak bumi, gas alam, batu bara, atau reaksi nuklir, melainkan dengan memanfaatkan energi matahari. Pemakaian energi surya sebagai sumber tenaga alternatif untuk pembangkit listrik adalah inovasi yang sangat menakjubkan, di samping fakta bahwa matahari merupakan sumber tenaga yang sangat melimpah. Mengingat posisi Indonesia yang terletak di garis khatulistiwa, maka negara ini akan selalu menerima sinar matahari selama 10-12 jam setiap harinya dan memiliki intensitas radiasi yang sangat tinggi. [2]

Jadi saat ini, manusia tidak dapat terpisahkan dari kebutuhan akan penggunaan perangkat elektronik. Perangkat ini memainkan peran penting dalam memenuhi berbagai keperluan sehari-hari. Ketersediaan energi listrik kini menjadi aspek yang sangat krusial untuk mendukung penggunaan perangkat elektronik tersebut. Ditambah dengan tantangan krisis energi listrik yang perlu ditangani guna mendorong penghematan energi. Lampu adalah suatu alat atau komponen yang dapat memproduksi cahaya ketika dialiri oleh listrik. Arus listrik yang dimaksud bisa berasal dari sumber tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik besar atau dapat juga diperoleh dari baterai dan aki [3]. Dari sudut pandang ekonomi, menggunakan jaringan listrik PLN terbilang simpel dan hemat biaya dalam hal pemasangan awal, dan banyak telah dirasakan oleh sebagian masyarakat di Indonesia. Berbeda dengan tenaga surya, dari aspek ekonomi, biaya pemasangan awalnya lebih mahal jika dibandingkan dengan jaringan listrik PLN. Namun, mengingat bahwa saat ini jaringan listrik

PLN masih bergantung pada bahan bakar fosil, hal ini dapat mengakibatkan krisis energi yang dapat meningkatkan harga listrik di masa depan. Biaya awal untuk pembangunan PLTS bervariasi tergantung pada kapasitas yang diinginkan, tetapi PLTS ini bisa menjadi solusi untuk mengatasi krisis energi listrik di masa mendatang karena umur pakai PLTS ini cukup panjang. [4]

Ada beberapa isu di Universitas Harapan Medan, salah satunya adalah belum meratanya sistem penerangan di lingkungan kampus. PJU (Penerangan Jalan Umum) yang berbasis Tenaga Surya adalah sebuah sistem penerangan jalan umum yang memanfaatkan sumber daya listrik dari sistem mandiri yang diperoleh dari energi matahari. Banyak orang menggunakan istilah PJU tenaga surya ini, ada yang menyebutnya dengan singkatan PLTS, dan ada pula yang merujuknya sebagai PJU solar cell. Namun, pada dasarnya semua istilah tersebut merujuk kepada komponen utama yang menghasilkan energi dalam sistem penyedia daya dari PJU tersebut.

II. Metodologi Penelitian

2.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah suatu metode perancangan dan konstruksi sebuah alat untuk menghasilkan listrik dengan memanfaatkan sel surya atau *solar cell* . Metode ini meliputi analisis deskriptif, study literatur, perancangan alat hingga pembuatan PLTS.

2.2 Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam jangka 3 bulan dimulai pada bulan Mei 2025 sampai dengan Juli 2025 dilakukan di area kampus Universitas Harapan Medan. Fokus penelitian yang dilaksanakan tepatnya pada lahan parkir Fakutas Teknik dan Komputer Kampus Universitas Harapan Medan.

3.3 Perancangan Rangkaian

Tahap pengolahan data dan informasi menjadi suatu rancangan atau konsep rancangan awal PLTS dengan menggunakan abstraksi yang kemudian akan dikembangkan menjadi rancangan atau konsep terbaik. Tahapan ini juga mengembangkan solusi atau konsep awal rancangan PLTS dengan menyusun kombinasi varian. Dalam tahap ini juga akan menentukan struktur fungsi dari tiap komponen atau bagian guna mencari prinsip solusi bagaimana rancangan akan dibuat, serta menentukan rancangan terbaik berdasarkan perhitungan tertinggi dari varian yang ada. Setelah konsep rancangan terbentuk dengan baik, maka dilakukan evaluasi untuk meninjau kembali hasil dari penilaian berdasarkan pedoman atau daftar kehendak.[5]



