

Design Portable Solar Panel Dan Pengujian Kapasitas Listrik Yang Diterima Terhadap Kemiringan Dan Arah Rotasi Matahari

Rahmat Abdul Karim¹⁾, Sandi Rais²⁾, Bambang Tjiroso³⁾

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Khairun

rahmat.hi.abd.rahim.2001@gmail.com, sansandyfti@yahoo.com, bambangtjiroso03@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu rancangan solar panel tipe polycrystalline dengan kapasitas 100 Wp yang bersifat portable (bisa dilipat dan mudah di bawa kemana-mana) serta dapat berputar mengikuti arah matahari. Solar panel yang dirancang terbuat dari Besi hollow 4×4 Cm, Besi Plat 1,2 mm, Pipa Stainless 1,2 mm-2 Inch dimana untuk tiang penyangga panel surya di rancang dengan model bisa dilipat dan bisa berputar 360 derajat sehingga dapat mengikuti arah radiasi sinar Matahari. Tiang penyangga juga dapat di geser ke atas dan ke bawah dimana terdapat 2 buah scrup yang dapat menahan pergeseran atas dan bawah tiang penyangga tersebut. Sedangkan untuk dudukan panel surya, rancangan dibuat dengan memasang engsel dan baut agar panel surya tersebut dapat dilipat serta dapat dimiringkan mengikuti arah rotasi matahari. Hasil pengujian selama tiga hari berturut-turut dari pukul 09-00 sampai 16-00 WIT, kapasitas listrik tertinggi yang dihasilkan oleh panel surya adalah antara pukul 11:00 - 14:00 WIT rata-rata sebesar 20 V dengan tegangan output solar charger controller sebesar 19,9 V. Sudut kemiringan panel surya dan arah matahari berputar mengikuti arah rotasi matahari.

Kata kunci : Portable panel surya, Sudut kemiringan, Rotasi matahari

Abstract

This research aims to create a polycrystalline type solar panel design with a capacity of 100 Wp which is portable (foldable and easy to carry everywhere) and can rotate following the direction of the sun. Solar panels designed are made of Hollow Cm Iron, 1.2 mm Plate Iron, 1.2 mm-2 Inch Stainless Pipe where for solar panel support poles designed with a model can be folded and can rotate 360 degrees so that it can follow the direction of sunlight radiation. The support pole can also be slid up and down where there are 2 scrups that can withstand the shift up and down the support pole. As for the solar panel holder, the design is made by installing hinges and bolts so that the solar panels can be folded and can be tilted following the direction of the sun's rotation. The results of the three-day test in a row from 09-00 to 16-00 WIT, the highest electrical capacity generated by solar panels is between 11:00 - 14:00 WIT on average –an average of 20 V with a solar controller charger output voltage of 19.9 V. The angle of inclination of the solar panel and the direction of the sun rotates following the direction of the sun's rotation.

Keyword : Portable solar panels, Tilt angle, Solar rotation



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 3.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/).

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi listrik sudah menjadi bagian penting untuk kehidupan manusia. Seluruh kegiatan manusia mulai dari kegiatan rumah tangga sampai kegiatan industri sangat bergantung kepada energi listrik. Semakin meningkat

jumlah penduduk, maka kebutuhan energi yang dibutuhkan juga semakin besar.

Sumber energi matahari bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik terbarukan dengan menggunakan sel surya atau dikenal dengan istilah panel surya atau photovoltaic. Panel surya merupakan alat yang berfungsi untuk

menkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Saat ini panel surya kebanyakan berbentuk permanen dengan sistem yang kompleks sehingga pemanfaatan energi surya sangat sulit untuk dipindahkan dari tempat satu ke tempat lainnya. Karena hal ini menyebabkan keterbatasan atas kegiatan manusia tersebut di daerah atau wilayah yang belum terdapat saluran energi listrik.

Tenaga surya senantiasa mencapai bumi, 12 jam sehari, tujuh hari seminggu, cahaya matahari mengandung tenaga (energi) yang sedemikian banyaknya sehingga bahkan sebagian cahaya matahari yang jatuh di gurun Sahara akan cukup memenuhi kebutuhan energi untuk semua kebutuhan energi umat manusia. Pada saat matahari tengah hari, tenaga surya mencapai permukaan bumi dengan nilai energi puncak.

