



PENERAPAN SOLAR CELL 200 WP LISTRIK PADA LISTRIK RUMAH TANGGA

Tri Nona Damanik^{a*}, Salomo Silaban^a

^aProgram Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 20155, Indonesia

E-mail : tridamanik@students.polmed.ac.id (T.N. Damanik) Tel.: +6218-590-34110

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 17 Oktober 2022

Direvisi pada 12 November 2022

Disetujui pada 28 November 2022

Tersedia daring pada 25 Februari 2023

Kata kunci:

Sel Surya, Solar Charge Controller, Baterai, Inverter, Lampu LED, Lampu TL.

Keywords:

Solar Cell, Solar Charge Controller, Batteries, Inverters, LED and TL lamps.

ABSTRAK

Daerah terpencil yang tidak terjangkau jaringan listrik yang bersumber dari PLN maka dapat melakukan penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Metode fotovoltaik digunakan untuk menghasilkan sumber energi listrik bagi daerah yang tidak terjangkau jaringan listrik yang bersumber dari PLN. Era modern saat ini tentu masih ada. Penelitian fokus membahas tentang penggunaan *solar cell* 200 WP dengan kapasitas listrik 450-Watt untuk rumah petani yang letaknya di daerah terpencil. Prinsip kerja dari PLTS yaitu panel surya menerima sinar matahari yang menghasilkan arus listrik *direct current* (DC) yang dialirkan ke baterai, lalu dari baterai menyimpan arus listrik DC tersebut. Setelah dari baterai, inverter yang menarik daya listrik sehingga baterai yang menyimpan arus listrik DC 12 Volt tersebut diubah menjadi arus listrik *alternating current* (AC) 220 Volt dan dialirkan ke beban. Hasil pengujian *solar cell* diperoleh data rata-rata arus yang diterima dari panas matahari mulai pukul 10.00-17.00 WIB yaitu 35,6 A, rata-rata tegangan 38,6 V, dan rata-rata daya yang dihasilkan 138,46 W. Kapasitas *solar cell* 200 WP, rata-rata tegangan masuk 4,37 V, dan rata-rata arus 5,91 A, sedangkan hasil yang paling tinggi yaitu dengan nilai arus 5,2 A, nilai tegangan 39 V, nilai daya 202,8 W, dan dengan temperatur 310 °C dalam keadaan cuaca cerah. Pemanfaatan teknologi *solar cell* untuk menghasilkan listrik yang optimal sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari, material penyusun *solar cell*, dan temperatur pada saat kerja *solar cell*.

ABSTRACT

In today's modern era, of course, there are still remote areas that are not reached by the electricity network sourced from PLN. Solar power plant is a renewable alternative energy that is highly developed in Indonesia. Solar power plant uses a method called the photovoltaic method. The usefulness of application of this method is that it can be used as a source of electrical energy for areas that are not covered by the electricity network sourced from Indonesia State Electricity Company (PLN). The research focuses on discussing the use of 200 WP Solar Cells with 450-Watt electricity capacity for farmhouses located in remote areas. The working principle of SPP is that the solar panel receives sunlight which produces direct current (DC) electric current, which is supplied to the battery, then from the battery stores the DC electric current. After the battery, the inverter draws electric power so that the battery that stores the 12 Volt DC electric current is converted into 220 Volt alternating current (AC) electric current and flowed to the load. The results of the solar cell test which obtained data on the average current received from the sun's heat from 10.00-17.00 WIB, which is 35.6 A, the average voltage is 38.6 V, and the average power generated is 138.46 W. The capacity of the solar cell is 200 WP, the average input voltage is 4.37 V, and the average current is 5.91 A, with a current value of 5.2 A, voltage 39 V, rated power 202.8 W, and with a temperature of 310 °C in sunny weather conditions. The utilization of solar cell technology to produce optimal electricity is strongly influenced by the intensity of sunlight, the material that makes up the solar cell, and the temperature at which the solar cell works.

