JURNAL ISOMETRI, Vol. 5 No. 2 ISSN 2963-2501
November 2026

RANCANG BANGUN DAN UJI PERFOMANSI POWER STATION PORTABLE UNTUK BEBAN 500 WATT

Cembrist Kailola[1)], A. Simanjuntak[2)], Cendy S. E. Tupamahu[3)]

[1)]S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura
Email: Kailolacembrist@gmail.com
[2)]Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: antoni.simanjuntak.s15@gmail.com
[3)]Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: tupamahucendy@gmail.com

Abstrak Kebutuhan energi listrik yang stabil dan andal semakin penting seiring meningkatnya aktivitas masyarakat modern. Namun, di berbagai wilayah terpencil Indonesia, akses listrik dari jaringan PLN masih terbatas atau bahkan tidak tersedia sama sekali. Kondisi ini menuntut hadirnya sumber energi alternatif yang praktis, portabel, dan ramah lingkungan. Penelitian ini merancang dan menguji performa sebuah power station portable berbasis energi surya dengan kapasitas beban 500 Watt. Sistem dirancang menggunakan modul surya polycrystalline 100 Wp, baterai Lithium Iron Phosphate ($LiFePO_4$) 12V 50Ah, solar charge controller jenis MPPT, dan inverter pure sine wave 500 Watt, yang seluruhnya ditempatkan dalam boks portabel dengan sistem proteksi mencakup MCB, fuse, serta low voltage disconnect. Metode penelitian meliputi perancangan, perakitan komponen, serta pengujian eksperimental yang terbagi dalam dua skenario utama, yaitu pengisian daya (charging) dan pengosongan daya (discharging). Pengisian daya dilakukan menggunakan dua sumber, yakni modul surya dan smart charger PLN, dengan pencatatan tegangan, arus, serta intensitas radiasi matahari setiap interval waktu tertentu. Sementara itu, pengosongan daya dilakukan dengan variasi beban lampu LED antara 50–500 Watt hingga sistem proteksi aktif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa power station portable yang dirancang mampu menyediakan tegangan AC stabil pada rentang 225–229V. Efisiensi pengisian harian tertinggi mencapai 94,76% pada hari kedua pengujian, sedangkan durasi operasional terpanjang terjadi pada beban 100 Watt dengan waktu lebih dari 8 jam. Pada beban penuh 500 Watt, sistem mampu bertahan sekitar 1 jam sebelum proteksi low voltage disconnect memutus suplai daya. Sistem proteksi bekerja efektif mencegah overcharge, overdischarge, serta hubung singkat. Dengan kinerja tersebut, power station portable ini terbukti layak digunakan sebagai solusi energi cadangan yang efisien, ramah lingkungan, dan aplikatif. Aplikasinya sangat potensial untuk masyarakat di daerah terpencil, kondisi darurat akibat bencana, maupun aktivitas luar ruangan yang membutuhkan pasokan listrik mandiri..

Kata Kunci: Power Station Portable, Energi Surya, $LiFePO_4$, MPPT, Beban 500 Watt

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok masyarakat modern. Hampir semua aktivitas, baik di rumah tangga, perkantoran, maupun industri, sangat bergantung pada ketersediaan energi listrik. Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat ini harus diimbangi dengan pasokan yang memadai, stabil, dan andal. Namun, pada kenyataannya, masih banyak daerah terpencil yang belum terjangkau jaringan PLN sehingga masyarakat kesulitan memperoleh pasokan listrik.

Keterbatasan pasokan listrik di wilayah-wilayah tersebut menimbulkan masalah dalam kehidupan sehari-hari. Masyarakat di daerah terpencil sering kali menggunakan sumber energi alternatif yang tidak efisien dan tidak ramah lingkungan. Selain itu, dalam situasi darurat maupun kegiatan luar ruangan, diperlukan suatu sistem energi cadangan yang fleksibel, portabel, dan dapat diandalkan untuk menunjang kebutuhan listrik skala menengah.

