

Analisis Integrasi IoT pada Sistem Pembangkit Hybrid Portabel Pico Hidro dan Panel Surya

Mas Ahmad Baihaqi ^{a,1*}, Wahyu Nur Achmadin ^{b,2}, Muhammad Zainal Roisul Amin ^{c,3}, Adi Mulyadi ^{d,4}, Hartawan Abdillah ^{e,5}, Alief Muhammad ^{f,6}, Ahmad Fauzan ^{g,7}

^{a,e,g}Teknik Elektro, Universitas Panca Marga, Jl. Yos Sudarso No 107, Pabean, Probolinggo, Indonesia.

^bTeknik Lingkungan, Universitas PGRI Argopuro, Jl. Jawa No.10, Tegal Boto Lor, Sumbersari, Jember, Indonesia.

^{c,d}Teknik Elektro, Universitas PGRI Banyuwangi, Jalan Ikan Tongkol No 22, Kertosari, Banyuwangi, Indonesia

^fTeknik Mesin, Universitas Panca Marga, Jl. Yos Sudarso No 107, Pabean, Probolinggo, Indonesia.

¹ baihaqi@upm.ac.id *; ² wahyu.achmadin@gmail.com ; ³ mzainalra@unibabwi.ac.id ; ⁴

adimulyadi@unibabwi.ac.id ; ⁵ abdillahhartawan@gmail.com ; ⁶ aliefmuhammad@upm.ac.id ;

⁷ ahmadfazan210604@gmail.com

* Penulis Koresponden

INFO ARTIKEL

Histori Artikel

Pengajuan 2024-09-12

Diperbaiki 2024-12-25

Diterima 2024-12-30

Kata Kunci

IoT 1

Sistem Pembangkit Hybrid 2

Panel Surya 3

Energi Terbarukan 4

ABSTRAK

Penggunaan energi terbarukan menjadi sangat penting dalam mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang semakin langka dan mahal. Penelitian ini mengkaji integrasi Internet of Things (IoT) pada sistem pembangkit listrik hybrid portabel yang menggabungkan teknologi Pico Hidro dan panel surya. Sistem ini dirancang untuk menyediakan pasokan listrik yang stabil dan efisien di daerah terpencil, khususnya untuk penerangan lahan pertanian. Melalui integrasi IoT, pemantauan hasil daya, tegangan, dan arus dari pembangkit dapat dilakukan secara real-time, sehingga meningkatkan efisiensi operasional dan memperpanjang umur komponen. Pengujian dilakukan dengan mengukur daya yang dihasilkan oleh sistem hybrid dalam berbagai kondisi lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pembangkit hybrid ini mampu menyediakan listrik yang cukup untuk kebutuhan penerangan lahan pertanian dan beroperasi secara optimal dengan bantuan IoT. Penelitian ini juga bertujuan untuk meningkatkan penggunaan energi terbarukan melalui penerapan teknologi hybrid portabel, menawarkan solusi berkelanjutan bagi pertanian di Kabupaten Probolinggo.

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



1. Pendahuluan

Kebutuhan energi listrik terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan kemajuan teknologi[1][2]. Namun, sebagian besar pasokan listrik masih bergantung pada energi fosil yang semakin menipis dan biayanya terus meningkat[3]. Untuk mengatasi masalah ini, energi terbarukan[3] muncul sebagai solusi potensial[4], terutama di wilayah-wilayah yang sulit dijangkau oleh sistem energi konvensional[5]. Indonesia, sebagai negara dengan sumber daya alam yang melimpah, memiliki potensi besar dalam pengembangan energi terbarukan, seperti pembangkit listrik tenaga surya[6][2]

[7][8] dan pembangkit listrik tenaga air. Penggabungan kedua sumber energi ini dalam bentuk sistem pembangkit hybrid menawarkan keunggulan dalam hal efektivitas dan keberlanjutan. Pembangkit listrik hybrid[9] yang menggabungkan teknologi Pico Hydro[6] dan panel surya tidak hanya menyediakan sumber energi yang stabil, tetapi juga ramah lingkungan.