Secara geografis Indonesia berada dalam garis khatulistiwa atau tropis, namun secara termis (suhu) tidak semua wilayah Indonesia merupakan daerah tropis. Daerah tropis menurut pengukuran suhu adalah daerah tropis dengan suhu rata-rata 20°C, sedangkan rata-rata suhu di wilayah Indonesia khususnya di Maluku utara dapat mencapai 35°C bahkan lebih dengan tingkat kelembaban yang tinggi, dapat mencapai 85% (iklim tropis panas lembab).

Provinsi Maluku Utara merupakan daerah kepulauan yang terdiri dari 397 pulau besar dan kecil. Luas wilayah Provinsi Maluku Utara 145.819,1 km². Sebagian besar wilayah merupakan laut, yaitu seluas 100.731,44 km² (69,08%) dan sisanya seluas 45.087,66 km² (30,92%), adalah daratan. Secara Geografis Provinsi Maluku Utara berada pada 3°LU-3°LS dan 124°BT-129°BT dan terletak digaris katulistiwa. Dilihat dari letak geografinya Maluku Utara merupakan wilayah yang mempunyai potensi sangat besar dalam penerapan energy baru dan terbarukan khususnya energy matahari. Penelitian ini mencoba memanfaatkan potensi tersebut dengan merancang model solar panel yang sifatnya portabel agar dapat dimanfaatkan oleh masyarakat khususnya di daerah yang masih kekurangan energy listrik.

KAJIAN LITERATUR

Pembangkit pengembangan solar panel dua sumbu untuk meningkatkan daya pada solar panel tipe polikristal didapatkan. Tegangan awal yang didapat dari panel surya statis yaitu 18,30 V dan semakin meningkat pada tiap jam, dan tegangan maksimal yang didapat dari panel surya statis terjadi pada pukul 13.00 dengan tegangan 20,93 V. setelah beberapa jam berikutnya perlahan tegangan yang dihasilkan mulai menurun. Tegangan awal yang didapat dari panel surya dengan penggerak 1 sumbu yaitu 19,37 V dan semakin meningkat pada tiap jam, dan tegangan maksimal yang didapat dari panel surya statis terjadi pada pukul 13.00 dengan tegangan 21V. setelah beberapa jam berikutnya perlahan tegangan yang dihasilkan mulai menurun. Tegangan awal yang didapat dari panel surya dengan penggerak 2 sumbu yaitu 19,50 V dan semakin meningkat pada tiap jam, dan tegangan maksimal yang didapat dari panel surya statis terjadi pada pukul 13.00 dengan tegangan 21 V. setelah beberapa jam berikutnya perlahan tegangan yang dihasilkan mulai menurun. Panel surya yang dilengkapi dengan penggerak (Solar Tracker) terutama yang memiliki 2 sumbu terbukti lebih efektif dalam proses penyerapan energi matahari karena panel surya dapat mengikuti arah pergerakan matahari dengan baik selama sehari.

Penelitian tentang "Pengembangan tegangan panel surya portable berbasis close loop boost converter" telah dilakukan oleh I Gede Nurhayata dkk., (2017). Hasilnya pengembangan tegangan keluaran panel surya portable dengan menerapkan close loop boost converter telah berhasil dengan baik dalam meningkatkan tegangan keluaran dari 12Vdc menjadi 220 Vdc. Kinerja panel surya portable ini mampu menghasilkan tegangan keluaran yang stabil pada kondisi berbeban dengan efisiensi daya pemakaian rata-rata 80% serta mampu melayani beban dengan kapasitas daya beban maksimum 20 Watt.

Berdasarkan penelitian dari Yano Hurung Amoi dkk., (2019) tentang Analisis Sudut Panel Solar Cell Terhadap Daya

Output Dan Efisiensi Yang Dihasilkan, Dari hasil pengujian instalasi pembangkit listrik tenaga surya kapasitas 50 WP dapat diambil kesimpulan bahwa efisiensi tertinggi terjadi pada sudut kemiringan 16° dan pada jam 09:00 dengan nilai sebesar 46.076 %, kemudian yang kedua terjadi pada sudut kemiringan 8° dan pada jam 09:00 dengan nilai sebesar 45.052%, kemudian efisiensi terendah terjadi pada sudut kemiringan 0° dan pada jam 09:00 dengan nilai sebesar 43.986 % [1].

