

RANCANG BANGUN SISTEM *SWITCHING* DAN *MONITORING IoT* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK LISTRIK RUMAH SEDERHANA

Singgi Fadly¹, Slamet Riandi², M. Asep Rizkiawan³

¹²³⁴Program Studi Mekatronika, Politeknik Takumi, Indonesia
Email : singgi.sif@takumi.ac.id

Diterima: Juni 2025 | Disetujui: Juli 2025 | Dipublikasikan: Agustus 2025

ABSTRAK

PLTS menyerap *foton* melalui sel *photovoltaik* pada panel surya, mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik. Jumlah daya yang dihasilkan oleh panel surya dapat bervariasi tergantung pada jumlah cahaya yang diserap oleh panel matahari, maka harus diperiksa secara teratur karena jumlah daya yang dihasilkan oleh panel surya tergantung pada beberapa faktor lingkungan, seperti paparan debu atau kotoran lainnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memantau data keluaran pada PLTS, seperti arus, tegangan, daya, dan suhu, menggunakan *platform* blynk sebagai alat untuk pengukuran *IoT* dan data perbandingan menggunakan pengukuran multimeter kemudian dari penelitian ini, peneliti membuat data perbandingan hasil pengukuran *manual multimeter* dengan hasil pemantauan menggunakan komponen perbandingan tegangan, arus dan daya yang dikeluarkan oleh sensor PZEM-004T. Peneliti melakukan uji coba selama tiga hari dengan nilai yang bervariasi. Dari hasil pengujian panel surya, tegangan rata-rata didapat adalah 13,56V dan arus rata-rata 3.30A sedangkan komponen *inverter* yang bekerja pada beban memiliki nilai arus rata-rata 1.91A dan nilai tegangan rata-rata 224.33V yang diperoleh dari hasil sumber tegangan DC ke AC. Hasil perbandingan pengukuran *multimeter* dengan data pengukuran *IoT* bahwa memiliki nilai pengukuran yang berbeda diantara keduanya, dikarenakan alat ukur multimeter lebih akurat dibandingkan *IoT* yang masih bergantung terhadap jaringan lokal.

Kata kunci: PLTS, Sistem *Switching*, Blynk, *IoT*

ABSTRACT

Solar power plants absorb photons through photovoltaic cells on solar panels, converting sunlight energy into electrical energy. The amount of power generated by solar panels can vary depending on the amount of light absorbed by the solar panels, so regular checks must be carried out because the amount of power generated by solar panels depends on several environmental factors, such as exposure to dust or other dirt. The purpose of this study is to monitor output data on solar power plants such as current, voltage, power, and temperature using the blynk platform as an IoT measurement tool and comparative data using multimeter measurements. Then from this study, researchers made comparative data from manual multimeter measurements with monitoring results using voltage, current, and power comparison components issued by the PZEM-004T sensor. Researchers conducted trials for three days with varying values. From the results of the solar panel test, an average voltage value of 13.56V and an average current of 3.30A were obtained, while the inverter component working on the load had an average current value of 1.91A and an average voltage value of 224.33V obtained from the results of the DC to AC voltage source. The results of the comparison of multimeter measurements with IoT measurement data show that the measurement values are different between the two, because the multimeter measuring instrument is more accurate than the IoT which still relies on the local network.

Keywords: PLTS, *Switching System*, Blynk, *IoT*

1. PENDAHULUAN

Energi matahari merupakan sumber energi yang dihasilkan dari pancaran cahaya matahari. PLTS dapat mengubah energi cahaya matahari ke dalam bentuk energi listrik dengan cara menyalurkan *foton* melalui sel-sel *photovoltaic* yang ada pada panel surya [1]. Besarnya energi listrik yang dihasilkan dari panel surya tentunya dapat berubah-ubah bergantung pada banyaknya cahaya yang diserap oleh panel surya. Selain itu, besarnya energi listrik yang dihasilkan panel surya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitarnya antara lain terkena kotoran yang dapat berupa debu ataupun yang lainnya. Ketika kotoran menumpuk dipermukaan panel surya secara terus menerus akan mengakibatkan penurunan keluaran energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya sehingga perlu dilakukan monitoring secara terus menerus.

