

KAJI EKSPERIMENTAL PENGISIAN BATERAI BERBASIS TENAGA SURYA DAYA 2.400 WATT SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK

Akbar Muzakky Tuasikal¹⁾, A. Simanjuntak²⁾, Samy J. Litolily³⁾

¹⁾S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: tuasikalmuzakky16@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: sj.litolily@fatek.unpatti.ac.id

Abstrak Pengisian baterai menggunakan modul surya melibatkan penggunaan energi matahari untuk menghasilkan listrik yang kemudian digunakan untuk mengisi daya baterai. Modul surya mengubah energi matahari menjadi listrik melalui efek fotovoltaiik. Penelitian ini meneliti efisiensi dan kinerja pengisian baterai berbasis tenaga surya dengan daya 2400 watt sebagai sumber energi listrik. Penekanan diberikan pada optimalisasi sistem pengumpulan energi surya dan penyimpanan dalam baterai. Eksperimen dilakukan untuk mengukur tingkat pengisian baterai dalam berbagai kondisi radiasi matahari dan kapasitas baterai. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan efisiensi yang dihasilkan modul surya dan energi listrik yang tersimpan dalam baterai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi yang dihasilkan modul surya di hari pertama sebesar 13,12%, di hari kedua 13,04%, di hari ketiga 12,77% dan di hari keempat 14,03. Kemudian energi listrik yang tersimpan dalam baterai di hari pertama sebesar 2.522 Wh, di hari kedua 2.604 Wh, di hari ketiga 2.594 Wh dan di hari keempat 2.530 Wh.

Kata kunci: Modul surya, efisiensi, energi listrik baterai.

1. PENDAHULUAN

Konsumsi energi di Indonesia didominasi oleh energi fosil (Afriyanti, 2020) yang ketersediaannya akan menipis dan habis (Setyono, 2019). Dengan demikian untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil, energi terbarukan menjadi solusi yang baik (Desti, 2022). Salah satu sumber energi terbarukan yang perkembangannya cukup pesat di dunia termasuk Indonesia yaitu energi surya (Mayasari, 2022). Posisi Indonesia sebagai negara beriklim tropis yang mendapatkan sinar matahari sepanjang tahun dengan potensi energi surya sebesar 4,8 kWh/m² (Simanjuntak, 2019), maka pemanfaatan modul surya sebagai sumber energi alternatif layak dipertimbangkan (Akmal, 2022).

Kajian awal penulis adalah melakukan konfigurasi terhadap 2 buah modul surya masing – masing daya 130 Wp secara seri dan paralel. Pengukuran dilakukan secara *realtime* di lapangan. Hasil yang diperoleh adalah daya keluaran panel surya terhubung secara paralel sebesar 383,415 watt dan seri sebesar 266,85 watt. Hal ini mengindikasikan bahwa konfigurasi modul surya secara paralel memberikan hasil yang lebih baik dari konfigurasi secara seri.

Berbagai penelitian yang telah dilakukan terkait pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi listrik. Hamidin dkk, (2022), melakukan uji coba selama 3 hari terhadap *prototype* stasiun pengisian daya ponsel seluler menggunakan modul surya 20 Wp dan baterai polimer 20 Ah. Hasil uji coba yang dilakukan menunjukkan bahwa arus input modul surya ke *solar charge controller* sebesar 11,6 volt pada hari pertama, 12,8 volt hari kedua dan 12,6 volt pada hari ketiga dengan waktu pengisian baterai selama 40 menit. Kemudian Wahono (2015), melakukan pengukuran proses pengisian dan pengosongan baterai untuk mengetahui

keandalan tegangan dan arus 3 buah modul surya dengan daya masing – masing 50 watt. Kedua modul surya dihubungkan secara paralel dan menghasilkan daya maksimum menjadi 100 watt.

Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian ini akan melakukan kaji eksperimental pengisian baterai berbasis tenaga surya daya 2.400 watt sebagai sumber energi listrik. Penelitian ini menggunakan 3 buah modul surya dengan daya masing – masing 130 Wp terhubung secara paralel dan 2 buah baterai VRLA 12 volt 100 Ah.

2. METODE

Pada penelitian ini penulis menggunakan beberapa metode pengumpulan data sebagai berikut:

Tahap I. Studi literatur dan survey data.