Pengujian Karakteristik Panel Surya Berdasarkan Intensitas Tenaga Surya, Hasil penelitian menunjukkan bahwa. pada saat kondisi intensitas 1007 lux maka tegangan yang dihasilkan oleh panel sel surya 1, 2, dan 3 adalah 16,5V, 18V, dan 19V. Arus yang dihasilkan oleh panel sel surya 1, 2, dan 3 pada kondisi intensitas 1007 lux adalah 5,3A, 5,8A dan 6,1A dari ketiga merk panel sel surya yang berbeda dengan daya yang sama dapat diketahui bahwa panel sel surya 3 dengan merk shinyoku lebih baik dari pada kedua panel sel surya yang dibandingkan. Pada saat intensitas rendah yaitu 312 lux dapat diketahui tegangan dari panel sel surya 1, 2, dan 3 adalah 20V, 17V, dan 18V, dan untuk arus yang dihasilkan ketiga panel sel surya yang berbeda dengan intensitas rendah yaitu 312 lux adalah 5,3A, 5,8A, dan 6,1A, dapat diketahui bahwa panel sel surya 3 dengan merk visicom lebih baik dari pada kedua panel sel surya yang dibandingkan [2].

Analisis Efisiensi Panel Surya Sebagai Energi Alternatif yang di lakukan oleh Rahmat Hasrul pada penelitian ini peneliti menggunakan Multimeter untuk menghitung arus dan tegangan pada panel surya. Pada penelitian ini, peneliti melakukan 2 cara pengukuran, yaitu tanpa beban dan dengan beban sebesar 1,2-Watt dan percobaan dilakukan selama 7 hari berturut-turut. Pengukuran arus dan tegangan dilakukan pada setiap pukul 11.00, 12.00, 13.00, 14.00, dan 14.00. Total rata-rata daya panel surya tanpa beban dan dengan beban adalah sebesar 0,0431 Watt dan 0,0474 Watt. Prototipe PLTS ini juga menghasilkan efisiensi sebesar 16,42% [3].

Pengujian dilakukan selama 15 hari di area luar yang mempunyai permukaan yang cukup luas. Pengukuran data yang terdiri dari sudut kemiringan, suhu temperatur panel, tegangan dan arus keluaran panel dilakukan untuk mengetahui daya keluaran atau daya yang optimal. Serta menentukan pada sudut kemiringan berapa panel surya mendapatkan hasil yang optimal. Penelitian ini menggunakan panel surya tipe polikristal dengan variasi sudut kemiringan 5° , 10° dan 15° . Temperatur lingkungan di sekitar panel surya mempunyai kinerja terbaik adalah 39.8°C pada jam 07.00 s/d 09.00 dengan Sudut kemiringan pemasangan panel surya di Banguntapan, Yogyakarta mempunyai output optimal adalah 5° dan panel surya menghadap arah utara [4].

Pengujian Kurva I-V Untuk Menentukan Kinerja Pada (Photovoltaic) Secara Manual. Dalam pengambilan data kurva I-V yang di lakukan membutuhkan komponen seperti panel surya, dan resistor variable, karena menurut saya memakai resistor variable sangat cocok melihat kinerja kurva I-V. Kinerja panel surya tipe polycrystalline sangat unggul pada pengambilan cuaca yang sering berubah-ubah, karena bisa menghasilkan tegangan dan arus yang sangat stabil. Pengaruh cuaca yang sering berubah-ubah, mengakibatkan hasil kurva I-V yang didapat tidak pernah sama dengan yang didapat sebelumnya atau pengujian pertama dan pengujian akhir tidak bisa sama [5].

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah perancangan alat dan analisa pengujian alat hasil rancangan. Tahapan awal rancangan portabel solar panel adalah pembuatan gambar sketsa dengan menggunakan AutoCAD 2013. Tujuan pembuatan Sketsa gambar ini adalah sebagai landasan pembuatan panel surya bagi peneliti, sehingga rancangan yang dibuat akan menyesuaikan sketsa gambar tersebut. Gambar 1 adalah hasil rancangan panel surya yang akan di uji



Gambar 1. Perancangan alat portable solar panel

PERANCANGAN PORTABLE PANEL SURYA

Pembuatan portabel Solar Panel dilakukan di Workshop Teknik Mesin Unkhair dengan beberapa tahapan rancangan sebagai berikut :

Rangka dudukan Panel Surya

Rangka dudukan solar panel terbuat dari besi hollow 4 inci dengan tebal 1,2 mm. Rangka dudukan dibuat sebanyak 2 buah dan dihubungkan dengan engsel panel surya sehingga dapat dilipat dan dapat dibawa kemana-mana. Gambar rangka dudukan panel surya dapat dilihat gambar 2.