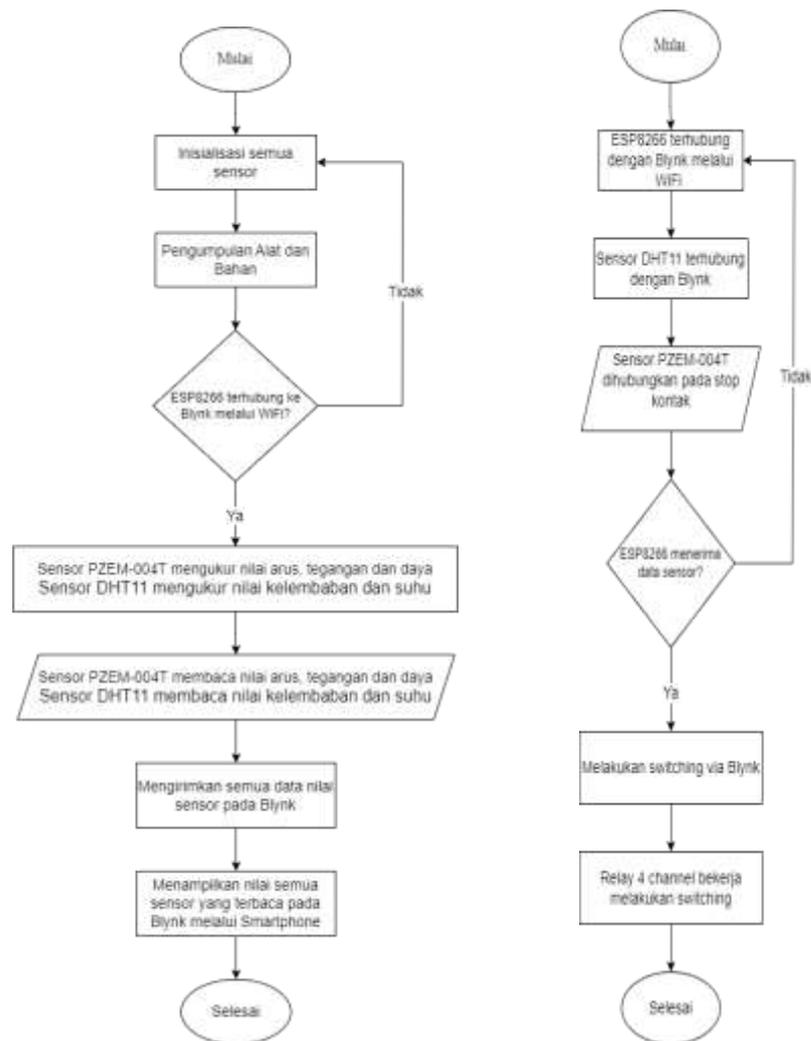
Menerapkan teknologi fasilitas listrik memungkinkan pemantauan data yang lebih canggih dan efisien. Keuntungan utama memanfaatkan teknologi untuk memantau pembangkit listrik adalah kemampuan untuk memantau data dari jarak jauh dan mengakses informasi waktu nyata pada perangkat seperti komputer atau *smartphone* melalui *konektivitas internet*, fitur ini memungkinkan pengguna untuk melacak metrik, seperti tegangan dan arus yang memungkinkan mereka untuk mengatasi anomali yang mungkin timbul dalam sistem [2]. Oleh karena itu, mengintegrasikan teknologi ke dalam pemantauan pembangkit listrik tenaga surya merupakan sebuah kemajuan yang dapat meningkatkan efisiensi operasional dan daya tanggap terhadap kondisi sistem. Beberapa studi sebelumnya telah mengulas tentang pemantauan panel surya melalui *IoT* dengan memanfaatkan berbagai *platform* sebagai alat untuk memantau data, contohnya *Firebase* [3] [4]. Sementara itu, beberapa riset lainnya memanfaatkan *Thingspeak* sebagai *platform* untuk memantau panel surya melalui *IoT* [5]. Dan ada pula yang menggunakan *Automatic Transfer Switch (ATS)* untuk menentukan kapan saat beban dialihkan ke sumber dari PLTS atau PLN [6]. Dalam penelitian ini fokus pada pengembangan peralihan dan pemantauan data keluaran menggunakan aplikasi *smartphone* untuk pembangkit listrik tenaga surya sehingga dapat membaca arus, tegangan dan daya. *Platform* ini dipilih karena antarmuka grafisnya yang tidak terlalu teknis, yang memungkinkan untuk menarik data langsung melalui aplikasi *blynk*. Maka diharapkan, rancang bangun ini akan mudah dan efisien digunakan oleh pengguna untuk melihat informasi atau data secara *real time* dengan akurat dan baik.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian langsung dilakukan menggunakan data pengukuran lapangan dengan melihat kondisi cuaca dan komponen yang digunakan. Perancangan ini meliputi perangkat *hardware* dan *software* dengan desain panel yang ditampilkan secara nyata. Perangkat *hardware* dimonitor menggunakan *smartphone* pada aplikasi *blynk*. Berikut ini ada beberapa metode peneliti dapat jelaskan sebagai berikut:

1.1 Diagram Alir Penelitian

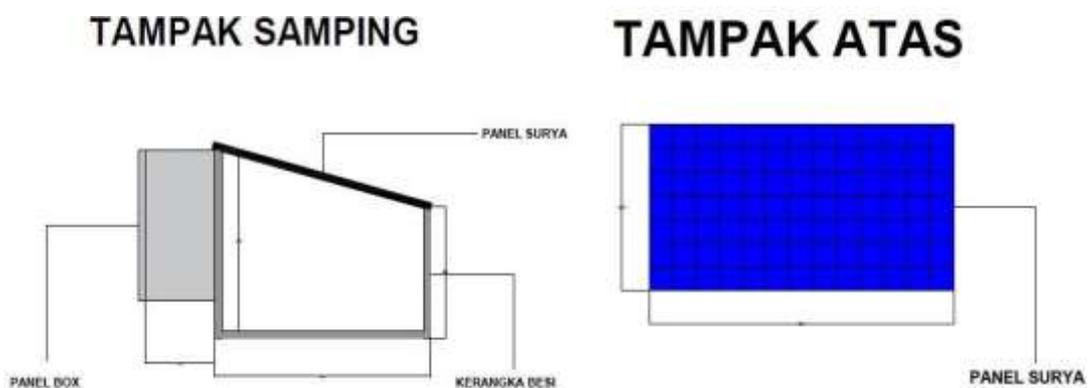
Sistem monitoring dalam penelitian khusus ini dibuat untuk memantau kondisi parameter listrik pada PLTS maupun PLN agar menjadi lebih mudah. Adapun sistem perancangan monitoring dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

1.2 Perancangan Alat

Adapun desain alat dari Rancang Bangun Sistem *Switching* dan Monitoring PLTS Berbasis *IoT* dapat dilihat pada gambar rancangan *prototipe* ditunjukkan pada Gambar 2.

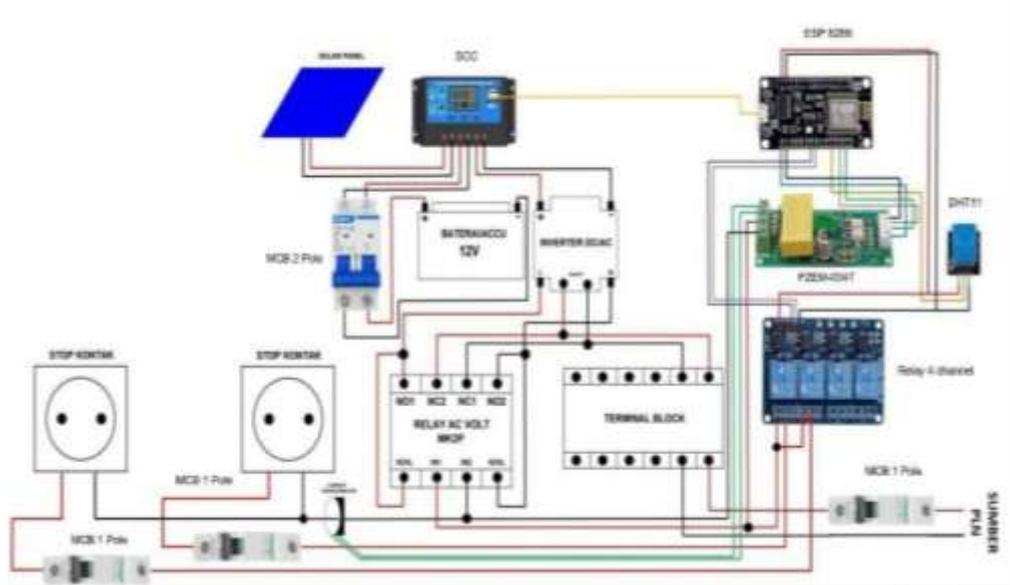


Gambar 2. Panel PLTS *IoT*

1.3 Perancangan Sistem Kelistrikan

Desain sistem kelistrikan ini mencakup komponen-komponen untuk *switching* serta alat monitoring PLTS. Komponen sistem kelistrikan meliputi *relay 4 channel*, modul ESP8266, sensor PZEM-004T, dan sensor DHT11, Sedangkan komponen PLTS meliputi panel surya, SCC (*solar charge controller*),

baterai, *inverter*, dan lampu pijar sebagai beban. Rancangan sistem kelistrikan ini disusun dengan *wiring* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian Sistem Kelistrikan PLTS *IoT*