Tahapan ini dilakukan studi literatur dan survey data primer maupun data sekunder terkait dengan objek penelitian yang akan dilakukan, berupa hasil penelitian terdahulu dari jurnal-jurnal yang sudah terpublikasi.

Tahap II. Perancangan konsep konfigurasi peralatan penelitian.

Tahapan ini membuat rancangan konsep konfigurasi peralatan sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) *off-grid* dan baterai sebagai beban listriknya.

Tahap III. Assembling

Tahapan ini membuat rangkaian penelitian sesuai dengan perancangan konsep yang sudah dilakukan.

Tahap III. Pengukuran

Tahapan ini adalah tahap eksperimen yaitu melakukan pengukuran terhadap modul surya. Adapaun data yang akan diperoleh dari hasil pengukuran ini yakni: Arus hubung singkat (I_{sc}), Tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}), Tegangan pengisian baterai dan arus pengisian baterai. Selanjutnya dilakukan operasional beban listrik.

Tahap III. Perhitungan.

Perhitungan daya input, daya output dan energi listrik yang dihasilkan modul surya.

Tahap IV. Pembahasan.

Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui hasil penelitian.

Tahap V. Kesimpulan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Nilai Rata – Rata Radiasi Matahari dan Energi Matahari

Data radiasi matahari pada tabel 4.4, 4.5 dan 4.6 adalah data hasil pengukuran selama 3 hari yang berlangsung selama 55 kali pengukuranyaitu dari jam 08:00 WIT sampai dengan jam 17:00 WIT dalam watt per meter persegi. Dari data tersebut dihitung nilai rata – rata radiasi matahari dengan menggunakan persamaan (2.11) dan hasilnya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data nilai rata – rata radiasi matahari (W/m^2)

Hari Ke-	Rata-rata radiasi matahari (W/m^2)
1	607,71
2	853,76
3	855,72
4	701,04

Energi matahari merupakan jumlah energi matahari yang jatuh pada modul surya dalam satu hari. Dari data pada tabel 1 dapat dihitung energi matahari dalam satu hari. Pengukuran yang dilakukan adalah selama 10 jam dari jam 08:00 WIT sampai dengan jam 17:00 WIT, maka energi matahari adalah radiasi matahari dikali 10 jam, maka hasilnya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data energi matahari per hari (Wh/m²/hari)

Hari Ke-	Energi Matahari per Hari (Wh/m ² /hari)
1	6.077,10
2	8.537,60
3	8.557,20
4	7.010,40

Data pada tabel 1 dan 2 merupakan data hasil pengukuran V_{OC} dan I_{SC} modul surya dari jam 08:00 WIT sampai dengan jam 17:00 WIT. Dari data tersebut dapat diambil nilai rata – rata dengan menggunakan persamaan (2.11) per hari yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data rata – rata V_{OC} (volt) dan I_{SC} (ampere)

Hari Ke-	Rata – Rata V _{OC}	Rata-Rata I _{SC}
	(volt)	(ampere)
1	21,60	11,65
2	22,19	15,83
3	21,66	15,92
4	21,69	14,31

B. Perhitungan Daya Modul Surya

Penelitian ini menggunakan 3 (tiga) buah modul surya jenis *monocrystalline* dengan daya 130 Wp per modul yang terhubung secara paralel. Adapun *datasheet* modul surya disajikan pada tabel 1. *Datasheet* tersebut menjadi dasar untuk melakukan perhitungan kapasitas modul surya yang dibutuhkan untuk pengisian baterai.

Daya modul surya yang dihitung adalah daya masukan (P_{in}) dan daya keluaran (P_{out}). Daya masukan modul surya (P_{in}) dihitung dengan menggunakan persamaan (2.3), sedangkan daya keluaran modul surya (P_{out}) dihitung dengan menggunakan persamaan (2.4).

Adapun hasil perhitungan daya masukan modul surya (P_{in}) dan daya keluaran modul surya (P_{out}) per hari disajikan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 4. Daya masukan modul surya

Hari Ke-	Rata-rata radiasi matahari (W/m ²)	Luas Modul Surya (m ²)	Daya Masukan Modul Surya (watt)
1	607,71	2,43	1.476,74
2	853,76	2,43	2.074,64
3	855,72	2,43	2.079,40
4	701,04	2,43	1.703,53

Tabel 5. Daya keluaran modul surya

Hari Ke-	Rata – Rata V_{OC} (volt)	Rata-Rata I_{SC} (ampere)	FF	Pout (watt)
1	21,6	11,65	0,77	193,76
2	22,19	15,83	0,77	270,48
3	21,66	15,92	0,77	265,52
4	21,69	14,31	0,77	239,00

Efisiensi modul surya merujuk pada sejauh mana modul surya dapat mengubah energi surya menjadi listrik. Efisiensi ini diukur dalam persentase dan biasanya berkisar antara 15% hingga 22% untuk modul surya komersial. Semakin tinggi efisiensi modul surya, semakin banyak energi surya yang dapat dikonversi menjadi listrik.