Pasokan listrik di Indonesia belum merata, dan terdapat banyak daerah dengan rasio elektrifikasi rendah. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan akan sumber energi alternatif yang dapat menggantikan atau melengkapi jaringan PLN sangat mendesak. Energi surya disebut sebagai salah satu solusi potensial karena sifatnya terbarukan, ramah lingkungan, serta tersedia secara melimpah sepanjang tahun di hampir seluruh wilayah Indonesia.

Meskipun pemanfaatan energi surya sudah banyak diteliti, penerapan dalam bentuk power station portable dengan kapasitas menengah (500 Watt) belum banyak dikembangkan. Sebagian penelitian lebih berfokus pada sistem PLTS skala besar atau powerbank portabel dengan kapasitas rendah, sehingga masih ada celah penelitian untuk sistem berdaya menengah yang praktis digunakan masyarakat.

Penelitian ini menjadi penting karena dapat menghadirkan alternatif solusi energi cadangan yang ramah lingkungan, efisien, dan dapat digunakan di daerah terpencil. Selain itu, rancangan sistem yang portabel memberikan fleksibilitas untuk digunakan dalam kondisi darurat, kegiatan outdoor, maupun sebagai sumber daya listrik tambahan di rumah tangga. Secara praktis, penelitian ini memberikan contoh nyata pengembangan sistem energi terbarukan berbasis surya yang terjangkau dan mudah diaplikasikan.

Beberapa penelitian sebelumnya telah menyinggung tentang penggunaan panel surya untuk sistem off-grid maupun perancangan perangkat portabel berbasis energi surya. Namun, penelitian mengenai power station portable dengan kapasitas 500 Watt yang mengintegrasikan panel surya, baterai $LiFePO_4$, solar charge controller MPPT, inverter pure sine wave, serta sistem proteksi yang lengkap masih terbatas.

Berdasarkan uraian di atas, dapat dirumuskan bahwa permasalahan penelitian ini adalah bagaimana merancang dan menguji performa power station portable berbasis energi surya yang mampu menyuplai beban listrik hingga 500 Watt secara stabil dan efisien. Tujuan penelitian adalah menghasilkan prototipe power station portable yang berfungsi optimal, memiliki sistem proteksi yang andal, serta mampu menjadi solusi energi cadangan bagi masyarakat, khususnya di daerah terpencil.

2. METODE PENELITIAN

A. Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan metode literatur dan eksperimental. Proses perancangan didasarkan pada studi literatur terhadap komponen-komponen utama, sementara pengujian performa dilakukan secara eksperimental untuk memperoleh data primer.

B. Desain dan Komponen

Sistem dirancang secara portabel dengan menempatkan seluruh komponen dalam sebuah boks yang dilengkapi roda dan dudukan untuk modul surya. Komponen utama yang digunakan dalam perancangan ini antara lain:

a. **Modul Surya:** Jenis *polycrystalline* dengan kapasitas 100 Wp.
b. **Baterai:** Jenis Lithium Iron Phosphate (LiFePO4) dengan spesifikasi 12 Volt 50 Ah.
c. **Solar Charge Controller:** Jenis MPPT (Maximum Power Point Tracking).
d. **Inverter:** Jenis *Pure Sine Wave* dengan daya 500 Watt.
e. **Sistem Proteksi:** Mencakup MCB DC, MCB AC, Fuse, dan Low Voltage Disconnect (LVD).asd

C. Data dan Sumber Data

Data yang dikumpulkan berupa data primer hasil pengukuran tegangan, arus, daya, efisiensi pengisian, dan durasi operasi sistem pada saat proses pengisian (charging) dan pengosongan (discharging). Sumber data diperoleh langsung dari hasil eksperimen di Laboratorium Elektronika, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Pattimura.

D. Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan di Laboratorium Elektronika, Fakultas Teknik Mesin, Universitas Pattimura. Pengujian dibagi menjadi dua skenario utama:

a. Pengujian Pengisian Daya (*Charging*):
   Baterai diisi menggunakan dua sumber, yaitu modul surya dan *smart charger* yang terhubung ke jaringan PLN. Selama pengisian dengan modul surya, data intensitas radiasi matahari, tegangan, dan arus pengisian dicatat setiap 30 menit dari pagi hingga sore hari.
b. Pengujian Pengosongan Daya (*Discharging*):
   Setelah baterai terisi penuh, dilakukan pengujian pengosongan dengan memberikan beban lampu LED bervariasi, yaitu 50 W, 100 W, 200 W, 300 W, 400 W, dan 500 W. Selama proses ini, tegangan dan arus pada baterai (DC) serta pada output inverter (AC) dicatat setiap 15 menit hingga sistem proteksi *Low Voltage Disconnect* memutus pasokan daya.

