



ANALISIS *PROTOTYPE* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK PENERANGAN LAMPU JALAN

Rani Lestari Saragi^a, Muhammad Idris^b, Burhanuddin Tarigan^a, Rihat Sebayang^a

^aTeknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 20155, Indonesia

^bJurusan Teknik Mesin, Universitas Medan Area, Medan 20223, Indonesia

E-mail: ranisaragi@students.polmed.ac.id

INFOARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 16 Februari 2022

Direvisi pada 4 Maret 2022

Disetujui pada 23 Maret 2022

Tersedia daring pada 05 April 2022

Kata kunci:

Panel Surya, *Solar Charge Controller*,

PLTS

Keywords:

Solar Panels, *Solar Charge Controller*,

PLTS

ABSTRAK

PLTS atau Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah peralatan pembangkit listrik yang mengubah cahaya matahari menjadi listrik. PLTS sering juga disebut *Solar Cell*, atau *Solar Photovoltaic*, atau Solar Energi. Dengan konsep yang sederhana yaitu mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik yang mana cahaya matahari adalah salah satu bentuk energi dari Sumber Daya Alam. Cahaya matahari sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik di satelit komunikasi melalui sel surya. Sel surya ini dapat menghasilkan energi yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari, tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga sel surya sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan. Perkembangan era globalisasi saat ini berdampak pada kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat sehingga sangat diperlukan sumber energi alternatif terbarukan untuk memenuhi kebutuhan listrik saat ini. Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah khatulistiwa, sehingga memiliki intensitas penyinaran matahari yang baik setiap tahunnya. Dalam rancang bangun ini energi surya digunakan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Penerangan Lampu Jalan. Energi matahari yang menerpa panel surya menghasilkan arus listrik masuk ke *solar charger controller* yang berfungsi mengatur tegangan yang masuk ke baterai. Dari hasil pengambilan data diperoleh hasil efisiensi pengisian/pegecasan baterai 8.8 % dan efisiensi beban sebesar 96.25 % Baterai menghasilkan arus DC, sehingga arus di alirkan ke beban (lampu).

ABSTRACT

Solar Power Plant (PLTS) is a power generation equipment converting sunlight into electricity. PLTS is also often called Solar Cell, or Solar Photovoltaic, or Solar Energy. With a simple concept that is converting sunlight into electrical energy, sunlight is one form of energy from Natural Resources. Sunlight has been widely used to supply electrical power in communication satellites through solar cells. This solar cell can produce unlimited energy directly taken from the sun and does not require fuel. Therefore, solar cells are often declared clean and environmentally friendly. The development of the current globalization era impact the increasing demand for electrical energy so that alternative renewable energy sources are required to meet current electricity needs. Indonesia is located in the equator; hence, having a sound intensity of solar radiation every year. In this design, solar energy was used for Solar Power Generation for Street Lighting. Solar energy hitting the solar panels produces an electric current into the solar charger controller, which regulates the voltage that goes into the battery. The data collection results show that charging/charging the battery was 8.8% and the load efficiency was 96.25%. Batteries generate DC, so current is supplied to the load (lamp).

1. PENGANTAR

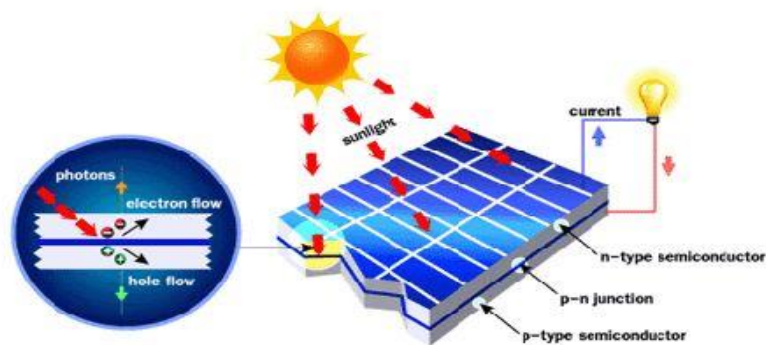
Pemanfaatan energi surya sebagai energi terbarukan sudah banyak digunakan yaitu energi surya menghasilkan energi ramah lingkungan. Prinsip energi surya adalah mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik menggunakan panel surya. Daya listrik yang dihasilkan panel surya bergantung pada besarnya intensitas cahaya matahari dan temperatur kerja panel surya. Kondisi cuaca dan posisi dari matahari selalu berubah-ubah membuat daya keluaran dari panel surya bersifat fluktuatif atau yang menunjukkan keadaan atau kondisi yang tidak tetap atau berubah-ubah dan tidak selalu tetap pada kondisi daya maksimum (Yuda dkk, 2018). Penggunaan energi alternatif bertenaga surya ini sangat sesuai diterapkan sebagai sumber energi untuk penerangan jalan. Hal ini karena potensi sumber cahaya matahari yang besar dapat dikonversikan menjadi energi listrik. Selain itu, penerangan jalan berbasis energi surya dapat dirancang sendiri satu sama lain sehingga tidak membutuhkan kabel instalasi yang mengganggu keindahan (Sumadi dkk, 2019).