Namun, tantangan utama dalam penerapan sistem pembangkit hybrid ini adalah memastikan bahwa energi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara optimal. Di sinilah peran Internet of Things (IoT)[10][11] menjadi sangat penting. Dengan mengintegrasikan IoT ke dalam sistem pembangkit hybrid, monitoring daya, tegangan, dan arus secara real-time dapat dilakukan, sehingga memungkinkan pengendalian yang lebih efisien dan optimalisasi penggunaan energi. Selain itu, IoT juga memungkinkan deteksi dini terhadap gangguan atau kerusakan komponen, sehingga memperpanjang umur operasional sistem. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis integrasi IoT dalam sistem pembangkit hybrid portabel yang menggabungkan teknologi Pico Hydro dan panel surya. Sistem ini dirancang untuk menyediakan pasokan listrik[12] yang stabil bagi penerangan lahan pertanian di wilayah terpencil, khususnya di Kabupaten Probolinggo. Penerapan teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi energi[13] dan menawarkan solusi yang berkelanjutan terhadap tantangan yang dihadapi dalam pengembangan energi terbarukan di daerah-daerah yang sulit dijangkau.

Melalui pengujian dan analisis kinerja sistem[14] dalam berbagai kondisi lingkungan, penelitian ini akan mengevaluasi efektivitas integrasi IoT dalam meningkatkan efisiensi operasional dan umur komponen[12] pada pembangkit listrik hybrid. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada pengembangan teknologi energi terbarukan, tetapi juga memberikan solusi praktis yang dapat diterapkan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat di wilayah terpencil[15].

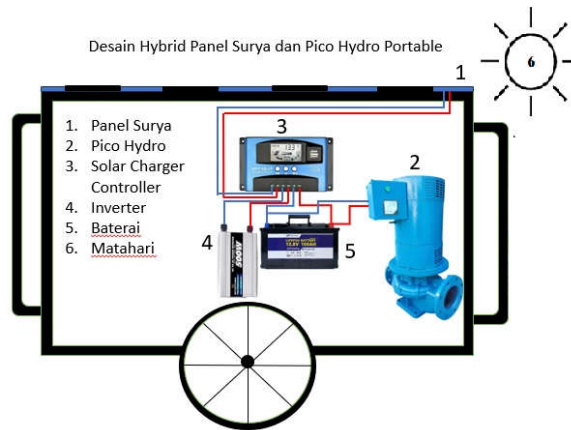
2. Metode penelitian

1. Studi Literatur dan Pemahaman Konsep

Mengkaji literatur ilmiah tentang teknologi pembangkit listrik, khususnya hybrid yang menggabungkan tenaga air dan tenaga surya, meneliti aplikasi IoT dalam sistem monitoring dan kontrol energi.

2. Perancangan Sistem Pembangkit Hybrid

Merancang prototipe sistem pembangkit hybrid yang menggabungkan teknologi Pico Hydro dan panel surya serta mengintegrasikan IoT untuk monitoring dan control, dengan menentukan komponen utama yang diperlukan, seperti panel surya, turbin Pico Hydro, baterai, inverter, dan kontroler. Merancang skema listrik untuk menggabungkan sumber daya dari Pico Hydro dan panel surya seperti ditunjukkan pada gambar 1.



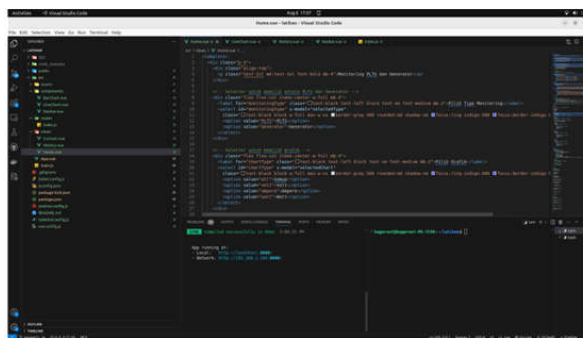
Gambar 1 Desain Sistem Pembangkit Hybrid

3. Merancang sistem IoT

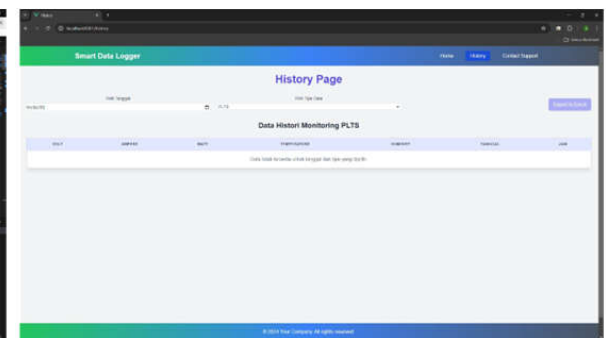
Sistem yang akan digunakan untuk memonitor, merakit komponen listrik dan elektronik sesuai dengan skema yang dirancang, mengintegrasikan perangkat IoT (seperti sensor, mikrokontroler, dan modul komunikasi) dengan sistem pembangkit, memprogram perangkat lunak untuk pengumpulan data dan kontrol sistem secara real-time seperti pada gambar 2.



