

DESAIN SISTEM MONITORING DAYA PLTS UNTUK TANAMAN HIDROPONIK SELADA LAB LISTRIK

Oleh : Aggie Brenda Vernandez¹, Mochammad Muqorrobin², Adi Wasono³, Haris Santosa⁴, Parsumo Rahardjo⁵

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof H Sudarto, S.H. Tembalang, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia, 50275.

E-mail : m.muqorrobin@polines.ac.id¹

Abstrak

Energi listrik yang dihasilkan dari konversi sinar matahari dapat digunakan sebagai tenaga untuk beberapa peralatan yang digunakan pada kegiatan pertanian. Fokus penelitian ini adalah membuat alat yang mampu digunakan untuk memantau dan mengukur daya yang dikeluarkan pada suatu sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang diaplikasikan pada sektor bidang pertanian berupa lahan hidroponik selada pada lab listrik untuk penghematan dan efisiensi energi. Power Meter digunakan sebagai alat pemantau dan pengukur daya dan PLC digunakan sebagai alat kendali utama sistem. Inverter yang digunakan adalah tipe On-GRID, Penelitian ini menggunakan platform aplikasi Internet of Things (IoT) dan cloud server untuk memantau daya dan suhu melalui aplikasi bernama Hydrovolts. Hasil pengujian menunjukkan daya rata-rata yang dikonsumsi dari masing-masing mode PLN dan PLTS adalah 57,2 W dan 83,37 W. Pengujian yang dilakukan menunjukkan adanya penghematan energi didapatkan yaitu sebesar 44 Wh.

Kata kunci : energi, hidroponik, IoT, PLTS

Abstract

The electrical energy generated from the conversion of sunlight can be used to power various equipment utilized in agricultural activities. This research focuses on developing a device capable of monitoring and measuring the power output of a Solar Power Plant (PLTS) system applied in the agricultural sector, specifically in a hydroponic lettuce farm located in an electrical laboratory, to promote energy savings and efficiency. A Power Meter is used as the monitoring and measuring instrument, while a PLC serves as the main control unit of the system. The inverter used is of the On-GRID type. This study employs an Internet of Things (IoT) application platform and a cloud server to monitor power and temperature through an application called Hydrovolts. Test results show that the average power consumption in PLN and PLTS modes is 57.2 W and 83.37 W, respectively. The conducted tests indicate an energy saving of 44 Wh.

Keyword : energy, hydroponic, IoT, PLTS

1. PENDAHULUAN

Sektor pertanian memiliki peran vital dalam perekonomian Indonesia, mengingat sebagian besar penduduknya menggantungkan hidup pada sektor ini. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, luas lahan pertanian mengalami penurunan yang cukup signifikan. Fenomena alih fungsi lahan ke sektor non-pertanian kian marak dan menjadi tantangan serius yang perlu segera diatasi. Di tengah keterbatasan lahan tersebut, masyarakat mulai mengembangkan metode pertanian yang lebih efisien dan adaptif terhadap ruang terbatas, salah satunya melalui pertanian perkotaan (*urban farming*). Model ini mengandalkan intensifikasi pemanfaatan lahan sempit di wilayah perkotaan untuk

membudidayakan sayuran dan buah-buahan segar guna mencukupi kebutuhan konsumsi sehari-hari (Winardi et al. 2023; Putri 2023; Santoso et al. 2023). Jenis tanaman yang umumnya dibudidayakan di lahan terbatas adalah tanaman yang cepat panen dan memiliki sistem perakaran yang dangkal. Salah satu metode budidaya yang semakin populer adalah sistem hidroponik. Metode ini dinilai lebih efisien dalam penggunaan air dan tidak memerlukan media tanah yang subur. Untuk mendukung sistem hidroponik secara berkelanjutan, terutama dalam hal penghematan energi, penerapan sumber energi alternatif seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi pilihan yang menjanjikan (Wijayanto et al. 2022; bin Laden 2024)