1.1. Sel Surya

Solar sel atau panel surya adalah suatu alat yang dapat mengkonversikan energi matahari menjadi energi listrik. Panel surya atau modul surya merupakan gabungan dari beberapa sel surya. Yang dimaksud dengan sel surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik atas dasar efek *photovoltaic*. *Photovoltaic* dapat diartikan sebagai teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversikan energi matahari menjadi energi listrik secara langsung. Pada umumnya, solar sel merupakan sebuah hamparan semikonduktor yang dapat menyerap photon dari sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik. Sel surya tersebut dari potongan silikon yang sangat kecil dengan dilapisi bahan kimia khusus untuk membentuk dasar dari sel surya (Wahyudi, M.S., 2020).

1.2. Cara Kerja Sel Surya

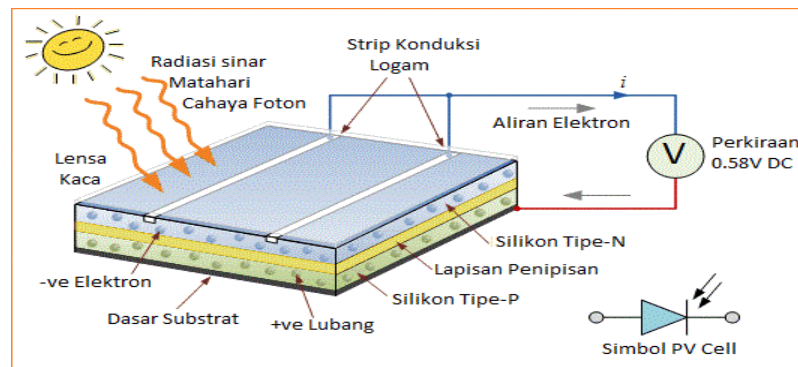
Sel surya dapat dianalogikan sebagai divais dengan dua terminal atau sambungan, dimana saat kondisi gelap atau tidak cukup cahaya berfungsi seperti dioda, dan saat disinari dengan cahaya matahari dapat menghasilkan tegangan. Ketika disinari, umumnya satu sel surya komersial menghasilkan tegangan dc sebesar 0,5 sampai 1 volt, dan arus *short-circuit* dalam skala milliam pere per cm². Besar tegangan dan arus ini tidak cukup untuk berbagai aplikasi, sehingga umumnya sejumlah sel surya disusun secara seri membentuk modul surya. Satu modul surya biasanya terdiri dari 28-36 sel surya, dan total menghasilkan tegangan dc sebesar 12 V dalam kondisi penyinaran standar (Air Mass 1.5). Modul surya tersebut bisa digabungkan secara paralel atau seri untuk memperbesar total tegangan dan arus outputnya sesuai dengan daya yang dibutuhkan untuk aplikasi tertentu. Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip *p-n junction*, yaitu *junction* antara semi konduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semi konduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif). Sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan *hole* (muatan positif). Dalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan elektron dan *hole* tersebut bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh untuk mendapatkan material silikon tipe-p, silikon didoping oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan material silikon tipe-n, silikon didoping oleh atom fosfor. Peran dari *p-n junction* ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektom dan *hole* bisa di ekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Aliran dari aliran elektron dan *hole* ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susunan *p-n junction* ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya *hole* bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang, seperti diilustrasikan pada gambar 1 dibawah (Julisman dkk, 2017).