E. Analisis Data

Data yang terkumpul dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan nilai tegangan, arus, daya output, dan durasi operasi terhadap spesifikasi teknis sistem. Efisiensi dihitung dari perbandingan antara energi input dan energi output pada berbagai kondisi pengisian dan pengosongan.

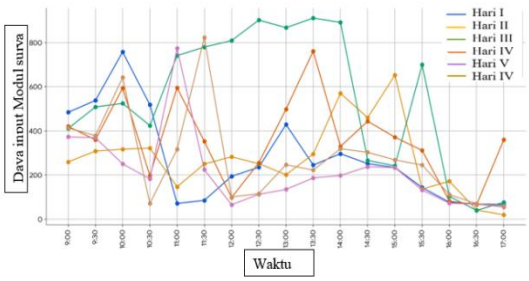
F. Validitas Data

Untuk menjaga keakuratan data, setiap pengukuran dilakukan dengan alat ukur yang telah dikalibrasi, dan pencatatan dilakukan secara berulang pada interval waktu yang konsisten. Data yang ekstrem atau menyimpang diperiksa kembali melalui pengulangan pengukuran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Pengujian pengisian daya menggunakan modul surya menunjukkan efisiensi konversi energi yang bervariasi, sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca dan intensitas matahari. Dari enam hari pengujian, efisiensi pengisian harian tertinggi tercatat pada hari kedua sebesar 94,76%, sedangkan efisiensi terendah tercatat pada hari ketiga sebesar 48,30% akibat daya input yang tinggi namun daya output ke baterai tidak meningkat sepadan. Hal ini mengindikasikan adanya faktor seperti suhu tinggi atau bayangan yang memengaruhi kinerja modul surya.



Gambar 1 Grafik Efisiensi Pengisian Harian

Sementara itu, pengisian menggunakan smart charger dari sumber PLN menunjukkan proses yang terkontrol, di mana arus pengisian tinggi pada tahap awal dan menurun secara bertahap saat baterai mendekati penuh. Pola ini terbukti efektif untuk mencegah overcharging sekaligus memperpanjang umur pakai baterai.

B. Kinerja Pengosongan Daya dan Stabilitas Output

Hasil pengujian pengosongan daya menunjukkan bahwa power station mampu menyuplai daya ke berbagai beban dengan output yang stabil. Tegangan output AC dari inverter secara konsisten berada di rentang 225 V hingga 229 V untuk semua variasi beban dari 50 W hingga 500 W. Hal ini membuktikan keandalan inverter pure sine wave yang digunakan.

Durasi operasional berbanding terbalik dengan besar beban. Pada beban ringan 100 W, sistem mampu beroperasi lebih dari 8 jam. Pada beban 200 W, durasi operasional tercatat sekitar 4 jam, pada 300 W sekitar 2,5 jam, pada 400 W sekitar 1,5 jam, sedangkan pada beban maksimal 500 W, sistem hanya bertahan kurang dari 1 jam. Sistem proteksi Low Voltage Disconnect (LVD) terbukti berfungsi efektif dengan memutus pasokan daya saat tegangan baterai mencapai sekitar 11,5 Vdc, sehingga melindungi baterai dari kerusakan akibat overdischarge.