PLTS merupakan sistem pembangkit listrik yang mengonversi energi matahari menjadi listrik melalui perangkat sel surya atau panel surya. Teknologi ini tergolong energi terbarukan (renewable energy) dan memberikan keuntungan jangka panjang dari sisi efisiensi dan dampak lingkungan. Pemerintah melalui Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), khususnya Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi (EBTKE), secara aktif mendorong pemerataan akses energi bersih dan berkelanjutan di seluruh wilayah Indonesia. Dalam panduan *Tata Kelola PLTS Terpadu Offgrid yang Berkelanjutan, Tanggap Gender dan Inklusif*, disebutkan bahwa rasio elektrifikasi nasional telah mencapai 99,63% pada tahun 2022, dan ditargetkan mencapai 100% pada tahun 2023 (Abdulghani et al. 2024).

Agar pemanfaatan PLTS berjalan optimal, diperlukan sistem pemantauan (monitoring) yang mampu merekam dan menyajikan data penting seperti tingkat penyerapan energi matahari, daya yang digunakan, serta parameter operasional lainnya yang mendukung efisiensi kerja sistem (Syabrina 2022).

Berdasarkan tantangan yang dihadapi pada sistem pertanian hidroponik dan urgensi dalam penerapan energi terbarukan, dirumuskanlah sebuah solusi berupa pengembangan sistem monitoring PLTS yang diterapkan pada pompa air hidroponik. Sistem ini diharapkan dapat mengurangi konsumsi listrik dari jaringan umum serta mendorong praktik pertanian yang ramah lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini diusulkan dengan judul: “Desain Sistem Monitoring Daya PLTS untuk Tanaman Hidroponik Selada di Lab Listrik.”

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hidroponik

Hidroponik merupakan suatu sistem bercocok tanam yang tidak menggunakan media tanah sebagai media bercocok tanamnya. Hidroponik dapat dilakukan

dalam lingkungan yang terbatas dan tidak ada lahan yang luas untuk digunakan dalam pertanian. Sistem hidroponik ini cocok digunakan sebagai media tanam bagi beberapa tanaman sayur sayuran kecil seperti selada, bayam, dan sawi hijau. Sistem hidroponik sendiri memang tidak memerlukan lahan yang luas dalam pengimplementasiannya, tetapi dalam bisnis pertanian hidroponik perlu dipertimbangkan mengingat tempat dan cakupan hasil pangan yang dihasilkan tidak sebanyak sistem pertanian pada umumnya.

Hidroponik sendiri memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan metode tanam yang lain. Tanaman hidroponik yang tumbuh lebih terjamin dalam segi kualitasnya dikarenakan nutrisi yang diperhatikan dengan seksama. Selain itu, perawatan dari tanaman hidroponik lebih praktis dan gangguan dari hama tanaman dapat lebih terkontrol dibandingkan dengan sistem pertanian konvensional (Setiawan et al. 2020; Santoso et al. 2023). Perawatan tanaman hidroponik tidak membutuhkan banyak tenaga karena kerja dari pertanian hidroponik tidak seberat dari pertanian secara konvensional (Herdhiansyah and Asriani 2023; Putri 2023; Winardi et al. 2023).

Kekurangan dari sistem hidroponik adalah memerlukan investasi di awal yang cukup mahal. Hal ini dikarenakan besarnya persiapan agar dapat menunjang tanaman sehingga dapat tumbuh dengan baik dan maksimal. Persiapan tersebut meliputi bentuk sistem, pemilihan nutrisi, dan sebagainya. Selain itu, keterampilan khusus juga diperlukan agar tanaman hidroponik tidak rusak dan mampu tumbuh sesuai yang diinginkan (Nasution et al. 2020; Rahman and Malik 2024; Lestari et al. 2023).

2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan sistem pembangkit energi yang memanfaatkan cahaya matahari untuk diubah menjadi listrik.

Energi matahari termasuk sumber daya alam terbarukan yang telah dimanfaatkan secara luas, salah satunya dalam penyediaan daya untuk satelit komunikasi menggunakan teknologi sel surya.

PLTS dikenal sebagai salah satu solusi ramah lingkungan dalam pembangkitan listrik. Teknologi ini menjadi alternatif pengganti pembangkit berbasis bahan bakar fosil seperti batu bara dan minyak bumi. Seiring waktu, inovasi dalam pengembangan panel surya atau solar cell terus meningkat, baik dari segi efisiensi penyerapan energi, ketahanan baterai, hingga keandalan sistem secara keseluruhan.