1. PENGANTAR

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang dirancang dengan menggunakan sistem *off-grid*. Sistem *off-grid* ini yaitu sebuah sistem yang tidak terhubung dengan jaringan PLN dan juga sistem *off-grid* ini akan menyimpan tenaga surya di dalam baterai agar dapat dipergunakan pada saat tidak ada jaringan listrik mati (Harahap, dkk., 2022; Yuniarti dan Rizal, 2022). Sistem *off-grid* berbeda dengan sistem *hybrid* yang membutuhkan biaya yang lumayan besar karena tidak hanya menggunakan satu energi alternatif saja. Sehingga daerah terpencil dapat membuat sistem pembangkit sendiri dengan mengandalkan energi surya. Ketidaktergantungan dengan sumber daya lain ini juga merupakan kelebihan yang dapat digunakan pada sistem sel surya (Pradityo, 2015; Budyanto dan Setyawan, 2021). Maka dari itu sistem ini sangat cocok diterapkan di daerah terpencil yang sama sekali tidak ada masuknya jaringan listrik oleh PLN. Ketika sistem *off-grid* ini tidak bisa berjalan, masih ada baterai yang mempunyai cadangan arus listrik yang dapat digunakan (Sukmajati & Hafidz, 2015)

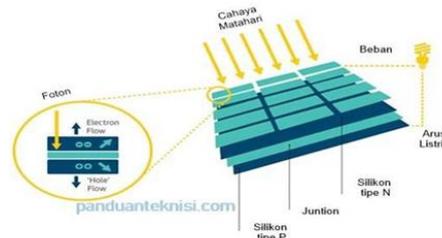
1.1. Solar Cell

Solar Cell atau sel surya adalah suatu komponen yang dapat mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Sel surya ini bekerja menggunakan efek *potovoltaic* atau disebut dengan sel *photovoltaic* (Purwoto, dkk. 2018; Setyawan dan Ulinuha, 2022). Sel *photovoltaic* atau efek *photovoltaic* yaitu suatu fenomena dimana munculnya tegangan listrik karena adanya hubungan atau kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padat atau cair saat mendapatkan energi cahaya. Maka dari itu, *solar cell* atau sel surya sering disebut dengan sel *photovoltaic* (PV) (Martini, dkk., 2019). Efek *photovoltaic* dapat dikatakan sebagai teknologi yang fungsinya untuk mengkonversi radiasi cahaya matahari menjadi energi listrik secara langsung. *Solar cell* juga merupakan sebuah hamparan semikonduktor yang dimana dapat menyerap *photon* dari sinar matahari mengubah menjadi energi listrik. Sel surya tersebut dari potongan silikon yang sangat kecil dimana dengan dilapisi bahan kimia untuk membentuk dasar sel surya (Saragi, dkk., 2022; Tiun, dkk., 2019).

1.2. Cara Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Sinar matahari terdiri dari partikel sangat kecil yang disebut dengan *foton*. Ketika terkena sinar matahari, *foton* yang merupakan partikel sinar matahari tersebut menghantam atom semikonduktor silikon sel surya sehingga dimana menimbulkan energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya. Elektron yang terpisah dan bermuatan negatif (-) tersebut akan bebas bergerak pada daerah pita konduksi dari material semikonduktor. Atom yang kehilangan elektron tersebut akan terjadi kekosongan pada strukturnya, kekosongan tersebut dimana dinamakan dengan "*hole*" dengan muatan positif (+) (Hayani, dkk., 2021; Afrida, dkk., 2021).

Daerah semikonduktor dengan elektron bebas bersifat negatif serta bertindak sebagai pendonor elektron, daerah semikonduktor disebut semikonduktor tipe N (N-type), sedangkan daerah semikonduktor dengan *hole* bersifat positif dan bertindak sebagai penerima (*acceptor*) elektron yang dimana dinamakan dengan semikonduktor tipe P (*P-type*). Di persimpangan daerah Positif dan Negatif (*PN-junction*), akan menimbulkan energi yang dimana mendorong elektron dan *hole* untuk bergerak kearah yang berlawanan. Elektron bergerak menjauhi daerah negatif sedangkan *hole* bergerak menjauhi daerah positif. Ketika diberikan sebuah beban berupa lampu maka di persimpangan Positif dan Negatif (*PN-junction*) ini, maka akan terjadi menimbulkan arus listrik ditunjukkan pada gambar 1 (Afrida, dkk., 2021; Amalia, dkk.,).