Gambar 1: Ilustrasi cara kerja sel surya dengan prinsip *p-n junction* (Julisman dkk, 2017)

1.3. Struktur Sel Surya

Sesuai dengan perkembangan sains dan teknologi, jenis-jenis teknologi sel surya pun berkembang dengan berbagi inovasi. Ada yang disebut sel surya generasi satu, dua, tiga, dan empat, dengan struktur atau bagian-bagian penyusun sel yang berbeda pula. Adapun bagian-bagiannya dapat dilihat pada gambar 2 , yaitu (Setyawan L. B., 2018):



Gambar 2: Struktur Sel Surya (Setyawan L. B., 2018)

2. METODE

2.1 Komponen yang digunakan

Dalam tugas akhir *prototype* penerangan lampu jalan dengan solar sel 100 wp diperlukan beberapa komponen. Komponen atau alat tersebut yaitu:

1. Panel Surya
2. *Charger Controller*
3. Baterai
4. Lampu
5. *Photocell*

Bagian komponen pendukung dalam *prototype* penerangan lampu jalan dengan energi surya yaitu:

1. Kabel
2. Solarimeter
3. Sekring (*Fuse*)

2.2 Cara Kerja Pengoperasian Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Penerangan Lampu Jalan

1. Pastikan rangkaian sesuai dengan gambar,
2. Pastikan *solar cell* terhubung ke *solar charge controller* dan pastikan alat ukur *solar cell* menunjukkan nilai tegangan,
3. Pastikan alat ukur menunjukkan nilai tegangan dan arus baterai,
4. Pastikan *charge controller* terhubung ke *photocell* untuk menyuplai arus ke beban,
5. Pastikan alat ukur menunjukkan nilai tegangan dan arus beban,
6. Tutup *photocell* dengan plastik/kain gelap sebagai simulasi malam hari agar lampu menyala.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Pengujian untuk Pengcasan Baterai

Data pengujian untuk pengcasan baterai dapat dilihat pada tabel 1 - 3

Tabel 1: Data Pengcasan 1

Jam	Intensitas Surya		Panel Surya		Baterai	
	Sesaat (W/m ²)	Perwaktu (kWh/m ²)	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)
10.00	337	00.00	14.0	2.8	13.7	2.9
10.30	183	00.09	13.9	2.0	13.6	2.2
11.00	340	00.20	14.0	2.8	13.7	2.8
11.30	348	00.27	14.0	2.9	13.5	2.4
12.00	342	00.37	15.0	2.7	13.8	2.6
12.30	343	00.44	15.1	2.5	13.8	2.4
13.00	346	00.49	15.5	2.4	13.5	2.4
13.30	343	00.56	14.0	2.8	13.6	2.3
14.00	340	00.65	16.5	2.4	13.5	2.3
14.30	360	00.76	16.0	2.3	13.0	2.2
Rata-Rata	328	0.38	14.8	2.5	13.5	2.3

Tabel 2: Data Pengcasan 2

Jam	Intensitas Surya		Panel Surya		Baterai	
	Sesaat (W/m ²)	Perwaktu (kWh/m ²)	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)
10.00	254	00.00	16.5	2.1	13.5	2.2
10.30	007	00.09	17.5	0.5	13.0	0.5
11.00	309	00.19	18.0	2.0	13.6	2.0
11.30	338	00.28	17.5	2.1	13.9	2.1
12.00	337	00.39	18.0	2.0	13.0	2.0
12.30	306	00.42	17.0	1.9	13.6	2.0
13.00	345	00.45	18.0	2.2	13.1	2.2
13.30	343	00.48	17.5	2.1	13.0	2.2
14.00	354	00.50	17.5	2.4	14.0	2.4
14.30	211	00.51	17.0	2.1	13.7	2.0
Rata-Rata	280	0.33	17.4	1.9	13.4	1.9

Tabel 3: Data Pengecasan 3

Jam	Intensitas Surya		Panel Surya		Baterai	
	Sesaat (W/m ²)	Perwaktu (kWh/m ²)	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)
10.00	179	00.00	18.0	1.4	13.6	1.3
10.30	212	00.05	18.0	1.4	13.7	1.3
11.00	268	00.12	18.0	1.6	13.7	1.5
11.30	194	00.18	18.0	1.6	13.7	1.0
12.00	190	00.20	18.0	1.6	13.7	1.1
12.30	144	00.26	17.0	1.4	13.8	1.3
13.00	188	00.30	17.0	1.4	13.7	1.4
13.30	243	00.36	17.5	1.6	13.6	1.5
14.00	152	00.32	17.0	1.4	13.7	1.2
14.30	269	00.36	17.5	1.5	13.7	1.5
Rata-Rata	203	0.21	17.6	1.4	13.6	1.3

Dari tabel 1 diatas dapat dirubah atau disederhanakan dengan tegangan dan arus menjadi daya dan perhitungan efisiensi i dapat dilihat sebagai berikut:

Daya dari Intensitas Matahari (Surya) pada persamaan 1-3, P_{surya} adalah

$$P_{\text{Surya}} = \frac{\text{Intensitas Surya} \times \text{Luas Panel} \times 1000}{\text{Jam}} \quad (1)$$

$$= \frac{0.09 \times 0.6901 \times 1000}{30 \text{ menit}}$$

$$= 124,22 \text{ W}$$

Daya dari panel pada persamaan 2, Baterai adalah

$$P_{\text{Panel}} = \text{Tegangan} \times \text{Arus} \quad (2)$$

$$= 14,0 \times 2,8$$

$$= 39,2 \text{ W}$$

$$P_{\text{Baterai}} = \text{Tegangan} \times \text{Arus}$$

$$= 13,7 \times 2,9$$

$$= 39,73 \text{ W}$$

$$\text{Efisiensi}_{\text{Panel Surya}} = \frac{\text{Daya Panel Surya}}{\text{Daya Intensitas Surya}} \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{Efisiensi}_{\text{Baterai}} = \frac{\text{Daya Baterai}}{\text{Daya Panel Surya}} \times 100\%$$

Efisiensi Sistem = Efisiensi Baterai

Untuk data konversi dari tabel pengecasan dapat dilihat pada tabel 4 – 6

Tabel 4: Konversi Pegecasan Data 1

Jam	Intensitas Surya		Panel Surya		Baterai		Efisiensi Sistem %
	Perwaktu (kWh/m ²)	Daya (Watt)	Daya (Watt)	Efisiensi (I) %	Daya (Watt)	Efisiensi (I) %	
10	0	0	39.2	39.2	39.73	101.35	101.35
10.3	0.09	124.22	27.8	22.3	29.92	107.62	107.62
11	0.2	276.04	39.2	14.2	38.36	97.85	97.85
11.3	0.27	372.65	40.6	10.8	32.4	79.8	79.8
12	0.37	510.67	40.5	7.9	35.88	88.59	88.59
12.3	0.44	607.29	37.75	6.2	33.12	87.73	87.73
13	0.49	676.3	37.2	0.05	32.4	87.09	87.09
13.3	0.56	772.91	39.2	5	31.28	79.79	79.79
14	0.65	897.13	39.6	4.4	31.05	78.4	78.4
14.3	0.76	1048.95	36.8	3.5	28.6	77.71	77.71
Rata-Rata	0.38	528.61	37.78	11.3	33.27	88.59	88.59

Tabel 5: Konversi Pegecasan Data 2

Jam	Intensitas Surya		Panel Surya		Baterai		Efisiensi Sistem %
	Perwaktu (kWh/m ²)	Daya (Watt)	Daya (Watt)	Efisiensi (I) %	Daya (Watt)	Efisiensi (I) %	
10	0	0	34.65	34.6	29.7	85.71	85.71
10.3	0.09	124.22	8.75	7	6.5	74.28	74.28
11	0.19	262.24	36	13.7	27.2	75.55	75.55
11.3	0.28	386.46	36.75	9.5	29.19	79.42	79.42
12	0.39	538.28	36	6.6	26	72.22	72.22
12.3	0.42	579.68	32.3	5.5	27.2	84.21	84.21
13	0.45	621.09	39.6	6.3	28.82	72.77	72.77
13.3	0.48	662.5	36.75	5.5	28.6	77.82	77.82
14	0.5	690.1	42	6	33.6	80	80
14.3	0.51	703.9	35.7	5	27.4	76.75	76.75
Rata-Rata	0.33	456.84	33.85	7.2	26.42	77.87	77.87

Tabel 6: Konversi Pegecasan Data 3

Jam	Intensitas Surya		Panel Surya		Baterai		Efisiensi Sistem %
	Perwaktu (kWh/m ²)	Daya (Watt)	Daya (Watt)	Efisiensi (I) %	Daya (Watt)	Efisiensi (I) %	
10	0	0	25.2	25.2	17.68	70.15	70.15
10.3	0.05	69.01	25.2	36.5	17.81	70.67	70.67
11	0.12	165.62	28.8	17.3	20.55	71.35	71.35
11.3	0.18	248.44	28.8	11.5	13.7	47.56	47.56
12	0.2	276.04	28.8	10.4	15.07	52.32	52.32
12.3	0.26	358.85	23.8	6.6	17.94	75.37	75.37
13	0.3	414.06	23.8	5.7	19.18	80.58	80.58
13.3	0.36	496.87	28	5.6	20.4	72.85	72.85
14	0.32	441.66	23.8	5.3	16.44	69.07	69.07
14.3	0.36	496.78	26.25	5.2	20.55	78.28	78.28
Rata-Rata	0.21	296.7	26.24	12.93	17.93	68.82	68.82

3.2 Data Pengujian untuk Pembebanan Baterai

Untuk pengujian pada pembebanan baterai dengan besar beban 30 Watt diperoleh data pada tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7: Data Pembebanan