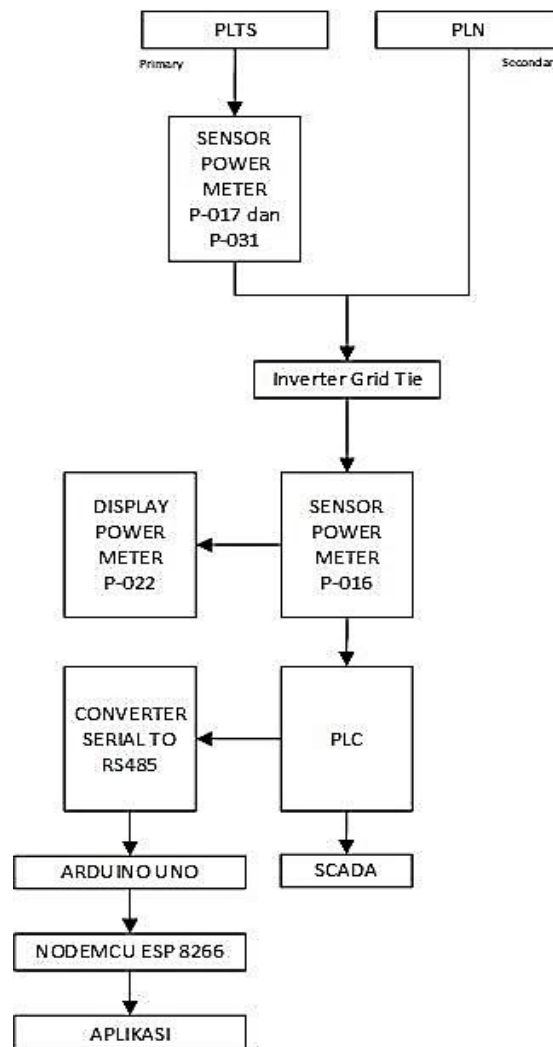
Panel surya sendiri tersusun dari kumpulan sel surya yang mampu mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. Panel ini juga dikenal sebagai sel fotovoltaik, istilah yang merujuk pada proses perubahan cahaya menjadi listrik. Prinsip kerja sel surya bergantung pada efek fotovoltaik, di mana energi matahari diserap untuk menghasilkan aliran listrik antara dua lapisan bermuatan berbeda. Karena sebagian besar peralatan rumah tangga beroperasi menggunakan arus bolak-balik (AC), dibutuhkan inverter untuk mengubah arus searah (DC) dari panel menjadi arus AC.

Agar menghasilkan kinerja maksimal, panel surya idealnya diposisikan menghadap langsung ke matahari. Panel-panel modern umumnya sudah dilengkapi perlindungan terhadap panas berlebih (overheating) menggunakan material konduktif termal. Ini penting, mengingat hanya kurang dari 20% energi matahari yang dikonversi menjadi listrik, sementara sisanya menjadi panas yang dapat mengurangi efisiensi sistem jika tidak dikendalikan. Di sisi lain, panel surya tergolong mudah dalam perawatan karena tidak memiliki komponen mekanis yang bergerak. Perhatian utama adalah memastikan tidak ada bayangan atau kotoran yang menghalangi cahaya mencapai permukaan panel

3. METODE PENELITIAN

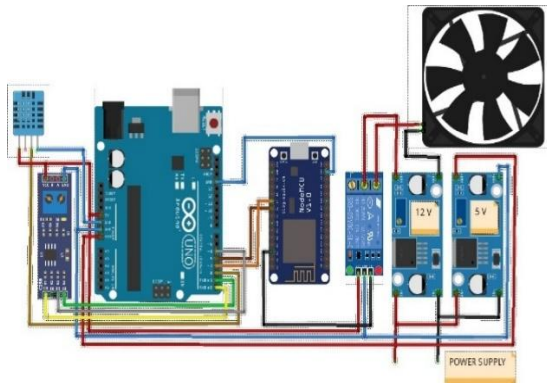
3.1 Tahap Perancangan Alat

Metode yang digunakan di dalam penelitian ini mengikuti diagram blok seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