Tabel 1. Data pengukuran proses pengosongan baterai

LED 100 watt				
Jam (wit)	**Baterai**		**Inverter**	
	Vdc	**Idc**	**Vac**	**Iac**
19:00	13,10	3,4	226,6	0,39
19.15	13,6	3,2	225,2	0,39
19:30	13,5	3,3	225,6	0,39
19.45	13,2	3,4	225,6	0,39
20.00	13,3	3,6	225,6	0,39
20.15	12,98	3,3	225,7	0,39
20.30	12,95	3,3	225,7	0,39
20.45	12,95	3,3	225,7	0,39
21.00	12,91	3,4	225,9	0,39
21.15	12,89	3,3	226,0	0,39
21.30	12,86	3,4	226,0	0,39
21.45	12,82	3,2	226,3	0,39
22.00	12,79	3,4	226,4	0,39
22.15	12,73	3,3	226,6	0,39
22.30	12,68	3,5	226,7	0,39
22.45	12,62	3,3	226,9	0,39
23.00	12,58	3,5	226,5	0,39
23.15	12,47	3,2	227,6	0,39
23.30	12,39	3,2	227,8	0,39
23.45	12,14	3,6	228,1	0,39
00.00	11,5		Trip	
LED 200 watt				
JAM	**Baterai**		**Inverter**	
(WIT)	**Vdc**	**Idc**	**Vac**	**Iac**
19:00	13,04	6,5	229	0,80
19.15	12,95	6,15	228	0,80
19:30	12,98	6,17	228	0,80
19.45	12,92	6,12	228	0,80
20.00	12,89	6,20	228	0,80
20.15	12,83	6,20	228	0,80
20.30	12,81	6,14	228	0,80

20.45	12,74	6,17	229	0,80
21.00	12,69	6,12	229	0,80
21.15	12,62	6,17	229	0,80
21.30	12,55	6,20	229	0,80
21.45	12,41	6,23	229	0,80
22.00	12,16	6,38	229	0,79
22.15	11,5		Trip	

LED 300 watt

JAM	Baterai		Inverter	
(WIT)	Vdc	Idc	Vac	Iac
19:00	12,87	8,47	230	1,21
19.15	12,80	8,46	229	1,21
19:30	12,63	8,45	230	1,21
19.45	12,57	8,34	230	1,21
20.00	12,44	8,25	230	1,21
20.15	12,22	8,24	230	1,21
20.30	11,5		Trip	

LED 400 watt

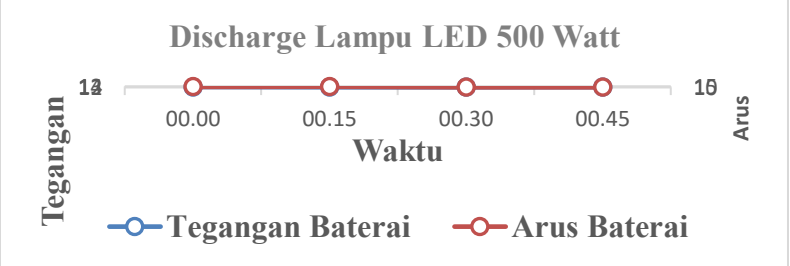
JAM	Baterai		Inverter	
(WIT)	Vdc	Idc	Vac	Iac
19:00	13,26	10,97	232	1,60
19.15	12,93	10,6	230	1,63
19:30	12,91	10,56	230	1,63
19.45	12,86	10,67	230	1,63
20.00	12,81	10,73	230	1,63
20.15	11,5		Trip	

LED 500 watt

JAM	Baterai		Inverter	
(WIT)	Vdc	Idc	Vac	Iac
19:00	12,97	13,05	233	2,04
19.15	12,79	12,69	232	2,06
19:30	12,66	11,30	232	2,05
19.45	12,56	11,05	230	2,03
20.00	11,5		Trip	



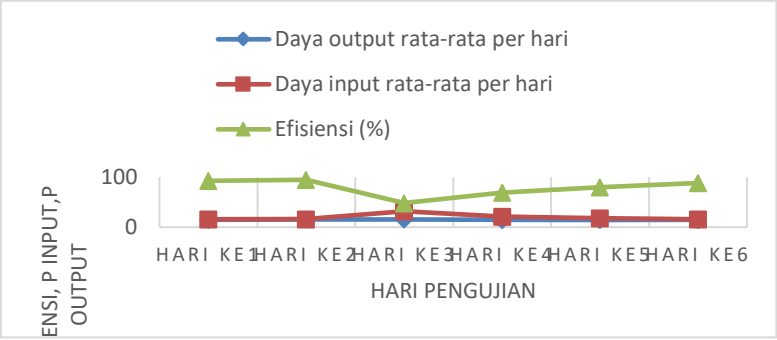
Gambar 2 Grafik Pengosongan Baterai Beban 100 Watt