Ada beberapa faktor yang memengaruhi efisiensi modul surya, termasuk kualitas sel surya, teknologi produksi, dan kondisi lingkungan seperti radiasi matahari dan suhu. Sementara teknologi terus berkembang, meningkatkan efisiensi modul surya adalah tujuan penting dalam upaya untuk memanfaatkan lebih banyak energi matahari secara efisien.

Nilai efisiensi modul surya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.5). Adapun hasil perhitungan efisiensi modul surya disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Efisiensi modul surya

Hari ke-	Radiasi Matahari (W/m^2)	Daya Masukan Modul Surya (P_{in}) (watt)	Daya Keluaran Modul Surya (P_{out})	Efisiensi (η) (%)
1	6.077,10	1.476,74	193,76	13,12
2	8.537,60	2.074,64	270,48	13,04
3	8.557,20	2.079,40	265,52	12,77
4	7.010,40	1.703,53	239,00	14,03

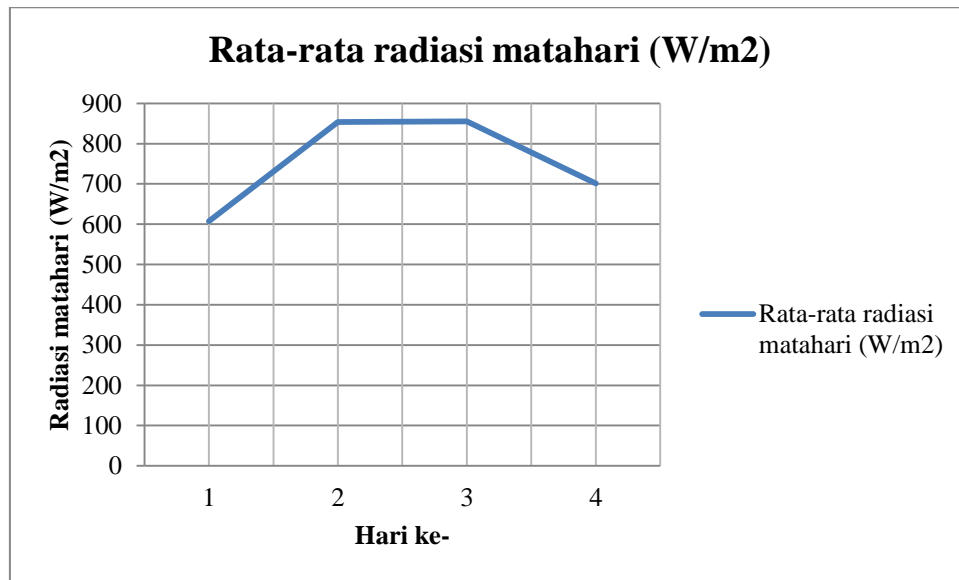
Data tegangan maksimum per hari merupakan data akumulasi pengisian tegangan baterai dari jam 08:00 WIT sampai dengan jam 17:00WIT. Adapun tegangan baterai maksimum saat *charging* terjadi di jam 17:00 WIT. Dari data tersebut diperoleh energi listrik yang tersimpan dalam baterai disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Energi listrik dalam baterai (Wh)