Gambar 1. Alur Perancangan Alat

Panel surya menyerap sinar matahari dan mengkonversinya menjadi energi listrik, sebelum disalurkan ke baterai, energi dari panel surya harus terlebih dahulu melalui PWM. Alat PWM ini berfungsi untuk mengatur arus listrik yang masuk ke baterai sehingga mencegah kerusakan pada baterai. Setelah melewati proses di MPPT, energi yang dihasilkan dari panel surya akan disimpan dalam baterai. Energi yang tersimpan dalam baterai memiliki arus listrik DC dengan tegangan 12 V DC, sehingga energi ini belum dapat langsung digunakan untuk kebutuhan penerangan. Hal ini terjadi karena energi yang tersimpan dalam baterai berbeda dengan energi yang disuplai oleh PLN, yang menggunakan arus AC pada tegangan 220 V AC. Oleh karena itu, diperlukan inverter untuk mengkonversi arus DC dengan tegangan 12 V DC menjadi arus AC dengan tegangan 220 V AC. Setelah proses konversi melalui inverter, baru energi tersebut dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan.

III. Pengujian PLTS

3.1 Pengujian Panel Surya

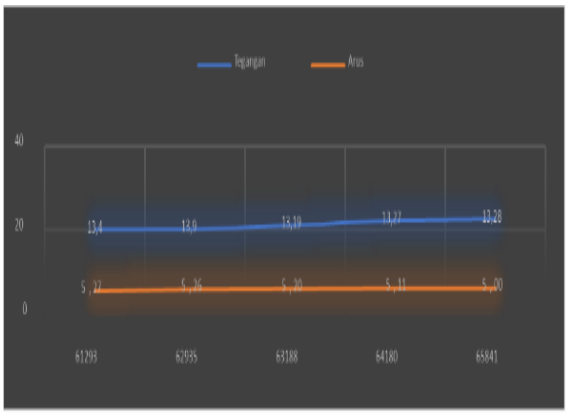
Proses pengujian meliputi *Timer*an lumen dengan menggunakan aplikasi di ponsel pintar, serta *Timer*an tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya yang diukur oleh PWM.[6]

Hasil pengujian dari panel surya yang dilakukan pada tanggal 19 Agustus 2025 mulai pukul 12:00 sampai 02:00. Pengujian meliputi parameter intensitas cahaya dalam Lumen, suhu panel dalam °C, tegangan dalam V, arus dalam A, dan daya keluaran dalam W. Berdasarkan data, nilai Lumen tertinggi terjadi pada pukul 02:00 sebesar 65842 Lux, dan terendah pada pukul 12:00 sebesar 61296 Lux. Suhu panel juga mengalami peningkatan dari 35,5°C pada pukul 12:00 menjadi 37,8°C pada pukul 02:00. Untuk daya keluaran, nilai tertinggi tercatat pada pukul 01:00 sebesar 73,39 W, sedangkan nilai terendah terjadi pada pukul 01:30 sebesar 66,35 W. Tegangan tertinggi 13,9 V pada pukul 12:30 dan arus tertinggi 5,27 A pada pukul 12:00.

Jadi dapat di simpulkan kinerja terbaik pada pengujian panel surya pada pukul 01:00 dengan daya sebesar 73,39 W, pada kondisi intensitas cahaya 63184 Lux dan suhu 36,7°C.