Gambar 1 Cara Kerja PLTS

1.3. Struktur Sel Surya

Sesuai dengan perkembangan teknologi yang sekarang, jenis teknologi sel surya sangat berkembang dengan berbagai inovasi. Sel surya antara lain juga disebut sel surya generasi satu, dua, tiga, dan empat, dengan struktur atau bagian-bagian penyusun sel yang berbeda (Aryza dkk., 2017; Cahyadi dkk., 2020).



Gambar 2 Struktur dari sel surya komersial yang menggunakan material silikon sebagai semikonduktor (*HowStuffWorks*)

Sel surya yang umum yang berada dipasaran saat ini yaitu sel surya berbasis material silikon yang secara umum juga mencakup struktur dan cara kerja sel surya generasi pertama (sel surya silikon) dan kedua (*thin film*/lapisan tipis). Gambar 2 di atas menunjukkan ilustrasi sel surya dan juga bagian-bagiannya. Secara umum terdiri dari (Hayani, dkk., 2021; Puriza, dkk., 2021; Surindra, 2020):

- a) *Substrat/metal backing* yaitu material yang menopang seluruh komponen sel surya. Material substrat harus mempunyai konduktifitas listrik yang baik karena berfungsi sebagai kontak terminal positif sel surya,
- b) Material semikonduktor adalah bagian inti dari sel surya yang biasanya mempunyai tebal sampai beberapa ratus *micrometer* untuk sel surya generasi pertama (silikon), dan 1-3 mikrometer untuk sel surya lapisan tipis. Material semikonduktor berfungsi untuk menyerap cahaya dari sinar matahari.
- c) Kontak Metal/*Contact Grid* yaitu Selain substrat sebagai kontak positif, diatas sebagian material semikonduktor biasanya dilapiskan material metal atau material konduktif transparan sebagai kontak negatif.
- d) Lapisan Antireflektif yaitu refleksi cahaya harus diminimalisir agar mengoptimalkan cahaya yang terserap oleh semikonduktor. Oleh karena itu biasanya sel surya dilapisi oleh lapisan anti-refleksi. Material anti-refleksi adalah lapisan tipis material dengan besar indeks refraktif optik antara semikonduktor dan udara yang menyebabkan cahaya dibelokkan ke arah semikonduktor sehingga meminimumkan cahaya yang dipantulkan kembali.
- e) Enkapsulasi/*cover glass* berfungsi sebagai enkapsulasi untuk melindungi modul surya dari hujan atau kotoran (Sanspower, 2020).

2. METODE

2.1. Komponen yang Digunakan

Dalam membuat perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *solar cell 200 WP* listrik kapasitas 450-WATT untuk rumah petani terpencil ini diperlukan beberapa komponen. Komponen atau alat tersebut yaitu: Panel Surya, Solar *Charge Controller*, Baterai, *Inverter*, Lampu LED dan Lampu TL. Sel Surya dapat dirangkai secara Seri maupun Paralel. Pada umumnya, setiap Sel Surya menghasilkan Tegangan sebesar 0,45 ~ 0,5V dan arus listrik sebesar 0,1A pada saat menerima sinar cahaya yang terang. Sel Surya yang dirangkai secara seri akan meningkatkan tegangan (*voltage*) sedangkan sel surya yang dirangkai secara paralel akan meningkatkan Arus (*Current*). Panel surya biasanya terdiri dari 28-36 sel surya yang dirangkai seri untuk memperbesar total daya output. Baterai memiliki fungsi yaitu keperluan menyimpan listrik yang dibangkitkan oleh modul fotovoltaik pada siang hari dan digunakan untuk memasok listrik ke beban pada malam hari. *Charge controller* mengatur overcharging (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh) dan menerapkan teknologi *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Bagian komponen pendukung dalam perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *solar cell 200 WP* listrik kapasitas 450-WATT untuk rumah petani terpencil yaitu:

- a) Kabel
- b) MCB 2 A dan 32 A
- c) *Clamp meter*
- d) Arus dan *Voltmeter*
- e) *Lux meter*
- f) *Termometer*