1.4 Perancangan Sistem *IoT*

Antarmuka pengguna blynk dapat dilihat pada Gambar 4. Proses perancangan blynk melibatkan beberapa tahapan, yaitu:

- Pembuatan template untuk menampilkan data kepada pengguna.
- Pembuatan data *streams* sebagai pin-pin virtual untuk mengirimkan data seperti tegangan, arus, daya, dan lainnya.
- Konfigurasi perangkat baru agar *template* dan data *streams* yang telah dibuat dapat diintegrasikan dengan ESP8266, memastikan bahwa antarmuka pengguna blynk berfungsi dengan baik.



Gambar 4. *Interface* Blynk

1.5 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini membutuhkan objek komponen yang mendukung kegiatan penelitian yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen Rancang Bangun PLTS *IoT*

NO	Nama Alat	Merk/Type
1	Panel surya	100 WP
2	SCC (<i>Solar Charge Controller</i>)	10A
3	Baterai	12V 7Ah
4	<i>Inverter</i>	300W
5	MCB	2 Pole
6	MCB	1 Pole
7	Sensor Tegangan & Arus	PZEM-004T
8	Sensor Kelembaban dan Suhu	DHT11
9	ESP	8266
10	Relay	MK2P
11	Relay	4C
12	Panel Box	40x30x20cm

Pembangkit listrik tenaga surya atau sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), menggunakan teknologi *fotovoltaik* (PV) atau sel surya untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik. *Kristal silikon* (Si) yang tipis digunakan dalam sel *fotovoltaik*, atau sel surya, perangkat *semikonduktor* yang secara langsung mengubah energi matahari menjadi arus searah (DC). Tegangan yang dihasilkan dalam sel surya merupakan fungsi dari intensitas radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi [7]. Sistem *off grid* biasanya menambah kapasitas baterai tergantung pada pertimbangan biaya untuk memperhitungkan kemungkinan kondisi cuaca mendung atau cerah, yang dikenal sebagai *Days of Autonomy* (DoA) yang terjadi lebih dari satu kali [8]. Modul surya merupakan hubungan keluaran daya modul surya yang berada pada bagian belakang dan berfungsi sebagai interkoneksi dengan modul surya lainnya. *Inverter* beroperasi dengan menggunakan saklar untuk memotong tegangan DC. Tegangan tersebut kemudian disalurkan secara alternatif ke trafo melalui koneksi CT (*Center Tapped*). Penyimpanan Energi listrik modul surya disimpan didalam baterai sehingga dapat digunakan selama periode sinar matahari yang rendah. Kapasitas baterai diukur dalam Ah (*Ampere-hour*) yang disimpan ke SCC 30A sebagai pengatur penyimpanan dan pengeluaran energi listrik ke baterai untuk mengisi daya baterai dan memindahkan energi dari baterai ke beban dikendalikan oleh perangkat listrik yang disebut kontrol pengisian daya surya [9]. Alat ini menghentikan kelebihan daya dari panel surya dan sel surya serta pengisian daya yang berlebihan (yang terjadi ketika baterai terisi penuh) dan relay menggerakkan kontak saklar menggunakan prinsip *elektromagnetik*, memungkinkan aliran listrik bertegangan lebih tinggi melalui arus listrik yang kecil (berdaya rendah). Kemudian komponen untuk monitoring merupakan suatu proses yang terintegrasi dengan tujuan memastikan bahwa suatu proses berjalan sesuai rencana yang ditargetkan untuk memastikan suatu proses berjalan dengan lancar dan sesuai rencana, maka dalam hal ini perlu dilakukannya proses pengecekan secara berkala dan rutin atau bisa disebut dengan memonitoring suatu proses [10]. Komponen pendukung *IoT* adalah ESP8266, *relay 4 channel* dan sensor PZEM 004T yang berfungsi untuk melakukan *monitoring* tegangan, arus dan daya sebagai data pembandingnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pembuatan rancang bangun *IoT* PLTS ini meliputi hasil realisasi alat, hasil pengukuran yang dibahas terkait pengujian yang dilakukan pada alat untuk melihat apakah hasilnya konsisten dengan strategi. Selain itu, pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kekurangan proses sehingga penelitian dimasa depan dapat berfokus pada pengembangan instrumen yang lebih optimal untuk peningkatan proses. Pengujian meliputi penggunaan *multimeter* untuk mengukur daya, tegangan, dan