Gambar 2 Sistem IoT



Program Web Monitoring IoT



Tampilan Web Monitoring IoT

Gambar 3. Perancangan IoT

4. Pengujian Prototipe

Menguji kinerja sistem pembangkit hybrid dan efektivitas integrasi IoT dalam kondisi lingkungan yang berbeda, melakukan pengujian laboratorium untuk memastikan semua komponen berfungsi dengan baik dengan parameter yang diukur output daya, tegangan, dan

arus, dan mengamati bagaimana sistem IoT memantau, mengirimkan data, dan merespons perubahan dalam system ditampilkan dalam aplikasi web seperti pada gambar 3.

5. Analisis Data

Menganalisis data yang diperoleh dari pengujian untuk mengevaluasi kinerja system, mengumpulkan dan menganalisis data dari sensor IoT tentang daya, tegangan, arus, menilai efisiensi energi, stabilitas sistem, dan respon IoT terhadap kondisi yang berubah.

3. Hasil dan Analisis

Penelitian ini berfokus pada pengembangan dan pengujian sistem pembangkit listrik hybrid yang menggabungkan teknologi Pico Hidro dan panel surya untuk penerangan lahan pertanian di Desa Ngepoh, Kabupaten Probolinggo. Berikut adalah hasil yang diperoleh dari implementasi dan pengujian sistem:

1. Kinerja Panel Surya

Pengujian panel surya dilakukan untuk mendapatkan parameter-parameter yang ada panel surya dan pengujian ini penting untuk memastikan kualitas dan performa panel surya sebelum digunakan dalam instalasi PLTS. Hasil pengujian dijelaskan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Panel Surya

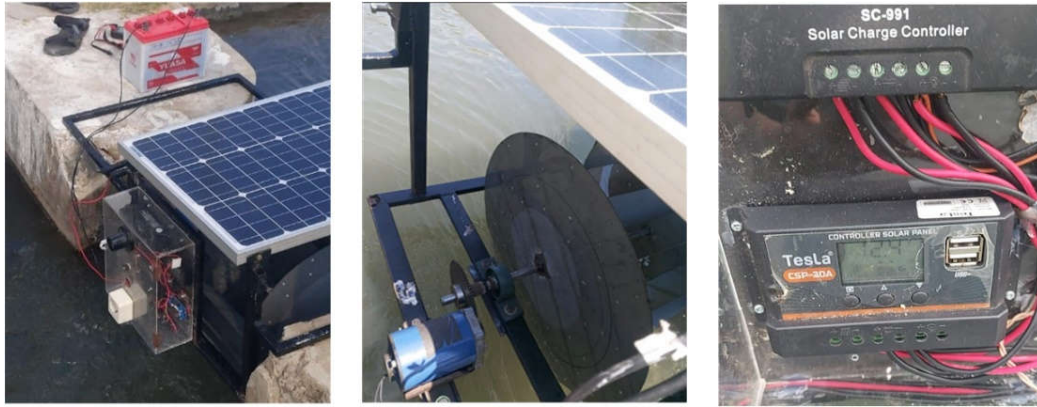
No	Waktu	Suhu (°C)	Lumen (LUX)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
1	06.00	35	19043	19,8	2,50	49,50
2	09.00	36,5	51620	20,3	2,70	54,81
3	12.00	36,9	214360	20,9	2,85	59,57
4	15.00	36,4	105301	20,4	2,85	58,14
5	18.00	36	55341	19	2,66	50,54

Pengujian generator dilakukan untuk mendapatkan parameter-parameter yang ada pada generator dan pengujian ini penting untuk memastikan kualitas dan performa generator sebelum digunakan dalam instalasi pembangkit listrik *hybrid*. Pengujian generator sebagai pembangkit listrik portable panel surya dan pico hydro dijelaskan pada tabel 2 berikut.