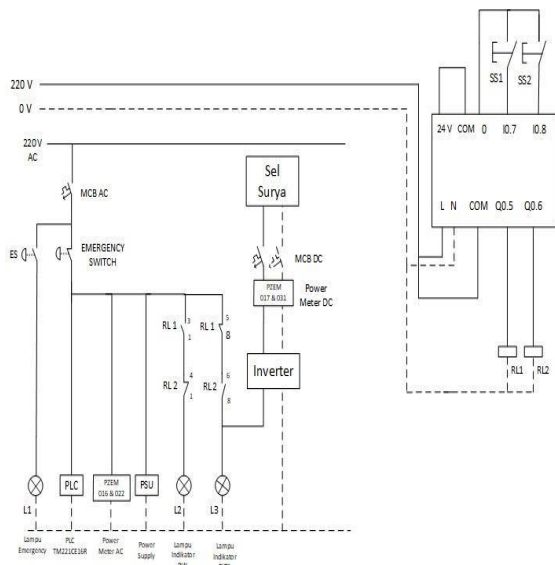
Gambar 1. Diagram Blok Perangkat Keras

Suplai utama didapatkan dari panel surya melewati MCB DC sebagai pengaman sistem yang kemudian menuju sensor Power Meter PZEM-017 dan Display PZEM-031 sebagai media pemantauan arus DC keluaran PLTS sebelum akhirnya masuk ke Inverter Grid Tie yang telah terintegrasi dengan suplai PLN.



Gambar 2. Blok IoT

Setelah melewati Inverter Grid Tie, arus dan tegangan menuju ke sensor Power Meter PZEM-022 dan Display PZEM-022 dengan tujuan sebagai media pemantauan daya keluaran PLN berupa tegangan, arus, frekuensi, dan daya AC. Data tersebut kemudian diolah oleh PLC sebagai kendali utama dari sistem. Pasca pengolahan data di PLC, hasil data akan di tampilkan ke SCADA.



Gambar 3. Diagram Kendali

Data akan di distribusikan ke Arduino Uno melalui Konverter Serial to RS-485. Arduino Uno dan NodeMCU ESP8266 sebelumnya telah di program untuk dapat berbagi hasil data dengan komunikasi dua arah yang bertujuan agar data yang di distribusikan oleh PLC melalui Arduino Uno dapat dibaca secara akurat oleh NodeMCU ESP8266. Olahan data dari

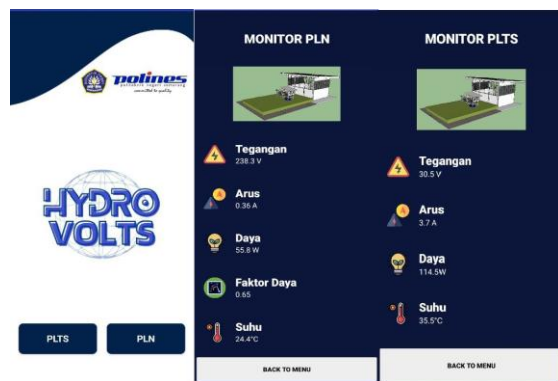
NodeMCU ESP8266 kemudian di upload ke aplikasi.

Gambar 3 menunjukkan skema diagram kendali sistem. Ketika malam hari sistem akan menggunakan mode PLN. Supply yang menuju beban hanya menggunakan supply dari PLN. PLTS dilepas dari grid sehingga tidak bisa men-supply beban. Sistem bisa di-monitoring menggunakan SCADA dan IoT. Power Meter akan menampilkan hasil keluaran berupa tegangan, arus, frekuensi, daya aktif, energi listrik dan faktor daya.