arus secara langsung pada sel surya dan beban. Hasilnya kemudian dibandingkan dengan nilai yang dinyatakan dalam program blynk.

1.6 Hasil Pengujian Solar Panel Terhadap Baterai

Hasil pengukuran alat merupakan kegiatan pengambilan data dari alat yang telah dibuat, dalam pengukuran alat pada penelitian ini diambil tiga sub bab, yaitu pengukuran panel surya dan baterai, pengukuran *Inverter* (beban), dan perbandingan monitoring beban dengan menggunakan aplikasi *Blynk*.



Gambar 5. Posisi Panel Surya Atap

Menganalisis tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya 100 Wp diruang terbuka dilakukan dengan menggunakan *Multimeter Digital*. Alat ini juga mengukur tegangan dan arus baterai panel surya. Pengujian dilakukan dari fajar hingga senja dengan selang waktu enam puluh menit di antara setiap pengambilan data. Hasil pengujian baterai dan panel surya ke tiga hari diuji ditunjukkan pada Tabel 2. Ketika mengevaluasi panel surya dan baterai, daya dihasilkan dengan mengalikan tegangan dengan arus pada setiap nilai.

Tabel 2. Hasil Data Harian PLTS

Ringkasan Data Harian Pengujian Panel Surya				
Rentang Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Energi (Wh)
Hari Ke-1	13.61	3.47	47.35	377.81
Hari Ke-2	13.70	3.20	44.18	350.72
Hari Ke-3	13.37	3.22	43.10	344.41

Pada hari pertama pengujian, panel surya menghasilkan tegangan sebesar 13,61 volt dan arus sebesar 3,47 ampere, menghasilkan daya sebesar 47,35 watt dan energi sebesar 377,81 watt jam. Pada hari kedua, panel surya mengalami sedikit peningkatan tegangan menjadi 13,70 volt, namun arus yang dihasilkan menurun menjadi 3,20 ampere. Hal ini mengakibatkan daya yang dihasilkan menurun menjadi 44,18 watt dan energi yang dihasilkan menjadi 350,72 watt jam. Pada hari ketiga, panel surya mengalami penurunan tegangan menjadi 13,37 volt dan arus yang dihasilkan menjadi 3,22 ampere. Daya yang dihasilkan juga menurun menjadi 43,10 watt dan energi yang dihasilkan menjadi 344,41 watt jam.

Dari data tersebut, dapat dilihat bahwa panel surya mengalami perubahan nilai yang tidak menentu (fluktuasi) dalam menghasilkan tegangan, arus, daya, dan energi dari hari ke hari. Namun, secara keseluruhan, panel surya masih dapat menghasilkan energi yang cukup besar dalam waktu tiga hari pengujian.

1.7 Hasil Pengujian Beban Terhadap *Inverter*

Menguji beban *inverter* sangat penting untuk memastikan bahwa itu bekerja dengan baik dan dapat diandalkan saat mengubah listrik DC menjadi listrik AC. *inverter* kali ini diuji menggunakan metode beban parsial yaitu uji dengan berbagai tingkat beban (misalnya, 25%, 50%, 75% dari kapasitas maksimal) untuk memastikan *inverter* berfungsi dengan baik diberbagai kondisi. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pembebanan Pada *Inverter*

Dari percobaan beban menggunakan *inverter* dengan empat buah lampu pijar adanya hasil daya berbeda-beda memiliki hasil rata-rata tegangan dan arus AC serta tegangan dan arus DC pada Tabel 3. Sebagai berikut:

Tabel 3. Data Hasil Tegangan dan Arus *Inverter*

Hasil Rata-rata Tegangan dan Arus AC/DC				
Rating Beban	Rata-rata Tegangan AC	Rata-rata Arus AC	Rata-rata Tegangan DC	Rata-rata Arus DC
75 Watt	231.53	0.35	11.18	8.78
100 Watt	231.44	0.35	11.20	8.95
125 Watt	215.23	0.58	12.54	12.22
150 Watt	219.11	0.63	12.39	13.25

Sepanjang pengujian, pada *sample* Tabel 3. baterai menunjukkan kemampuannya untuk memasok daya ke beban 75 watt, dengan keluaran tegangan rata-rata 231,53 volt AC dan 11,18 volt DC. Keluaran arus rata-rata adalah 0,35 ampere AC dan 8,78 ampere DC.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa baterai mampu menopang beban 75 watt selama setidaknya satu jam, dengan kinerja yang relatif stabil selama pengujian. Informasi ini sangat penting dalam menentukan kesesuaian baterai untuk berbagai aplikasi dan kemampuannya untuk memenuhi kebutuhan daya yang diperlukan.

1.8 Hasil Pengukuran *Multimeter* Terhadap *Monitoring Blynk*

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk membandingkan hasil dari langkah-langkah pemantauan data yang dilakukan menggunakan aplikasi *Blynk* dengan pembacaan *multimeter* langsung. Diperkirakan bahwa dengan mengumpulkan data menggunakan berbagai beban dan menggunakan *multimeter* untuk mengukur tegangan dan arus langsung pada beban, penelitian ini akan memastikan perbedaan *persentase* antara dua metodologi pengukuran. Aplikasi *Blynk* akan digunakan untuk melacak pengukuran. perbandingan ini adalah untuk menentukan nilai tegangan dan arus yang dilaporkan oleh *persentase* akurasi aplikasi *Blynk*. Selanjutnya, perbandingan akan dilakukan antara *persentase* dan pembacaan faktanya. Dengan mengaplikasikan empat jenis daya beban yang berbeda pada setiap kotak kontaknya. Data penelitian dapat dilihat pada tabel 4. dibawah ini.

Tabel 4. Hasil Data Perbandingan Metode Pengukuran

Multimeter			Monitoring Blynk (IoT)			
Beban	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
Lampu Pijar 275W	213.20	1.17	199.55	205.40	1.18	241.70
Lampu Pijar 100W	220.5	0.39	68.79	220.3	0.43	94.5
Lampu Pijar 75W	221.4	0.39	69.07	221.8	0.43	96.1
Lampu Pijar 25W	220.6	0.2	35.29	220.4	0.27	58.8

Percobaan ini melibatkan pengukuran tegangan, arus, dan konsumsi daya dari empat jenis lampu yang berbeda dengan menggunakan dua metode yang berbeda: multimeter dan sistem pemantauan *blynk*. Lampu yang digunakan adalah lampu 275W, 100W, lampu 75W, dan lampu 25W. Dengan menggunakan multimeter, pengukuran menunjukkan bahwa lampu 275W beroperasi pada tegangan 213,20V, arus 1,17A, dan konsumsi daya 199,55W. Lampu 100W beroperasi pada tegangan 220,5V, arus 0,39A, dan konsumsi daya 68,79W. Lampu 75W beroperasi pada tegangan 221,4V, arus 0,39A, dan konsumsi daya 69,07W. Terakhir, lampu 25W beroperasi pada tegangan 220,6V, arus 0,2A, dan konsumsi daya 35,29W.

Sebaliknya, sistem pemantauan *Blynk* menunjukkan hasil yang sedikit berbeda. Lampu 275W beroperasi pada tegangan 205,40V, arus 1,18A, dan konsumsi daya 241,70W. Lampu 100W beroperasi pada tegangan 220,3V, arus 0,43A, dan konsumsi daya 94,5W. Lampu 75W beroperasi pada tegangan 221,8V, arus 0,43A, dan konsumsi daya 96,1W. Terakhir, lampu 25W beroperasi pada tegangan 220,4V, arus 0,27A, dan konsumsi daya 58,8W. Pada kesimpulan hasil pengukuran ini dapat ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Pengukuran Perbandingan *Smartphone* Terhadap *Multimeter*