Gambar 3 Grafik Pengosongan Baterai Beban 500 Watt

C. Analisis Efisiensi Sistem Total

Meskipun efisiensi konversi pengisian harian bisa mencapai nilai tinggi, efisiensi sistem total dari panel surya hingga ke output beban AC jauh lebih rendah. Setelah memperhitungkan kerugian (losses) energi pada setiap komponen—panel surya (±12%), MPPT (±9,5%), baterai (±20,8%), inverter (±15%), kabel (±5,8%), dan komponen proteksi (±1,5%)—efisiensi total sistem saat beroperasi dengan beban penuh adalah sekitar 35–40%.



Gambar 4: Grafik Efisiensi

D. Implikasi Praktis

Dengan kapasitas baterai 12V 50Ah (±600 Wh), sistem ini paling optimal digunakan pada beban ringan hingga menengah, seperti lampu penerangan, kipas, charger telepon seluler, atau laptop. Untuk beban berat dengan daya >300 W, durasi operasi sangat terbatas, sehingga sistem lebih sesuai sebagai sumber energi cadangan jangka pendek. Hal ini menunjukkan perlunya peningkatan kapasitas baterai dan penambahan jumlah panel surya untuk aplikasi rumah tangga yang lebih luas.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa **power station portable berbasis energi surya dengan kapasitas 500 Watt berhasil diwujudkan sesuai spesifikasi yang direncanakan**. Sistem yang dirancang mampu menyuplai daya listrik secara stabil dengan tegangan output AC berada di kisaran 225–229V. Pada tahap pengisian, efisiensi tertinggi mencapai 94,76% ketika kondisi radiasi matahari optimal, sementara pada tahap pengosongan, sistem dapat beroperasi lebih dari delapan jam pada beban ringan 100 Watt, namun hanya bertahan kurang dari satu jam pada beban penuh 500 Watt. Fakta ini menunjukkan bahwa kapasitas baterai 12V 50Ah yang digunakan lebih ideal untuk beban ringan hingga menengah.

Selain itu, **sistem proteksi yang diterapkan terbukti efektif**. Low Voltage Disconnect (LVD) bekerja pada tegangan sekitar 11,5 Vdc sehingga mencegah overdischarge, sementara proteksi overcharge dan hubung singkat juga berjalan dengan baik. Dengan adanya sistem proteksi yang komprehensif ini, keandalan dan keamanan penggunaan power station portable semakin terjamin.

Secara keseluruhan, **penelitian ini menegaskan bahwa power station portable 500 Watt berbasis energi surya dapat menjadi solusi energi alternatif yang ramah lingkungan, portabel, dan aplikatif**, khususnya di daerah terpencil yang belum terjangkau jaringan PLN maupun pada situasi darurat. Namun demikian, untuk meningkatkan performa, disarankan adanya pengembangan lebih lanjut berupa penambahan kapasitas baterai, penggunaan panel surya dengan daya lebih besar, serta optimalisasi sistem manajemen energi agar durasi operasional pada beban menengah hingga tinggi dapat lebih lama dan efisiensi total sistem semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

Anshori, A., Siswojo, B., & Hasanah, R. N. (2020). Teknik Fast Charging Baterai Lithium-Ion Menggunakan Logika Fuzzy. *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, *7*(1), 26–37.

Aryza, S., Hermansyah, H., Siahaan, A. P. U., Suherman, S., & Lubis, Z. (2017). Implementasi Energi Surya Sebagai Sumber Suplai Alat Pengering Pupuk Petani Portable. *It Journal Research and Development*, *2*(1), 12–18.

Bagus Rahmadani. (2021). *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Do's & Dont's*.