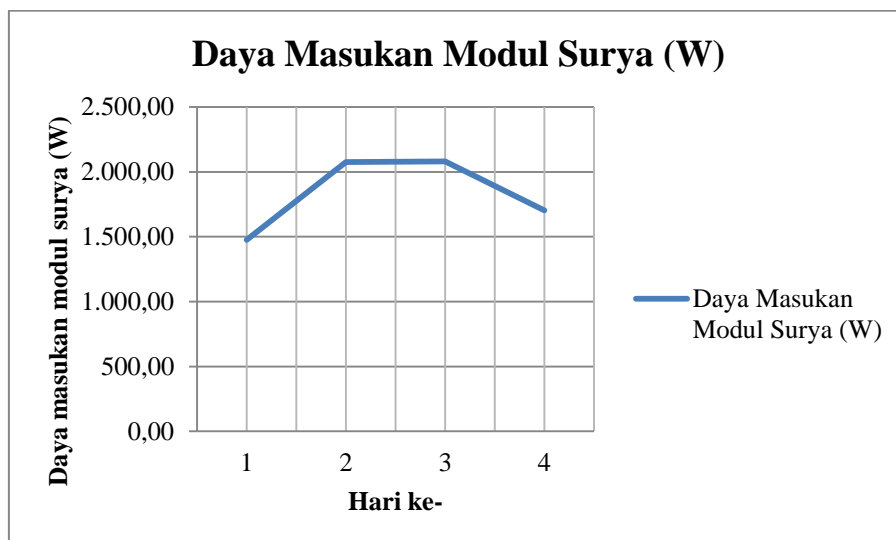
Hari ke-	Tegangan Baterai (V)	Kapasitas Baterai (Ah)	Energi Listrik Dalam Baterai (Wh)
1	12,61	200	2.522
2	13,02	200	2.604
3	12,97	200	2.594
4	12,65	200	2.530

Grafik pada gambar 1 merupakan nilai rata – rata radiasi matahari dari hari pertama sampai hari keempat. Dari grafik tersebut ditunjukkan bahwa radiasi matahari tertinggi terdapat pada hari ketiga penelitian yaitu sebesar $855,72 W/m^2$ dan terendah ada di hari

pertama sebesar $607,71 \text{ W/m}^2$. Hal ini sangat dipengaruhi beberapa faktor yaitu temperatur modul surya, temperatur lingkungan, awan, tingkat kecerahan matahari.

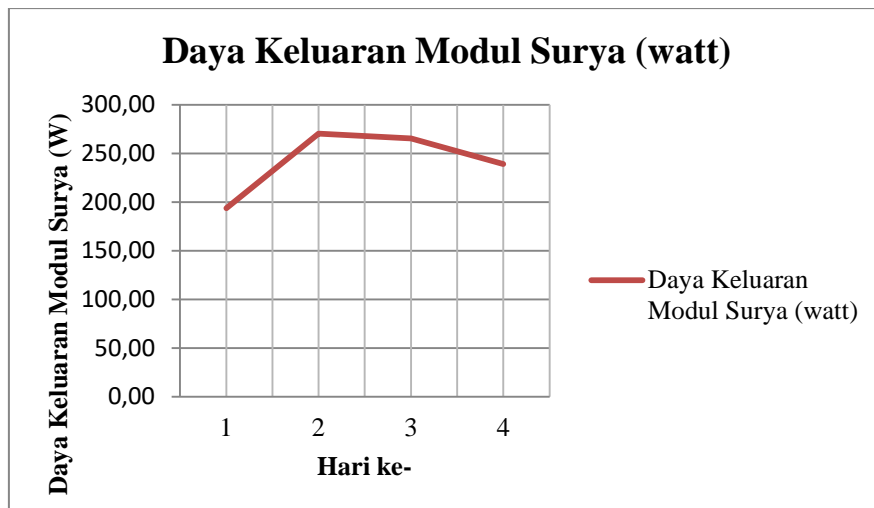


Gambar 1. Grafik rata - rata radiasi matahari.



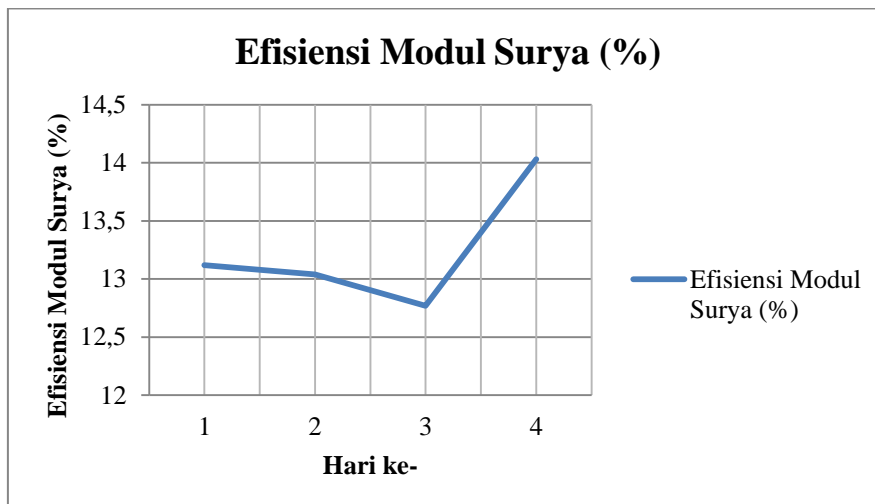
Gambar 2. Grafik daya masukan modul surya.