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil merancang PLTS *IoT* untuk rumah sederhana dengan melakukan *switching* maka peneliti memiliki kesimpulan yaitu kondisi cuaca sangat berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan oleh panel surya dengan daya terbesar yang dihasilkan panel surya dalam penelitian ini yaitu pada hari ke-1 dengan daya sebesar 377.81 Wh, dengan variasi beban AC, 150W, 125W, 100W, dan 75W dihasilkan keluaran pada *inverter* tegangan rata-rata 224.33V dan rata-rata arus 1.91A. Dalam penelitian dilakukan selama 3 hari rata-rata solar panel dapat memberikan *keluaran* tegangan sebesar 13.56V, dengan rata-rata arus 3.30A, serta mendistribusikan daya dengan rata-rata besaran daya 357.65Wh, lalu dari data yang didapatkan dalam penelitian selama 3 hari ini rata-rata baterai memperoleh *masukan* tegangan dari solar panel sebesar 13.48V dengan rata-rata arus 3.26A karena *inverter* dapat menaikan tegangan (*Voltage*), arus (*ampere*) jadi turun dan daya (*Watt*) tetap turun akibat efisiensi kemudian jumlah tegangan yang disimpan dalam baterai menentukan berapa lama *inverter* akan berada di bawah beban. Pada nilai daya *inverter* menentukan seberapa baik *inverter* dapat menanganai beban yang diterapkan padanya. Peneliti melakukan banding hasil pengukuran *multimeter* dengan data pengukuran *IoT* bahwa hasilnya ada nilai yang berbeda diantara keduanya dikarenakan *multimeter* adalah hasil pengukuran yang lebih akurat dibandingkan *IoT* dimana bisa bergantung jaringan lokal pengguna. Dalam penelitian ini masih banyak kekurangan atau kelemahan yang perlu ditingkatkan yaitu mengurangi pemakaian beban dapat dilakukan secara otomatis apabila tegangan baterai di bawah 10.6V sehingga tidak merusak peralatan elektronika yang digunakan ketika terjadi drop tegangan, menggunakan solar panel dengan daya yang besar, menggunakan *inverter* dan aki sesuai dengan kebutuhan, lalu dapat memberikan notifikasi perpindahan *switching* sumber listrik yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. W. Ramadhan *et al.*, "Penerapan IoT dalam Sistem Monitoring Kesehatan: Inovasi dan Implementasi," vol. 23, no. 4, pp. 763–772, 2024.
- [2] S. Goel, S. Panda, N. M. Kumar, and R. Sharma, "Effect of soiling on power output of a photovoltaic system," *Lect. Notes Electr. Eng.*, vol. 630, no. January 2021, pp. 351–359, 2020, doi: 10.1007/978-981-15-2305-2_28.
- [3] I. Allafi and T. Iqbal, "Design and implementation of a low cost web server using ESP32 for real-time photovoltaic system monitoring," *2017 IEEE Electr. Power Energy Conf. EPEC 2017*, vol. 2017-Octob, pp. 1–5, 2017, doi: 10.1109/EPEC.2017.8286184.
- [4] A. Hidayah and D. Irawan, "Implementasi Fuzzy Logic Pada Kontrol Solar Tracker Dual Axis Berbasis Haiwel Clouds Scada," *Techno.Com*, vol. 23, no. 2, pp. 400–410, 2024, doi: 10.62411/tc.v23i2.10356.
- [5] D. Erwanto, D. A. Widhining K., and T. Sugiarto, "Sistem Pemantauan Arus Dan Tegangan Panel Surya Berbasis Internet of Things," *Multitek Indones.*, vol. 14, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.24269/mtkind.v14i1.2195.
- [6] D. Mulyati, F. Bakri, I. Umami, D. Sumardani, and D. Ambarwulan, "The generator operating system automatically uses a motorized change over switch devices," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1402, no. 4, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1402/4/044010.
- [7] N. Safitri, P. N. Lhokseumawe, T. Rihayat, and P. N. Lhokseumawe, *NO . ISBN 978-623-91323-0-9*, no. June. 2020.
- [8] R. Rafli, J. Ilham, and S. Salim, "Perencanaan dan Studi Kelayakan PLTS Rooftop pada Gedung Fakultas Teknik UNG," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 8–15, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i1.10790.
- [9] D. Of *et al.*, "Enrichment : Journal of Multidisciplinary Research and Development DESIGN OF SOLAR ELECTRIC BICYCLE BASED ON PULSE WIDTH MODULATION ON," vol. 2, no. 6, pp. 1–12, 2024.
- [10] A. Ardiansyah, "Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT (Internet of Things)," *Univ. Islam Indones.*, 2020, [Online]. Available: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/23561>