Ketika siang hari sistem menggunakan mode PLTS. PLTS akan dihubungkan ke grid sehingga supply berasal dari PLTS dan PLN. Daya yang dibangkitkan dari PLTS akan dikirim ke Inverter. Ketika supply dari PLTS tidak cukup untuk men-supply beban, maka daya kekurangannya akan di-supply oleh PLN. Ketika daya PLTS melebihi daya beban maka kelebihan daya akan dikirim ke grid. Power Meter akan menampilkan hasil keluaran dari inverter berupa tegangan, arus, energi listrik, dan daya aktif. Amperemeter AC akan mengukur arus yang keluar dari Inverter dan data dikirim ke PLC. Data dari masing-masing Amperemeter akan diolah dan bisa di-monitoring secara realtime di SCADA dan IoT.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan platform aplikasi IoT dan cloud server untuk memantau daya dan suhu yang ada pada proses sistem PLTS On Grid melalui aplikasi bernama Hydrovolts sseperti ditunjukkan pada Gambar 4. Hydrovolts dibuat dengan platform Firebase (Li et al. 2018; Sarkar et al. 2018; Sung et al. 2023) dan Kodular yang dirancang untuk menampilkan data yang ingin diamati, seperti tegangan, arus, power faktor, daya aktif, dan suhu baik dalam mode suplai PLN atau suplai PLTS On Grid.



Gambar 4 Desain tampilan aplikasi IoT

Pengambilan data dilakukan dengan melakukan pengamatan pada besaran listrik yang ada. Besaran listrik diamati secara real-time dengan menggunakan Power Meter (Gambar 5) dan aplikasi Hydrovolts.



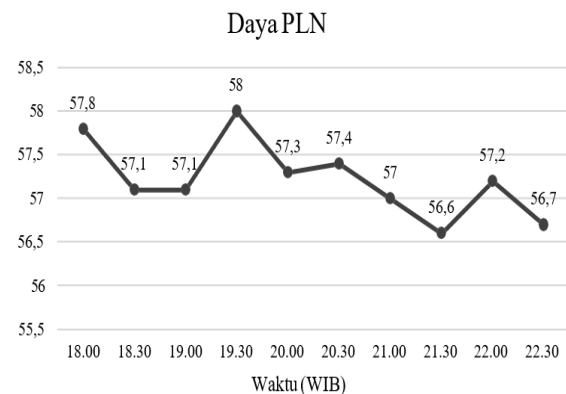
Gambar 5 Power Meter PLN dan PLTS

Berikut merupakan hasil pengambilan data pada Power Meter dengan dua suplai yang berbeda. Pengamatan dilakukan selama 5 (lima) jam pada setiap mode. Untuk mode PLN, pengamatan dilakukan mulai pukul 18.00 WIB – 22.30 WIB. Untuk mode PLTS On Grid, pengamatan dilakukan mulai pukul 11.30 WIB – 16.00 WIB

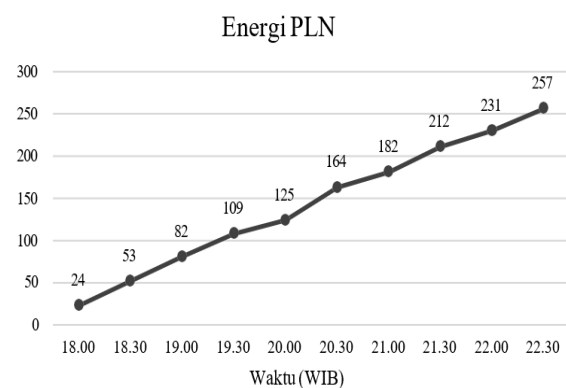
Tabel 1. Pengukuran data PZEM-022 suplai PLN malam hari

No	Waktu	Teg (V)	Daya (W)	Energi (Wh)
1	18.00	239	57,8	24
2	18.30	239	57,1	53
3	19.00	239	57,1	82
4	19.30	238	58,0	109
5	20.00	237	57,3	125
6	20.30	239	57,4	164
7	21.00	237	57,0	182
8	21.30	236	56,6	212
9	22.00	237	57,2	231
10	22.30	238	56,7	257

Tabel 1 menunjukkan data pengukuran model PLN dan Tabel 2 menunjukkan data hasil pengukuran mod PLTS. Data Tabel 1 dapat direpresentasikan dalam bentuk gambar untuk melihat grafik perubahan daya dan energi pada mode PLN seperti ditunjukkan apda Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Grafik Daya Suplai PLN