Gambar 2 merupakan grafik daya masukan modul surya, dimana daya masukan tertinggi ada di hari ketiga dan terendah di hari pertama. Daya masukan modul surya sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Pertama radiasi matahari, semakin tinggi radiasi matahari, semakin besar daya input yang dihasilkan oleh modul surya. Kedua adalah orientasi dan kemiringan modul surya, dimana penempatan modul surya dengan orientasi dan kemiringan yang optimal dapat meningkatkan efisiensi pengumpulan energi matahari. Ketiga adalah kondisi cuaca diantaranya awan, hujan, atau debu dapat mengurangi intensitas cahaya yang mencapai modul surya dan mengurangi daya input. Keempat adalah suhu, suhu tinggi dapat mengurangi efisiensi modul surya. Modul surya umumnya lebih efisien dalam kondisi suhu yang lebih rendah. Kelima adalah efisiensi modul surya, efisiensi konversi energi matahari menjadi listrik oleh modul surya juga memainkan peran penting dalam menentukan daya input. Keenam adalah kebersihan modul surya, modul surya yang bersih cenderung memiliki daya input yang lebih tinggi. Kotoran atau debu dapat mengurangi cahaya yang mencapai sel surya.



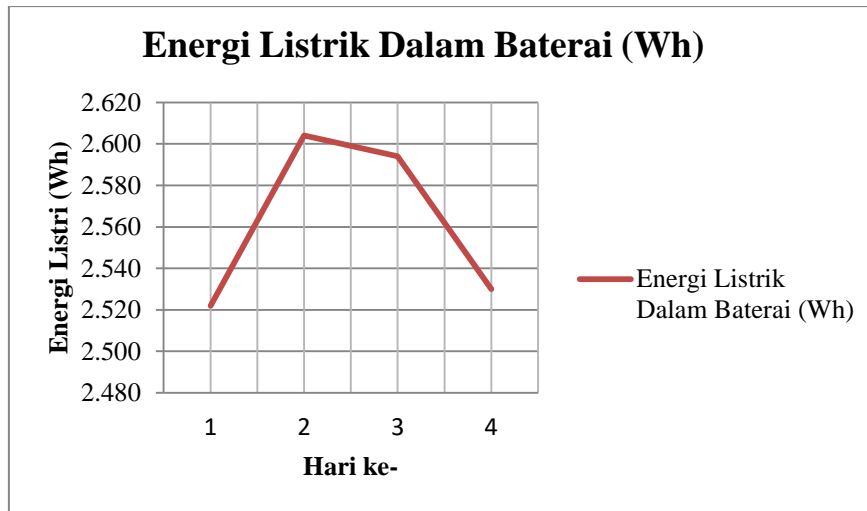
Gambar 3. Grafik keluaran modul surya.

Gambar 3 merupakan grafik daya keluaran modul surya yang sangat dipengaruhi oleh V_{OC} , I_{SC} dan *fill factor*. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa daya keluaran tertinggi ada di hari ke 2 dan terendah di hari pertama.



Gambar 4. Grafik efisiensi modul surya.

Efisiensi modul surya mengacu pada kemampuan suatu modul surya untuk mengubah energi matahari menjadi listrik. Ini diukur sebagai persentase dari energi matahari yang jatuh ke modul surya yang dapat diubah menjadi listrik. Gambar 4.4 merupakan grafik efisiensi modul surya dari hari pertama sampai dengan hari keempat. Dari grafik tersebut dapat dilihat efisiensi tertinggi ada di hari keempat sebesar 14,03 % dan terenda di hari ketiga sebesar 12,77 (%).



Gambar 5. Grafik Energi listrik dalam baterai (Wh).