Tabel 1. Hasil Pengujian Panel Surya

No	Waktu	Lumen (Lux)	Suhu (C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	12:00	61296	35,5	13,4	5,27	70,61
2	12:30	62945	36,2	13,9	5,26	73,11
3	01:00	63184	36,7	13,19	5,20	73,39
4	01:30	64183	36,9	13,27	5,11	66,35
5	02:00	65842	37,8	13,28	5,00	67,86



Gambar 1. Grafik Lumen Terhadap Nilai Tegangan Dan Arus

Dari Tabel 1 dan Gambar 1 dapat ditarik kesimpulan bahwa keadaan panel surya dalam kondisi optimal. Ini terlihat dari peningkatan nilai lumen yang sejalan dengan bertambahnya nilai dari tegangan dan arus keluaran. Agar dapat mendapatkan nilai daya serta arus yang dihasilkan oleh panel surya, dilakukan penghitungan berdasarkan rumusan perbandingan dan perkalian dengan memperhatikan nilai daya maksimal, tegangan *open circuit*, serta arus *short circuit* pada panel surya

3.2 Pengujian PWM

Pengujian PWM (*Modulasi Lebar Pulse*) pada PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) / PDF (Perangkat *Fotovoltaik*) mencakup pemeriksaan dan evaluasi kinerja dari sistem yang memanfaatkan PWM untuk mengatur arus pengisian baterai. Hasil pengujian PWM berfungsi sesuai dengan standar yang ditetapkan. PWM tidak dapat beroperasi ketika panel surya sepenuhnya tertutup dan menghasilkan voltase di bawah 10V sesuai dengan data dari tabel 2 berikut ini.[7].

Tabel 2. Hasil Pengujian PWM

No	Kondisi	Lumen (Lux)	Tegangan (V)	Indicator (On/Off)
1	Terang	65180	13,8	On
2	Mendung	51003	12,2	On
3	Gelap	5600	9,5	Off

3.3 Pengujian Baterai

Kapasitas baterai diukur dalam Ampere-Jam / Ah (Ampere-Hour). Dalam penggunaannya, tipe baterai ini memiliki batas ideal 80%. Hal ini berarti dari 100%, hanya maksimal 80% daya yang dapat digunakan. Jadi untuk baterai dengan tegangan 12 V, arus 40 Ah [8]. Untuk menghitung durasi pemakaian baterai 12 volt 40 Ah dengan beban 90 watt, langkah-langkah berikut dapat diikuti:

1. Menghitung Arus yang ditarik oleh beban
   Arus yang ditarik oleh beban dapat dihitung menggunakan rumus daya listrik:

   $$\boldsymbol{P = V \times I}$$

   di mana
   P adalah daya dalam watt,
   V adalah tegangan dalam volt,
   dan I adalah arus dalam ampere.

   Maka, arus I dapat dihitung sebagai:

   $$\boldsymbol{I = \frac{P}{V}}$$

   $$I = \frac{90\ watt}{12\ volt} = 7{,}5\ ampere$$

2. Menghitung Durasi Pemakaian Baterai.

   Durasi pemakaian baterai dapat dihitung dengan membagi kapasitas baterai (dalam Ah) dengan arus yang ditarik oleh beban (dalam ampere):

   $$Durasi = \frac{Kapasitas\ Baterai}{Arus\ Beban}$$

   $$Durasi = \frac{40\ \text{Ah}}{7{,}5\ \text{ampere}}$$

   $$Durasi = 5{,}3\ jam$$

   Jadi baterai 12 volt 40 Ah dapat bertahan sekitar 5,3 jam dengan beban 90 watt.

3.4 Pengujian Inverter

Pengujian *Inverter* dalam sistem PLTS berguna untuk memastikan keandalan dan performa inverter sebelum digunakan dalam instalasi PLTS [9]. Yang bisa di lihat pada tabel 3 di bawah ini. Performa inverter yang baik dapat menjaga tegangan dan frekuensi yang stabil sesuai dengan spesifikasi. Output dari inverter yang baik nantinya dapat digunakan oleh beban.

Tabel 3. Hasil Pengujian Inverter

No	V in (V)	V out (V)	I in (A)	I out (A)	F (Hz)
1	12,8	224	2,59	0,07	50
2	12,8	224	2,59	0,07	50
3	12,79	223	2,59	0,07	50



Gambar 3. Pengujian Inverter

Inverter memiliki kondisi yang baik. Hal tersebut dapat diperhatikan dalam Tabel 3 bahwa keluaran dari *inverter* menghasilkan tegangan kisaran 220 Vac dan 50 Hz sesuai dengan jala-jala PLN.