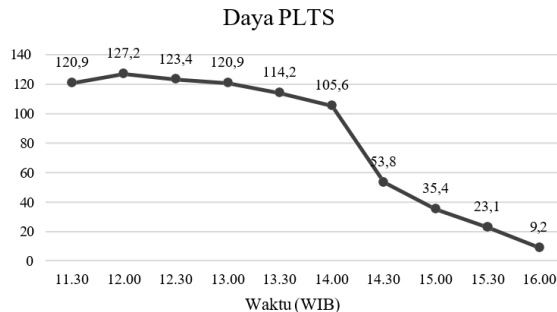


Gambar 7. Grafik Energi Suplai PLN

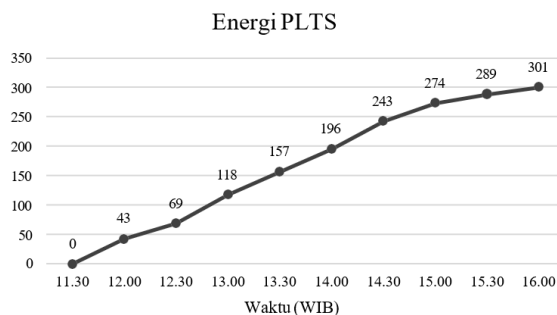
Tabel 2. Pengukuran data PZEM-031 suplai PLTS On Grid Siang hari

No	Waktu	Teg (V)	Daya (W)	Energi (Wh)
1	11.30	29,50	120,9	0
2	12.00	29,89	127,2	43
3	12.30	29,78	123,4	69
4	13.00	30,56	120,9	118
5	13.30	30,55	114,2	157
6	14.00	30,40	105,6	196
7	14.30	29,89	53,8	243
8	15.00	30,41	35,4	274
9	15.30	29,05	23,1	289
10	16.00	28,77	9,2	301

Dari Tabel 2 dapat direpresentasikan dalam bentuk gambar untuk melihat grafik perubahan daya dan energi pada mode PLTS seperti ditunjukkan pada Gambar 8 dan Gambar 9



Gambar 8. Grafik Daya Suplai PLTS



Gambar 9 Grafik Energi Suplai PLTS

Rata-rata daya terpakai pada setiap mode dapat dihitung menggunakan formula berikut:

$$P_{avg} = \frac{\sum P}{n} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan

P_{avg} adalah daya rata-rata, $\sum P$ adalah jumlah total daya, dan n adalah banyak data pengujian.

$$P_{avg_PLN} = \frac{572}{10} = 57,2 \text{ W}$$

$$P_{avg_PLTS} = \frac{833,7}{10} = 83,37 \text{ W}$$

Dengan daya rata-rata yang dihasilkan PLTS lebih besar dikarenakan kelebihan daya PLTS akan dikirimkan ke sistem ON-Grid.

Perhitungan penghematan energi dilakukan mengacu pada energi terakumulasi mengurangi energi suplai pada PLTS dengan nilai energi pada suplai yang berasal dari PLN

1) Perhitungan penghematan energi:

$$\Delta W = W_{PLTS} - W_{PLN}$$

$$\Delta W = 301 - 257 = 44 \text{ Wh}$$

Berdasarkan perhitungan penghematan yang dilakukan, nilai penghematan energi yang dilakukan didapatkan nilai yaitu 44 Wh

5. KESIMPULAN

Dari pelaksanaan penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Pemantauan daya PLTS dan PLN menggunakan dua jenis Power Meter, yaitu Power Meter AC (PZEM 016 dan PZEM 022) dan Power Meter DC (PZEM 017 dan PZEM 031).
- Pemantauan IoT dapat dilakukan melalui aplikasi bernama “Hydrovolts” yang terkoneksi dengan Firebase yang datanya didapatkan melalui PLC dan NodeMCU. Data yang ditampilkan berupa nilai dari beberapa besaran listrik yang diamati dan dipantau secara real time.
- Dengan menggunakan sistem PLTS On Grid, nilai dari daya aktif dan energi dapat dihemat. Nilai dari daya aktif dapat dihemat hingga 55,415 W dan untuk penghematan energi dapat dilakukan hingga 276 Wh.