Tabel 2 Pengujian Generator

No	Torsi (Rpm)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
1.	117,2	5,06	3,2	16,19
2.	280,7	12,78	3,5	44,73
3.	669,7	31,4	3,8	119,32

Sistem Pico Hidro menggunakan turbin air tipe undershot water wheel, yang dipilih karena kesesuaian dengan kondisi geografis lokasi pengujian yang memiliki aliran air dengan kecepatan moderat. Turbin Pico Hidro ini mampu menghasilkan tegangan output sebesar 5-31V pada putaran stabil di torsi 117,2 – 669,7 Rpm. Output daya yang dihasilkan oleh generator mencapai 16,19 – 119,32 Watt pada kondisi optimal.

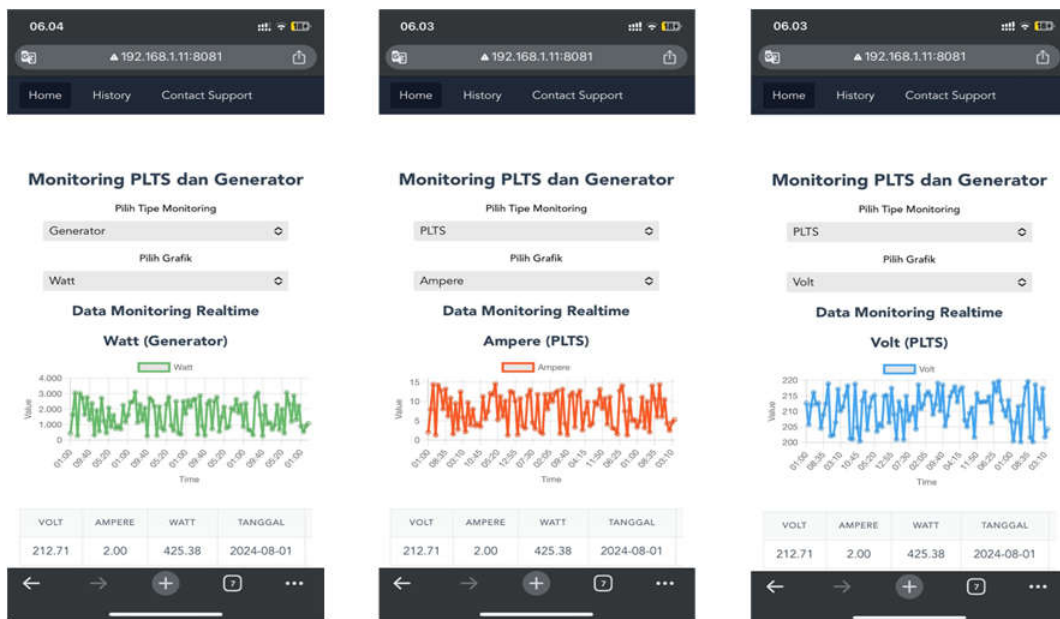


Gambar 4 Pengujian Pembangkit Hybrid

Penggabungan sumber energi dari panel surya dan Pico Hidro dilakukan menggunakan Solar Charge Controller (SCC), yang berfungsi untuk menstabilkan tegangan sebelum energi disimpan dalam baterai. Sistem hybrid ini dirancang untuk memastikan bahwa energi listrik tersedia secara berkelanjutan, baik pada siang maupun malam hari, sehingga memenuhi kebutuhan penerangan lahan pertanian sepanjang waktu. Pengujian sistem dilakukan di lapangan untuk memastikan kinerja komponen dan sistem secara keseluruhan seperti pada gambar 4. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan daya yang cukup. Selama periode pengujian, sistem hybrid menunjukkan kinerja yang stabil dan mampu menjaga pasokan listrik yang konsisten, meskipun terjadi fluktuasi dalam intensitas cahaya matahari atau debit air.

5. Pengujian Web Monitoring Pembangkit Hybrid Portable

Pengujian web monitoring pembangkit *hybrid portable* antara panel surya dan *pico hydro* dilakukan pada jam 06.00 sampai 18.00 WIB. Sistem pemantauan diintegrasikan dengan *internet of things* (IoT) untuk memantau tegangan, arus dan daya secara *real time*. Implementasi pembangkit *hybrid portable* diberikan beban lampu masing-masing 15 watt untuk sistem penerangan lahan bawang merah selama musim dan di luar musim.