Jam	Baterai		beban	
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)
07.00	12.6	2.1	11.5	2.24
07.30	12.5	2.1	11.0	2.25
08.00	12.5	2.1	11.0	2.22
08.30	12.4	2.1	11.0	2.22
09.00	12.4	2.1	11.0	2.21
09.30	12.4	2.0	11.0	2.20
10.00	12.4	2.0	11.0	2.14
10.30	12.3	2.0	11.0	2.13
11.00	12.3	2.0	11.0	2.10
11.30	12.3	2.0	11.0	2.09

Dari tabel 7 diatas dapat dirubah atau disederhanakan dengan tegangan dan arus menjadi daya, dan perhitungan efisiensi dapat dilihat pada persamaan 4 sebagai berikut

$$\text{Efisiensi}_{\text{Beban}} = \frac{\text{Daya Beban}}{\text{Daya Panel Surya}} \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{Efisiensi Total} = \text{Efisiensi Beban}$$

Untuk data konversi dari tabel pembebanan baterai dapat dilihat pada tabel 8 sebagai berikut

Tabel 8: Konversi dari tabel 7 Pembebanan Baterai

Jam	Baterai		Beban		
	Daya (Watt)	Arus (A)	Daya (Watt)	Efisiensi (I) %	Efisiensi (It) %
7	26.46	2.1	25.76	97.35	97.35
7.3	26.25	2.1	24.75	94.28	94.28
8	26.25	2.1	24.42	93.02	93.02
8.3	26.04	2.1	24.42	93.77	93.77
9	26.04	2.1	24.31	93.35	93.35
9.3	24.8	2	24.2	97.58	97.58
10	24.8	2	23.54	94.91	94.91
10.3	24.6	2	23.43	95.24	95.24
11	24.6	2	23.1	93.9	93.9
11.3	24.6	2	22.99	93.45	93.45
Rata-Rata	25.44	2	24.09	94.68	94.68

3.3 Pembahasan

Dari hasil perhitungan diperoleh efisiensi rata-rata sistem menyeluruh 6,78% untuk beban, ini adalah efisiensi yang cukup baik untuk penerangan lampu jalan. Efisiensi daya yang dapat diterima baterai rata-rata 9,3 %, karena efisiensi surya tidak lebih dari 10% yang dapat dimanfaatkan.

4. KESIMPULAN

Pemanfaatan teknologi sel surya untuk menghasilkan listrik yang optimal sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari, material penyusun panel surya dan temperatur kerja panel. Semakin tinggi intensitas matahari, maka semakin tinggi pula Tegangan, Arus, serta efisiensi yang dikeluarkan panel surya, dan begitu juga sebaliknya. Dari hasil perhitungan diperoleh efisiensi rata-rata sistem menyeluruh 6,78% untuk beban, ini adalah efisiensi yang cukup baik untuk penerangan lampu jalan. Efisiensi daya yang dapat diterima baterai rata-rata 9,3 %, karena efisiensi surya tidak lebih dari 10% yang dapat dimanfaatkan.

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 finansial yang diberikan oleh Direktorat Akademik Pendidikan Tinggi Vokasi Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi melalui Pusat Penelitian Pengabdian Masyarakat, Politeknik Negeri Medan.

DAFTAR PUSTAKA

-
- Julisman A., Sara I.D., & Siregar R. H. (2017). *Prototype* Pemanfaatan Panel Surya sebagai Sumber Energi pada Sistem Otomasi Atap Stadion Bola, diakses pada 7 September 2021, dari <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id>.
- Setyawan L.B. (2018). Perkembangan dan Prospek Sel Fotovoltaik Organik: Sebuah Telaah Ilmiah, diakses pada 7 September 2021, dari <http://ojs.jurnaltechne.org>.
- Sulistiyanti S.R., Setyawan FX.A. (2019). Pemanfaatan Lampu Tenaga Surya Sebagai Lampu Penerangan Jalan di Pekon Kiluan Negeri Kabupaten Tanggamus, diakses pada 29 Agustus 2021, dari <https://jss.lppm.unila.ac.id>.
- Wahyudi. M.S. 2020. Rancang Bangun Listrik Kapasitas 450 Watt dengan Solar Cell untuk Rumah Petani Terpencil. Medan: Politeknik Negeri Medan.
- Yuda I.B.P.E.P., Natsir.A., & Nrartha I.M.A. (2018). Rancang Bangun *Solar Charge Controller* dengan Metode MPPT Berbasis Arduino Nano, diakses pada 26 Agustus 2021, dari <http://eprints.unram.ac.id>.