Bhatti, A. R., Lakhair, H., Sher, H. A., & Cheema, T. A. (2024). Portable Solar-Station with Integrated Battery Management and Load Monitoring System. *MATEC Web of Conferences*, *398*, 01025.

Dahliya, D., Samsurizal, S., & Pasra, N. (2021). Efisiensi Panel Surya Kapasitas 100 Wp Akibat Pengaruh Suhu Dan Kecepatan Angin. *Sutet*, *11*(2), 71–80.

Dewi, Arfita Yuana, A. (2013). Pemanfaatan energi surya sebagai suplai cadangan pada laboratorium elektro dasar di institut teknologi padang. *Jurnal Teknik Elektro*, *2*(3), 20–28.

Harahap, P. (2020). Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, *2*(2), 73–80.

Kepulauan, K., Kec, T., Kuway, F., & Prenata, G. D. (2025). *SURYA DALAM KONTEKS PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN DI DESA SABAL*. 321–327.

Matondang, S. N., Uluwiyah, D. U., Hikmatyara, S., Artanty, S. D. S., Adelia, N., Artanti, S. C., & Subekti, M. F. A. (2023). Powerpixie (Power Bank Solar Panel) Inovasi Perancangan Aplikasi Portable Powerbank Berbasis Panel Surya. *Scientica (Jurnal Ilmiah Sain Dan Teknologi)*, *1*(1), 202–217.

Murdiya, F., & Hamzah, A. (2020). Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Pompa Air Dan Penerangan Dalam Program Pengabdian Kepada Masyarakat. *Jurnal Pengabdian Untuk Mu NegeRI*, *4*(2).

Nurfajriansyah, R. (2018). Perancangan Portable Powerbank Berbasis Panel Surya Sebagai Multipurpose Reserve Power Generation (Mrpg). *Perancangan Portable Powerbank Berbasis Panel Surya Sebagai Multipurpose Reserve Power*, *1*(1), 1–40.

Pido, R. (2019). Analisa Pengaruh Kenaikan Temperatur Permukaan Solar Cell Terhadap Daya Output. *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, *2*(2), 24.

Prajogo, S., Utami, S., Pudin, A., Teknik, J., Energi, K., & Bandung, P. N. (2018). Pengembangan Sistem Manajemen Energi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Guna Meningkatkan Kontinuitas Listrik Rumah Tangga. *Prosiding Seminar Nasional Vokasi Indonesia, 1*(November), 143–151.

Purwadi, J. B. (2012). Evaluasi kualitas catu daya listrik di bandar udara. *Jurnal Aviasi Langit Biru*, *5*(12), 28–46.

Sharma, S., Jain, K. K., & Sharma, A. (2015). Solar Cells: In Research and Applications—A Review. *Materials Sciences and Applications*, *06*(12), 1145–1155.

Simanjuntak, A., & Lekalette, J. (2021). Plts Di Pulau Osi Dan Permasalahannya. *ALE Proceeding*, *2*, 87–94.

Simanjuntak, A., Wattimena, W. M. E., & Aponno, I. (2023). Analisis Pengaruh Variasi Laju Aliran Volumetrik Air Pendingin Terhadap Efisiensi Modul Surya. *ALE Proceeding*, *6*, 92–97.

Syafii, S., Mayura, Y., & Muhardika, M. (2020). Strategi Pembebanan PLTS Off Grid untuk Peningkatan Kontinuitas Suplai Energi Listrik. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, *15*(3).

Syahwil, M., & Kadir, N. (2021). Rancang Bangun Modul Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sistem Off-grid Sebagai Alat Penunjang Praktikum Di Laboratorium. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, *3*(1), 26–35.

Wahidin, N. F., Yadie, E., & Putra, M. A. (2022). Analisis Perbandingan Solar Charging Controller (SCC) Jenis PWM Dan MPPT Pada Automatic Handwasher with Workstation Bertenaga Surya Politeknik Negeri Samarinda. *PoliGrid*, *3*(1), 12.

Wulandari, H. (2008). *Performa Sel Surya Tersensitasi Zat Pewarna (DSSC) Berbasis ZnO dengan Variasi Tingkat Pengisian dan Besar Kristalit TiO2*. 6–26.