DAFTAR PUSTAKA

Abdulghani, Tarmin, Siti Nazilah, M Kany Legiawan, Fietri Setiawati Sulaeman, and Moch Fahmi Setiadi. 2024. “Analysis and Implementation of The Internet Of Things (IOT) in The Development of Monitoring Solar Power Plants (Plts) 600 Wp.” *Jurnal Teknik Informatika (Jutif)* 5 (4): 673–84.

- Herdhiansyah, Dhian, and Asriani Asriani. 2023. "Penerapan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Tanaman Hidroponik." *Jurnal Abdi Insani* 10 (1): 118–27.
- Laden, Osama bin. 2024. *Sistem Monitoring Pada Modul Latih PLTS On Grid Berbasis IoT Blynk*.
- Lestari, Hanis Adila, Anri Kurniawan, and Triat Adi Yuwono. 2023. "Otomatisasi Ultrasonik Fogger Budidaya Selada Keriting Hijau Secara Fogponik Di Pertanian Indoor Berbasis Internet of Things (IoT): Automation of Ultrasonic Fogger to Lettuce Cultivation Fogponic in Indoor Farming Internet of Things (IoT) Based." *Jurnal Ilmiah Inovasi* 23 (2): 111–17.
- Li, Wu-Jeng, Chiaming Yen, You-Sheng Lin, Shu-Chu Tung, and ShihMiao Huang. 2018. "JustIoT Internet of Things Based on the Firebase Real-Time Database." 43–47.
- Nasution, Nurliana, Muhammad Rizal, David Setiawan, and Mhd Arief Hasan. 2020. "IoT Dalam Agrobisnis Studi Kasus: Tanaman Selada Dalam Green House." *It Journal Research and Development* 4 (2).
- Putri, Salsabila Ananda. 2023. *Rancang Bangun Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Pada Kebun Hidroponik Untuk Mendukung Smart Farming 4.0*.
- Rahman, Ahmad Fawaiqur, and Muchamad Malik. 2024. "Prototype Sistem Monitoring Smart Green House Berbasis Internet of Things (Iot) Pada Tanaman Selada." *Jurnal Teknik Industri Manajemen Dan Manufaktur* 1 (1): 25–38.
- Santoso, Asfari Hariz, Masramdhani Saputra, and Faradila Nur Rizqy Hamka. 2023. "PLTS Sebagai Backup Supply Pada Plant Hidroponik Nutrient Film Tehcnique (NFT) Berbasis IoT." *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan* 10 (1): 19–23.
- Sarkar, Sourabh, Srijita Gayen, and Saurabh Bilgaiyan. 2018. "Android Based Home Security Systems Using Internet of Things (IoT) and Firebase." 102–5.
- Setiawan, David, Hamzah Eteruddin, and Latifa Siswati. 2020. "Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Tanaman Hidroponik." *Jurnal Teknik* 14 (2): 208–15.
- Sung, Wen-Tsai, Tofik Isa, Indra Griha, and Sung-Jung Hsiao. 2023. "An IoT-Based Aquaculture Monitoring System Using Firebase." *Computers, Materials & Continua* 76 (2).
- Syabrina, Abud. 2022. *Pengembangan Scada Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Hybrid Berbasis Mikrokontroler*.
- Wijayanto, Deni, Subuh Isnur Haryudo, Tri Wrahatnolo, and Nurhayati Nurhayati. 2022. "Rancang Bangun Monitoring Arus Dan Tegangan Pada Plts Sistem On Grid Berbasis Internet Of Things (IoT) Menggunakan Aplikasi Telegram." *Jurnal Teknik Elektro* 11 (3): 447–53.
- Winardi, Eka, Julius Sentosa Setiadji, and Johan Prasetyo. 2023. "Implementasi Smart Farming 4.0 Dengan PLTS Off Grid Di Kebun Hidroponik Perpusda Jatim." *Jurnal Dimensi Insinyur Profesional* 1 (1): 1–7.