2.2. Cara Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Panel Surya 200 WP

Cahaya matahari terserap oleh sel surya, yaitu tepatnya pada saat cahaya matahari terserap maka lapisan aktif akan merespon cahaya dan mengkonversi menjadi pembawa muatan. Yang diapit oleh sepasang elektroda. Dimana pada lapisan aktif itu terdapat bahan atau lapisan semikonduktornya. Pada semikonduktor jenis P yaitu MDMO-PPV ini akan terbentuk banyak hole (pembawa muatan listrik positif) yang jumlahnya lebih banyak dari jumlah elektronnya, dimana aliran electron akan dibawa oleh jenis P yang tersambung dengan kutub positifnya (anoda) ke jenis N yaitu ZnO yang terhubung dengan kutub negatifnya (katoda), maka akan terjadi perpindahan sejumlah elektron atau arus yang mengalir. Kontak atas sel surya yang berbentuk grid perlu didesain secara optimal karena berfungsi untuk mengumpulkan arus yang dihasilkan oleh sel surya. Arus ini akan mengalir ke permukaan sel dari dalam bulk sel kemudian menembus lapisan aktif yang terdifusi lalu dikumpulkan pada kontak atas sel (Sarung, 2015). Sifat penghantar listrik dari kaca kemudian dipergunakan untuk menghantarkan elektron, dan secara keseluruhan listrik, menuju sirkuit dan kembali ke sel surya. Proses pengoperasian merupakan suatu proses evaluasi dari suatu alat yang dirancang untuk mengetahui berhasil tidaknya pembuatan alat tersebut. Adapun cara kerja dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Panel Surya 200 WP adalah sebagai berikut:

- a) Pada *solar cell 200 WP* akan menyerap panas pada sinar matahari;
- b) Sehingga keluaran output dari panel surya menghasilkan arus DC;
- c) Hasil pada arus DC diarahkan pada input *Solar Charge Controller* (SCC), sehingga *Solar Charge Controller* (SCC) tersebut dapat menstabilkan arus DC;
- d) *Output* dari arus DC *Solar Charge Controller* (SCC) akan mencharger baterai;
- e) Arus pada baterai 12 Volt positif dan negatif dihubungkan ke inverter sehingga menghasilkan tegangan 220 Volt;

- f) Pada inverter akan mengubah arus dari baterai 12 Volt arus DC menjadi 220 Volt arus AC;
- g) Pada *output* inverter akan menghasilkan 220 Volt arus AC sehingga pada output inverter akan dihubungkan ke MCB sebagai arus pengaman lebih;
- h) Pada keluaran MCB akan menghasilkan arus AC dengan tegangan 220 Volt sehingga menyalakan beban lampu LED dan lampu TL.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian Arus, Tegangan, Daya, dan Efisiensi Pada Solar Cell 200 WP

Pengujian merupakan salah satu dari tahap analisis yang bertujuan untuk mengetahui daya intensitas radiasi matahari yang diterima sel surya, daya yang dihasilkan oleh sel surya dan inverter, efisiensi panel surya dan sistem PLTS. Hubungan antara arus tegangan, daya dan efisiensi terhadap intensitas radiasi matahari, daya yang dihasilkan sel surya dan inverter, efisiensi sel surya dan sistem PLTS dengan *solar cell* 200 WP juga merupakan hal yang akan diungkap dalam investigasi aerator yang menggunakan panel surya yang terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil pengujian arus, tegangan, daya, temperatur, dan intensitas radiasi matahari (lux-W/m²) pada *solar cell* 200 WP

Jam	Arus Solar Cell (A)	Tegangan Solar Cell (V)	Daya Solar Cell (W)	Temperatur (°C)	Keadaan Cuaca	Intensitas Radiasi Matahari (Ix)-W/m ²
10.00	3,6	38	136,8	27	Berawan	0,00247
10.30	3,6	38	136,8	28	Berawan	0,00266
11.00	4,0	39	156,0	29	Cerah	0,00375
11.30	4,8	39	187,2	29	Cerah	0,00705
12.00	4,8	39	187,2	30	Cerah	0,00774
12.30	5,0	39	195,0	30	Cerah	0,00576
13.00	5,2	39	202,8	31	Cerah	0,00865
13.30	4,4	39	171,6	31	Cerah	0,00500
14.00	4,8	39	187,2	31	Cerah	0,00415
14.30	4,8	39	187,2	31	Cerah	0,00374
15.00	3,0	40	120,0	31	Cerah	0,00459
15.30	3,0	40	120,0	30	Cerah	0,00372
16.00	1,0	38	38,0	30	Cerah	0,00359
16.30	0,8	37	29,6	29	Berawan	0,00256
17.00	0,6	36	21,6	29	Berawan	0,00181
Rata-rata	3,56	38,6	138,46			0,00556