Gambar2. Sketsa 2 Dimensi Rangka Portable Solar Panel

Tiang Penyangga dan Landasan

Tiang penyangga solar panel terbuat dari Pipa stainless dengan panjang 1,2 meter. Kaki penyangga tiang berbentuk segi tiga yang terbuat dari besi kotak 2x4 cm dengan panjang 6 meter. Terdapat 1 buah pipa besi ukuran 3 cm sebagai tempat masuknya tiang penyangga. Plat besi ini dirangkai sedemikian rupa dengan menggunakan sekrup dan baut serta dapat dilipat. Gambar 3 menunjukkan hasil pembuatan tiang penyangga dan kaki penyangga solar panel.



Gambar 3. Tiang dan Kaki Penyangga Panel Surya

Tiang penyangga solar panel di rancang dengan model bisa dilipat dan bisa berputar 360 derajat sehingga dapat mengikuti arah radiasi sinar Matahari. Tiang penyangga juga dapat di geser ke atas dan ke bawah dimana terdapat 2 buah scrup yang dapat menahan pergeseran atas dan bawah tiang penyangga tersebut.

Rancangan Model Lipat Panel Surya

Model solar panel dirancang dengan memasang engsel dan baut. Hal ini dilakukan dengan tujuan agar panel surya tersebut dapat dilipat serta dapat dimiringkan mengikuti arah rotasi matahari, Terdapat besi plat berbentuk segi 4 untuk menyatukan tiang penyangga dan panel surya.



Gambar 4. Rancangan Model Lipat Solar Panel

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah seluruh bagian dari portable solar panel dibuat, tahapan selanjutnya adalah perakitan. Sesuai dengan tujuan dalam perancangan model portable dari panel surya, semua bagian dari alat ini dapat dirakit dengan mudah. Gambar 5 adalah hasil rancangan portable solar panel yang siap untuk di Uji.



Gambar 5. Hasil rancangan Portable Solar Panel

Pengukuran Sudut Kemiringan Soalr Panel dan Arah Rotasi Matahari



Gambar 6. Pengukuran Sudut Kemiringan Panel Surya

Tahapan awal pengujian solar panel dimulai dengan penentuan sudut kemiringan dan arah solar panel terhadap matahari. Pengukuran sudut kemiringan menggunakan penggaris busur derajat kayu sedangkan pengukuran arah posisi matahari menggunakan aplikasi Kompas pada Hand Phone. Hasil pengukuran sudut kemiringan dan arah rotasi matahari akan digunakan untuk mengukur kapasitas listrik dari solar panel pada setiap jam pengambilan data. Tabel 1 adalah hasil pengukuran sudut kemiringan dan arah rotasi matahari yang akan di pakai dalam pengujian panel surya.

Tabel 1. Pengukuran sudut kemiringan dan arah rotasi matahari

JAM	Sudut Kemiringan	Arah Lintang Matahari
09:00	35°	61° Lintang Timur Utara
10:00	25°	77° Lintang Timur
11:00	15°	108° Lintang Timur

12:00	5°	168° Lintang Selatan
13:00	5°	194° Lintang Selatan
14:00	15°	210° Lintang Selatan Barat
15:00	25°	235° Lintang Selatan Barat
16:00	35°	255° Lintang Barat

Pengujian Kapasitas Listrik Portable Solar Panel

Pengujian kapasitas listrik yang masuk ke portable solar panel dilakukan untuk mengetahui berapa besar voltase dan arus yang dihasilkan oleh 100 WP panel surya mengikuti sudut kemiringan panel surya dan rotasi matahari setiap jamnya. Pengamatan dilakukan setiap 60 menit dan solar panel diputar sesuai dengan sudut kemiringan dan arah lintang rotasi matahari. Dibawah ini adalah data hasil pengamatan kapasitas listrik dari solar panel yang di hasilkan dimana pengamatan dimulai dari jam 09.00 sampai 16.00 selama 4 hari.