3.5 Pengujian Keseluruhan

Pengujian dilaksanakan melalui beberapa fase, termasuk pengujian PLTS tanpa beban yang berlangsung selama 4 hari, uji pemakaian baterai untuk menyalakan lampu dengan daya maksimum dan minimum hingga baterai habis dalam kurun waktu 1 hari, serta pengujian dengan pengaturan kecerahan lampu secara otomatis selama 5,3 jam yang dilakukan selama 4 hari. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui daya dan durasi penggunaan baterai saat menggunakan controller maupun tanpa controller dengan kondisi beban yang setara. Seperti pada Tabel 4 berikut ini

Tabel 4. Hasil Pengujian Keseluruhan Dengan Beban Lampu

Waktu	V (Volt)			I (Amper)			Lumen	PWM	Keterangan
	Baterai	SCC	Lampu	Baterai	SCC	Lampu			
09.30	15.24	13.08	14.34	0.93	0.93	0.93	63100	255	Led Terang
10.00	15.06	12.89	14.03	0.96	0.96	0.9	63089	255	Led Terang
10.30	14.84	12.68	14.01	0.91	0.91	0.87	62907	255	Led Terang
11.00	14.71	12.55	13.98	0.87	0.87	0.84	62856	255	Led Terang
11.30	14.46	12.29	13.78	0.81	0.81	0.77	62771	255	Led Terang
12.00	14.37	12.22	13.64	0.79	0.79	0.75	62569	255	Led Terang
12.30	14.2	12.05	13.52	0.75	0.75	0.71	62472	255	Led Terang
13.00	14.11	11.34	5.34	0.32	0.32	0.27	6791	100	Led Terang
13.30	13.99	11.05	5.33	0.31	0.31	0.24	6665	100	Led Terang
14.00	13.78	10.68	5.24	0.28	0.28	0.23	6598	100	Led Redup
14.30	13.54	10.5	5.19	0.27	0.27	0.22	6479	100	Led Redup
15.00	13.42	09.36	2.85	0.22	0.22	0.2	6338	50	Led Redup
15.30	13.32	-	-	-	-	-	-	0	Led Mati

Tabel 4 di atas adalah pengujian keseluruhan kinerja PLTS dari pagi hingga sore, di mana pada pukul 09.30 hingga 12.30 sistem beroperasi optimal dengan tegangan, arus, dan lumen yang tinggi (PWM 255), menghasilkan cahaya "Led Terang" berkat intensitas matahari maksimal. Namun, mulai pukul 13.00, terjadi penurunan drastis pada seluruh parameter (tegangan, arus, dan lumen), disertai perubahan PWM menjadi 100 dan kemudian 50, yang kemungkinan besar disebabkan oleh penurunan intensitas matahari atau aktivasi manajemen daya untuk menghemat baterai, menyebabkan lampu meredup ("Led Redup") hingga akhirnya mati total ("Led Mati") pada pukul 15.30 karena daya yang tidak mencukupi atau proteksi baterai

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam pembuatan jurnal ini. Dukungan, bimbingan, dan kerja sama yang diberikan sangat berarti dalam proses penyusunan hingga penerbitan jurnal. Semoga jurnal ini dapat memberikan manfaat dan menjadi referensi yang bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan di masa mendatang.

IV. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

1. Penelitian ini berhasil menciptakan dan membangun sistem tenaga surya off-grid untuk penerangan lokasi parkir di Universitas Harapan Medan dengan memanfaatkan sistem otomatisasi waktu. Sistem yang dirancang mencakup panel surya fotovoltaik, pengontrol pengisian daya surya, baterai untuk penyimpanan, inverter dari DC ke AC, dan kontrol waktu yang bekerja secara sinergis.
2. Berdasarkan analisis dan tes yang dilaksanakan, sistem ini mampu memproduksi daya yang cukup untuk menjalankan beban lampu dengan daya 90 watt dan penggunaan arus sebesar 7,5 ampere pada voltase 12 volt.
3. Dengan baterai berkapasitas 40 Ah, sistem dapat beroperasi terus-menerus selama sekitar 5,3 jam, yang cukup untuk kebutuhan penerangan malam di area parkir kampus.
4. Penerapan sistem PLTS ini menunjukkan bahwa teknologi energi terbarukan bisa menjadi solusi yang layak dan berkelanjutan untuk keperluan penerangan off-grid.
5. Sistem timer yang terintegrasi memfasilitasi operasional otomatis tanpa memerlukan intervensi manusia, yang meningkatkan efisiensi dan kemudahan penggunaan.
6. Selain memberikan keuntungan ekonomi dalam jangka panjang melalui pengurangan biaya listrik dari PLN, sistem ini juga memberikan kontribusi terhadap perlindungan lingkungan dengan mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil.