3.2. Pembahasan

3.2.1 Besar Energi yang dihasilkan Solar Cell 200 WP (Pin)

Dalam pengamatan pengambilan data diperlukan waktu 7 jam dimulai dari pukul 10.00-17.00 WIB dimana untuk setiap pengambilan data selang waktu 30 menit. Dengan demikian untuk mengetahui energi surya (pin) terdapat pada persamaan 1 sebagai berikut:

$$I = 0,00556 \text{ W/m}^2$$

$$A_{\text{panel}} = 1,30 \text{ m}^2$$

$$P_{\text{in}} = I \times A_{\text{panel}}$$

$$P_{\text{in}} = 0,00556 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \times 1,30 \text{ m}^2$$

$$P_{\text{in}} = 0,007228 \text{ Watt}$$

(1)

3.2.2 Besar Energi yang Dihasilkan Solar Cell 200 WP (P_{out})

Dalam pengamatan pengambilan data diperlukan waktu 7 jam dimulai dari pukul 10.00-17.00 WIB dimana untuk setiap pengambilan data selang waktu 30 menit. Dengan demikian untuk mengetahui energi surya dihasilkan (P_{out}) pada persamaan 2 sebagai berikut:

$$P_{\text{out}} = V \times I$$

(2)

- 1) Hasil pengambilan data 1

$$P_{\text{out}} = 38 \times 3,6$$

$$P_{\text{out}} = 136,8 \text{ Watt}$$

- 2) Hasil pengambilan data 2

$$P_{\text{out}} = 38 \times 3,6$$

$$P_{\text{out}} = 136,8 \text{ Watt}$$

- 3) Hasil pengambilan data 3

$$P_{\text{out}} = 39 \times 4$$

$$P_{\text{out}} = 156 \text{ Watt}$$

- 4) Hasil pengambilan data 4

- $P_{out} = 39 \times 4,8$
 $P_{out} = 187,2 \text{ Watt}$
- 5) Hasil pengambilan data 5
- $P_{out} = 39 \times 4,8$
 $P_{out} = 187,2 \text{ Watt}$
- 6) Hasil pengambilan data 6
- $P_{out} = 39 \times 5$
 $P_{out} = 195 \text{ Watt}$
- 7) Hasil pengambilan data 7
- $P_{out} = 39 \times 5,2$
 $P_{out} = 202,8 \text{ Watt}$
- 8) Hasil pengambilan data 8
- $P_{out} = 39 \times 4,4$
 $P_{out} = 171,6 \text{ Watt}$
- 9) Hasil pembahasan data 9
- $P_{out} = 39 \times 4,8$
 $P_{out} = 187,2 \text{ Watt}$
- 10) Hasil pembahasan data 10
- $P_{out} = 39 \times 4,8$
 $P_{out} = 187,2 \text{ Watt}$
- 11) Hasil pembahasan data 11
- $P_{out} = 40 \times 3$
 $P_{out} = 120 \text{ Watt}$
- 12) Hasil pembahasan data 12
- $P_{out} = 40 \times 3$
 $P_{out} = 120 \text{ Watt}$
- 13) Hasil pembahasan data 13
- $P_{out} = 38 \times 1$
 $P_{out} = 38 \text{ Watt}$
- 14) Hasil pembahasan data 14
- $P_{out} = 37 \times 0,8$
 $P_{out} = 29,6 \text{ Watt}$
- 15) Hasil pembahasan data 15
- $P_{out} = 36 \times 0,6$
 $P_{out} = 21,6 \text{ Watt}$