Gambar 5. Hasil Monitoring Pembangkit Hybrid Portable

Monitoring Sistem IoT yang diintegrasikan memungkinkan pemantauan real-time terhadap daya, tegangan, dan arus yang dihasilkan oleh sistem pembangkit hybrid. Data dikumpulkan dan ditransmisikan secara nirkabel ke platform monitoring berbasis web. Efisiensi operasional dengan data yang diperoleh dari sistem IoT, dilakukan optimasi operasional yang meningkatkan efisiensi penggunaan energi. Misalnya, pengaturan otomatis intensitas penerangan berdasarkan kebutuhan aktual di lapangan. Pemantauan dengan teknologi IoT memungkinkan deteksi dini terhadap potensi kerusakan atau penurunan kinerja komponen, seperti penurunan keluaran daya dari panel surya atau turbin. Hal ini memungkinkan tindakan pemeliharaan preventif sebelum terjadi kegagalan sistem. Analisis kinerja data historis yang dikumpulkan melalui sistem IoT digunakan untuk analisis kinerja jangka panjang, membantu dalam perencanaan penggunaan energi yang lebih efisien dan peningkatan sistem di masa depan.

4. Conclusion

1. Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem pembangkit hybrid portable yang menggabungkan teknologi Pico Hidro dan panel surya, yang diintegrasikan dengan Internet of Things (IoT), terbukti efektif dalam meningkatkan produksi bawang merah di wilayah Probolinggo. Sistem ini memungkinkan pemantauan real-time terhadap daya, tegangan, dan arus yang dihasilkan, serta memberikan efisiensi operasional yang signifikan melalui pengaturan otomatis berdasarkan kondisi di lapangan. Dengan kemampuan untuk mendeteksi kerusakan atau penurunan kinerja secara dini, sistem ini juga memungkinkan pemeliharaan preventif yang berpotensi memperpanjang masa pakai komponen.
2. Pengujian menunjukkan bahwa sistem hybrid mampu memenuhi kebutuhan energi secara berkelanjutan untuk penerangan lahan bawang merah, baik di musim maupun di luar musim. Integrasi IoT juga memberikan data historis yang bermanfaat untuk analisis kinerja jangka panjang, membantu dalam perencanaan dan pengembangan lebih lanjut.
3. Penelitian ini membuka prospek penerapan energi terbarukan yang lebih luas di bidang pertanian, khususnya di daerah terpencil yang memiliki keterbatasan akses listrik. Hasil ini menunjukkan bahwa pengembangan sistem hybrid ini tidak hanya memberikan solusi energi berkelanjutan, tetapi juga berpotensi meningkatkan kesejahteraan masyarakat setempat melalui peningkatan hasil pertanian. Prospek ke depan mencakup pengembangan lebih lanjut dari teknologi IoT untuk optimasi energi di berbagai kondisi lingkungan yang lebih ekstrem.

Pengakuan dan Penghargaan

Kami dengan tulus menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Panca Marga Besrta Anggota Tim penelitian dan juga mahasiswa yang terlibat dalam pelaksanaan, uji coba, trimakasih juga atas pendanaan penelitian ini didanai oleh Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia Tahun Pendanaan 2024. Melalui Hibah SKEMA Penelitian Dasar (Penelitian Dosen Pemula). Dukungan ini sangat berperan penting dalam keberhasilan pelaksanaan penelitian kami. Kami juga ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi, baik dalam bentuk bantuan, bimbingan, maupun partisipasi aktif selama proses penelitian ini berlangsung. Tanpa dukungan dari berbagai pihak, keberhasilan penelitian ini tentu tidak akan tercapai.