4.2 Saran

Namun, penelitian ini juga menemukan beberapa bidang untuk pengembangan di masa mendatang, seperti peningkatan kapasitas baterai untuk waktu operasi yang lebih lama, penerapan sistem pelacakan matahari untuk optimasi daya, dan pengujian jangka panjang guna menilai daya tahan dan stabilitas sistem secara keseluruhan.

Daftar Pustaka

[1]. H. R. Iskandar, 2020, *Praktis Belajar Pembangkit Listrik Tenaga Surya*, pp. 1–23.

[2]. F. Pijoh, Brahmana Duta P. K, and Purba Parulian Lasman, 2024, *Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Energi RamahLingkungan yang Berkelanjutan*, Ind. Syst. Eng. Journals, vol. 2, no. 2, pp. 201–207.

[3]. N. Muhammad, 2023, *Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Offgrid Untuk Lampu Penerangan Pada Lahan Usaha Parkir* Mobil," Galang Tanjung, no. 2504, pp. 1–9, 2023.

[4]. W. Trenggalek, 2024, *I-Com : Indonesian Community Journal Pemanfaatan Solar Sel sebagai Sumber Energi Penerangan Tempat Parkir*, vol. 4, no. 4, pp. 2878–2885, 2024.

[5]. S. R. Hikmawan and E. A. Suprayitno, 2018, *Rancang Bangun Lampu Penerangan Jalan Umum (Pju) Menggunakan Solar Panel Berbasis Android (Aplikasi Di Jalan Parkiran Kampus 2 Umsida)*, Elinvo (Electronics, Informatics, Vocat. Educ., vol. 3, no. 1, pp. 9–17, 2018, doi: 10.21831/elinvo.v3i1.15343.

[6]. Y. Elhenawy, G. Hafez, S. Abdel-Hamid, and M. Elbany, 2020, *Prediction And Assessment Of Automated Lifting System Performance For Multi-Storey Parking Lots Powered By Solar Energy*, J. Clean. Prod., vol. 266, p. 121859, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121859.

[7]. A. S. Putra, H. Afianti, and R. Watiasih, 2023, *Comparative Analysis of Solar Charge Controller Performance Between MPPT and PWM on Solar Panels*, JEECS (Journal Electr. Eng. Comput. *Sci.*, vol. 7, no. 1, pp. 1197–1202, doi: 10.54732/jeecs.v7i1.217.

[8]. B. Bakhtiar and T. Tadjuddin, 2020, *Pemilihan Solar Charge Controller (Scc) Pembangkit Listrik Tenaga Surya*, Semin. Nas. Has. Penelit. ..., pp. 168–173.

[9]. Khairul Azmi, 2017, *Desain Dan Analisis Inverter Satu Fasa Dengan Menggunakan Metode Spwm Berbasis Arduino*, J. Komputer, Inf. Teknol. dan Elektro, vol. 2, no. 4, pp. 36–44, 2017.

[10]. M. R. Patel and O. Beik, 2021, *Wind and Solar Power Systems*. doi: 10.1201/9781003042952.

[11]. G. Agus Wira Dharma, D. Giriantari, I. Wayan Sukerayasa, I. Nyoman Setiawan, W. Gede Ariastina, and I. Nyoman Satya Kumara, 2024, *Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Pada Atap Gedung Parkir Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai*, J. SPEKTRUM, vol. 11, no. 2, pp. 11–20, 2024, [Online]. Available: https://ojs.unud.ac.id/index.php/spektrum/article/view/117698