3.2.3 Efisiensi Solar Cell 200 WP

Perhitungan efisiensi pada *solar cell 200 WP* pada persamaan 3 dan 4 sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{besar energi yang datang } P_{out}}{\text{besar energi yang datang } P_{in}} \times 100 \% \quad (3)$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (4)$$

$$\eta = \frac{138,46}{0,007228} \times 100\%$$

$$\eta = 19,5606 \%$$

3.3 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa kenaikan temperatur akan menurunkan tegangan namun menaikkan arus keluaran panel surya. Pada tabel 3 dapat dilihat pengaruh temperatur terhadap karakteristik I-V panel surya. Satuan dari hasil pengukuran intensitas cahaya adalah lux yang pengukurannya dilakukan 1 jam sekali di mulai dari 10.00 WIB hingga pukul 17.00 WIB menggunakan lux meter. Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa efisiensi tertinggi yang diperoleh selama pengukuran yaitu sebesar 19,56% pada pukul 13.00 WIB sedangkan efisiensi terendah di peroleh sebesar 11,21% pada pukul 17.00 WIB. Hal ini dikarenakan pengaruh dari kenaikan temperatur permukaan panel surya yang membuat tingkat efisiensi panel surya menurun. Semakin besar temperatur permukaan panel surya maka tingkat efisiensi dari panel surya akan semakin menurun begitupun sebaliknya saat temperatur permukaan panel surya menurun maka tingkat efisiensi panel surya akan meningkat. Menurut Yogestio dkk., 2022 menyatakan kenaikan intensitas cahaya berpengaruh terhadap arus keluaran panel surya. Pada saat intensitas cahaya naik menjadi 142.261 lux berdampak terhadap kenaikan arus menjadi 5,74 A. Sedangkan saat intensitas cahaya turun menjadi 91.024 lux maka arus juga ikut turun menjadi 4,19 A. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa monocrystalin menghasilkan tegangan, arus dan daya 2,8%, 7,73% dan 6,41% lebih tinggi daripada panel surya polikristalin. Polikristalin juga lebih stabil dalam hal efisiensi terhadap perubahan lingkungan (Siagian, dkk., 2020).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian *solar cell* pada hari kamis 16 Juni 2022 diperoleh data rata-rata arus yang diterima dari panas matahari mulai pukul 10.00-17.00 WIB yaitu 35,6 A, rata-rata tegangan 38,6 V, dan rata-rata daya yang dihasilkan 138,46 W. Kapasitas *solar cell* 200 WP, rata-rata tegangan masuk 4,37 V, dan rata-rata arus 5,91 A sehingga pengukuran pengambilan data pada *solar cell* 200 WP ini tersebut dapat menangkap panas matahari yang baik sehingga memiliki hasil yang akurat. Dari pengujian *solar cell*, hasil yang paling tinggi di dapat pada pukul 13.00 WIB dengan nilai arus 5,2 A, nilai tegangan 39 V, nilai daya 202,8 W, dan dengan temperatur 310 °C dalam keadaan cuaca cerah. Pemanfaatan teknologi *solar cell* untuk menghasilkan listrik yang optimal sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari, material penyusun *solar cell*, bayangan (*shading*), dan temperatur pada saat kerja *solar cell*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan rasa syukur karena berkat dan rahmat yang maha kuasa penulis dapat menyelesaikan artikel ini, serta terima kasih yang sedalamnya karena dukungan Jurusan Teknik Mesin POLMED dalam menyelesaikan penelitian dibidang energi.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrida, Y., Fitriyono, & Setiabudi, B. (2021). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Solar Home System*. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro* 2, 23-27.
- Amalia, D., Abdillah, H., & Hariyadi, T.W. (2022). Analisa Perbandingan Daya Keluaran Panel Surya Tipe Monokristalin 50wp Yang Dirangkai Seri Dan Paralel Pada Instalasi Plts Off-Grid. *Jurnal Politeknik Caltex Riau* 8, 12-21.