References

- [1] M. R. Harahap, "Sel Elektrokimia: Karakteristik dan Aplikasi," *CIRCUIT J. Ilm. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 177–180, 2016, doi: 10.22373/crc.v2i1.764.
- [2] N. Wahyuni, S. Syaifurrahman, and J. Islami, "Instalasi PLTS Skala Rumah Tangga dengan Lampu Led Dc Hemat Energi bagi Masyarakat Terpencil di Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat," *J-ABDIPAMAS (Jurnal Pengabd. Kpd. Masyarakat)*, vol. 3, no. 2, p. 17, 2019, doi: 10.30734/j-abdipamas.v3i2.570.
- [3] A. G. Hutajulu, M. RT Siregar, and M. P. Pambudi, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) on Grid Di Ecopark Ancol," *TESLA J. Tek. Elektro*, vol. 22, no. 1, p. 23, 2020, doi: 10.24912/tesla.v22i1.7333.
- [4] M. S. Boedoyo, "Potensi Dan Peranan Plts Sebagai Energi Alternatif Masa Depan Di Indonesia," *J. Sains dan Teknol. Indones.*, vol. 14, no. 2, pp. 146–152, 2013, doi: 10.29122/jsti.v14i2.919.
- [5] S. Suryanto, S. Sonong, A. A. Mubarak, and A. M. Iqbal, "Evaluasi Instalasi Listrik Dan Penggunaan Lampu Led Untuk Penghematan Energi Pada Kamar Hotel," *J. Tek. Mesin Sinergi*, vol. 15, no. 1, pp. 40–45, 2019, doi: 10.31963/sinergi.v15i1.1178.
- [6] R. Sunky and R. Mukhaiyar, "Implementasi Web SCADA Pada Sistem PLTS," *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 4, no. 2, pp. 792–798, 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i2.510.
- [7] E. P. Aji, P. Wibowo, and J. Windarta, "Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan Sistem On Grid di BPR BKK Mandiraja Cabang Wanayasa Kabupaten Banjarnegara," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 3, no. 1, pp. 15–27, 2022, doi: 10.14710/jebt.2022.13158.
- [8] Y. Afrida, Jeckson, and D. Feriyanto, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya on Grid," *Aisyah J. Informatcs Electr. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 74–77, 2022, [Online]. Available: <http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>
- [9] H. Abdillah, T. Asrori, M. A. Baihaqi, D. H. T. Prasetyo, and A. Muhammad, "Sistem Monitoring dan Manajemen Energi pada Pembangkit Hybrid PLTS, PLTB, dan PLN berbasis Internet of Things," *JASIEK (Jurnal Apl. Sains, Informasi, Elektron. dan Komputer)*, vol. 5, no. 2, pp. 41–50, 2023, doi: 10.26905/jasiek.v5i2.10920.
- [10] E. Unit Three Kartini, Bambang Suprianto, "Sistem Monitoring dan Pengukuran Pembangkit Listrik Surya dan Angin Berbasis Internet of Things Sistem Monitoring dan Pengukuran Pembangkit Listrik Surya dan Angin Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 3, pp. 371–378, 2022.
- [11] D. R. Alwy, *Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Kontrol Kinerja Panel Surya Berbasis Internet of Things (Iot)*. 2019. [Online]. Available: <http://repository.unej.ac.id/handle/123456789/98023>
- [12] M. Farhan Fernanda *et al.*, "Penentuan Komponen Sistem PLTS 100 Wp pada Floating Photovoltaic sebagai Sumber Energi Lampu Penerangan 20 W Pada Kolam Politeknik Negeri Jakarta," *Pros. Semin. Nas. Tek. Mesin Politek. Negeri Jakarta*, pp. 171–180, 2021, [Online]. Available: <http://prosiding.pnj.ac.id>
- [13] M. Ngafifi, "Kemajuan Teknologi Dan Pola Hidup Manusia Dalam Perspektif Sosial Budaya," *J. Pembang. Pendidik. Fondasi dan Apl.*, vol. 2, no. 1, pp. 33–47, 2014, doi: 10.21831/jppfa.v2i1.2616.

- [14] R. A. Diantari, S. Rahayu, and R. Okvasari, "Analisis Instalasi Listrik Menggunakan Pembangkit Listrik Surya Skala Rumah Tangga," *J. Ilm. Sutet*, vol. 8, no. 2, pp. 122–128, 2018, [Online]. Available: <https://stt-pln.e-journal.id/sutet/article/view/228>
- [15] Safri Nahela, Ivan Fauzi Faridyan, Noviadi Arief Rachman, Agus Risdiyanto, and Bambang Susanto, "Analisa Unjuk Kerja Grid Tied Inverter Terhadap Pengaruh Radiasi Matahari dan Temperatur PV pada PLTS On Grid," *Elkha*, vol. 11, no. 2, pp. 60–65, 2019.