Pengisian baterai menggunakan modul surya melibatkan penggunaan energi matahari untuk menghasilkan listrik yang kemudian digunakan untuk mengisi daya baterai. Modul surya mengubah energi matahari menjadi listrik melalui efek fotovoltaik. Proses pengisian daya baterai dalam penelitian ini adalah dengan modul surya. Proses pengisian daya baterai melibatkan aliran arus listrik dari sumber daya eksternal yaitu modul surya ke baterai. Selama pengisian, energi listrik digunakan untuk mengubah kembali energi kimia di dalam baterai, sehingga baterai dapat digunakan kembali setelah terisi penuh. Dari grafik pada gambar 4.5 dapat dilihat bahwa energi listrik tertinggi ada di hari kedua yaitu sebesar 2604 Wh dan terendah di hari pertama sebesar 2.552 Wh.

4. SIMPULAN

Dari hasil pengolahan data dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Efisiensi yang dihasilkan modul surya di hari pertama sebesar 13,12%, di hari kedua 13,04%, di hari ketiga 12,77% dan di hari keempat 14,03.
2. Energi listrik yang tersimpan dalam baterai di hari pertama sebesar 2.522 Wh, di hari kedua 2.604 Wh, di hari ketiga 2.594 Wh dan di hari keempat 2.530 Wh.

DAFTAR PUSTAKA

- Ab Kadir, M. Z. A., & Rafeeu, Y. (2010). A review on factors for maximizing solar fraction under wet climate environment in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(8), 2243–2248.
- Afriyanti, Y., dkk. (2020), analisis faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi energi terbarukan di Indonesia, *DINAMIC: Directory Journal of Economic Volume 2 Nomor 3*.
- Akmal., dkk. (2022), Uji Eksperimental Modul Surya 130 Wp Untuk Suplai Listrik Lemari Pendingin Vaksin Di Daerah Terpencil, Vol-1 No.1.
- Desti, I., (2022), Literature Review: Upaya Energi Bersih Dan Terjangkau, *Jurnal Sains Edukatika Indonesia (JSEI)*, Vol. 4, No. 1, Hal. 8-11
- Gultom T. T, 2015. Pemanfaatan Photovoltaic Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya, *Jurnal Dunia Ilmu, Vol-1 No. 3*.
- Hamidin dkk, (2022), Prototype Stasiun Pengisian Daya Ponsel Seluler Menggunakan Solar Panel 20Wp, *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 19, No. 2.
- Hakim, M. F., (2017), Perancangan *Rooftop Off-Grid Solar Panel* Pada Rumah Tinggal Sebagai Alternatif Sumber Energi Listrik, *Jurnal Dinamika DotCom*, Vol. 8 No. 1.

- Idris, M., (2019), Rancang Panel Surya Untuk Instalasi Penerangan Rumah Sederhana Daya 900 Watt, *urnal Elektronika, Listrik dan Teknologi Informasi Terapan*, Volume 1, Terbitan 1.
- Mayasari, F., dkk. (2022), Pengenalan Panel Surya sebagai Salah Satu Sumber Energi Terbarukan untuk Pembelajaran di SMA Negeri 1 Takalar, *Jurnal Tepat (Teknologi Terapan Untuk Pengabdian Masyarakat)*, Volume 5, Nomor 2.
- Rusman, (2015), Pengaruh Variasi Beban Terhadap Efisiensi Solar Cell Dengan Kapasitas 50 Wp, *Turbo*, Vol.4, No.2, 84 – 90.
- Shalih, Y dan Suratmo (2019), Pengaruh Arah Posisi Pemasangan Panel Surya Terhadap Output Daya Keluaran, *Jurnal Sains Terapan Teknologi Informasi*, Vol.11 No.2.
- Setyono, A. E., Kiono, B. F. T., (2021), Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020 – 2050, *JEBT: Jurnal Energi Baru & Terbarukan*
- Simanjuntak, A. dan Lekalette, J., (2019), Plts Di Pulau Osi Dan Permasalahannya, *Prosiding Seminar Nasional, Archipelago Engineering*.
- Wahono (2015), Pengukuran Proses Pengisian dan Pengosongan Baterai Untuk Mengetahui Keandalan Tegangan dan Arus Panel Surya.
- Wulandari, L., dkk. (2023), Analisis Pengaruh Globalisasi Dan Perkembangan Teknologi Nuklir Terhadap Lingkungan Hidup Yang Berkelanjutan, *Jurnal Bisnis dan Manajemen West Science*, Vol. 1, No. 01, Desember, pp. 36-50.