- Andre Setyawan & Agus Ulinuha. (2022). Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Off Grid* Untuk Supply Charge Station. *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro* 24, 23-28.
- Aryza, S., Hermansyah, Siahaan, A. P. U. & Lubis, S.Z. (2017). Implementasi Energi Surya Sebagai Sumber Suplai Alat Pengering Pupuk Petani Portabel. *IT Journal Research and Development* 2, 12-18.
- Budiyanto & Hery Setiawan. (2021). Analisa Perbandingan Kinerja Panel Surya Vertikal dengan Panel Surya Fleksibel pada Jenis Monocrystalline. *Resistor; Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer* 4, 77-86.
- Cahyadi, C.I., Oka, I. G. A.A.M., & Kusyadi, D. (2020). Efisiensi Recharger Baterai Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Edu Elekrika Journal* 9, 61-65.
- Hayani, F.S., Stefanie, A., & Bangsa I. A. (2021). *Hybrid Generator* Thermoelektrik Panel Surya *Thin Film* Sf 170-S Cis 170-Watt Pada PLTS 1 MW Cirata. *JTE UNIBA* 6, 154-160.
- Harahap, P., Adam, M., & Oktrialdi, B. (2022). Optimasi Kapasitas Rooftop PV Off Grid Energi Surya Berakselerasi di Tengah Pandemi Covid-19 untuk Diimplemtasikan pada Rumah Tinggal. *Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer* 5, 31-38.
- Martini, N., Suyono, Ramadani, T., & Firmansyah, H. (2019). Analisa Pengaruh Waktu Pemanfaatan Solar Cell & Luas Headsink Terhadap Suhu. *Mekanika – Jurnal Teknik Mesin* 5, 1-7.
- Pradityo, J., Winardi B, & Nugroho, A. (2015). Evaluasi dan Optimasi Sistem Off Grid Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) Bayu Baru, Bantul, D.I. Yogyakarta. *Transient* 4, 1-8. *Jurnal Energi & Kelistrikan* 7, 49-63.
- Purwoto, B.H., Jatmiko, Alimul M. F, M.A., & Huda, I.F. (2018). Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro* 18, 10-14.
- Puriza, M.Y. Yandi, W., & Asmar. (2021). Perbandingan Efisiensi Konversi Energi Panel Surya Tipe Polycrystalline dan Panel Surya Tipe Monocrystalline Berbasis Arduino di Kota Pangkalpinang. *Jurnal Ecotipe* 8, 47-52.
- Saragi, R.L., Idris, M, Tarigan, B., & Sebayang, R. (2022). Analisis Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Penerangan Lampu Jalan. *SINERGI POLMED: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 3, 68-74.
- Sarung, Y.T. (2015). Pembuatan Sel Surya Hibrida Dengan Menggunakan Campuran Lapisan Aktif MDMO-PPPV Dan ZnO. *Jurnal Fluida* 11, 15-25.
- Siagian, A.O., & Prasetyo, T.F. (2022). Keterkaitan Perbandingan Kinerja Panel Surya Dalam Situasi Lingkungan Tertentu Dengan Memanfaatkan Sirkuit Sensor. *Jurnal Akrab Juara* 7, 78-83.
- Sukmajati, S., & Hafidz, M. (2015). Perancangan dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 MW on Grid Di Yogyakarta.
- Surindra, M.D. (2020). Eksperimental Studi Aplikasi Panel Surya Monocrystalline 50 WP Sebagai Sumber Tenaga Aerator Dengan Aliran Kombinasi Horizontal dan Vertikal. *EKSERGI Jurnal Teknik Energi* 16, 99-108.
- Tiun, Y.K., Yusuf, I., & Hiendro, A. (2019). Perbandingan Kinerja Sel Surya Jenis *Thin-Film* dan *Polycrystalline* (Studi Kasus: Pontianak). *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura* 2, 1-6.
- Yogestio, Y., Notosudjono, D., & Soebagia, H. (2022). Analisis Karakteristik Arus Dan Tegangan (I-V) Panel Surya Berdasarkan Suhu Dan Intensitas Cahaya. *Jurnal Online Mahasiswa (Jom) Bidang Teknik Elektro* 1, 1-10.
- Yuniarti, E., Sofiah, & Rizal, M. (2022). Panel Surya dengan Reflektor Cermin Datar untuk Penerangan Rumah Sederhana. *Serambi Engineering*, 7. 3812-3817.