Tabel 2. Data Pengujian Kapasitas Listrik terhadap rotasi Matahari (Hari I)

HARI I (Rabu, 24 November 2021)				
JAM	Voc	Vsc	Cuaca	Sudut Kemiringan
09:00	19,60	19,2	Cerah	35°
10:00	19,76	19,4	Cerah	25°
11:00	20,04	19,7	Cerah	15°
12:00	20,21	19,8	Berawan	5°
13:00	20,13	19,7	Berawan	5°
14:00	19,35	19,0	Berawan	15°
15:00	18,51	18,1	Berawan	25°
16:00	18,05	18,1	Berawan	35°

Berdasarkan data table 2 pada hari pertama pengujian terlihat bahwa, pada pukul 12:00 open-circuit voltage (Voc) yang paling tinggi yaitu sebesar 20,21 V dan tegangan output Solar Charger Controler sebesar 19,9 V. Sudut kemiringan panel surya terhadap matahari adalah 5° dengan arah posisi matahari pada 168° Lintang Selatan. Kondisi cuaca pada pukul 12:00-16:00 sedikit berawan, hal ini menyebabkan voltase yang diterima oleh solar panel tidak sebesar

pada pukul 09:00 - 12:00. Voltase terendah yang dihasilkan panel surya pukul 16:00 adalah sebesar 18,05 V dengan tegangan output solar charger controller sebesar 18,1 V pada sudut kemiringan 35° dengan arah matahari pada posisi 255° Lintang Barat.

Tabel 3. Data Pengujian Kapasitas Listrik terhadap rotasi Matahari (Hari II)

HARI II (Kamis, 25 November 2021)				
JAM	Voc	Vsc	Cuaca	Sudut Kemiringan
09:00	19,79	19,4	Berawan	35°
10:00	19,39	19,0	Berawan	25°
11:00	20,01	19,6	Cerah	15°
12:00	20,32	19,9	Cerah	5°
13:00	20,17	19,8	Cerah	5°
14:00	20,35	19,9	Cerah	15°
15:00	19,33	18,9	Cerah	25°
16:00	19,05	18,6	Berawan	35°

Data pengujian kapasitas listrik yang di hasilkan oleh solar panel pada hari ke dua menunjukkan bahwa kondisi cuaca cukup berpengaruh terhadap kapasitas listrik yang di hasilkan, dimana pada kondisi cuaca cerah tegangan yang dihasilkan pada pukul 11:00 sampai dengan pukul 14:00 rata-rata berada di atas 20 V dan tegangan tertinggi yang dihasilkan adalah pada pukul 14:00 yaitu sebesar 20,35 V dengan tegangan output solar charger controller sebesar 19,9 V. Adapun sudut kemiringan panel surya pada kondisi ini adalah 15° dan arah matahari pada posisi 210° Lintang Selatan Barat.

Tabel 4. Data Pengujian Kapasitas Listrik terhadap rotasi Matahari (Hari III)

HARI III (Jum'at, 26 November 2021)				
JAM	Voc	Vsc	Cuaca	Sudut Kemiringan
09:00	19,80	19,4	Cerah	35°
10:00	19,98	19,6	Cerah	25°
11:00	20,46	20,0	Cerah	15°
12:00	20,11	19,7	Berawan	5°
13:00	20,09	19,7	Cerah	5°

14:00	20,13	19,8	Cerah	15°
15:00	19,69	18,8	Cerah	25°
16:00	18,90	18,5	Berawan	35°

Pengujian kapasitas listrik yang dihasilkan solar panel pada hari ke tiga dilakukan pada kondisi cuaca yang berubah-ubah. Dari hasil pengujian nilai kapasitas listrik yang dihasil terbesar pada pukul 14:00 yaitu 20,13 V dengan tegangan output solar charger controller sebesar 19,8 V. Posisi matahari berada pada 210° Lintang Selatan Barat dengan sudut kemiringan 15°.

Tabel 5. Data Pengujian Kapasitas Listrik terhadap rotasi Matahari (Hari IV)

HARI IV (Sabtu, 27 November 2021)				
JAM	Voc	Vsc	Cuaca	Sudut Kemiringan
09:00	19,56	19,2	Cerah	35°
10:00	19,50	19,1	Cerah	25°
11:00	19,55	18,2	Berawan	15°
12:00	19,58	19,2	Berawan	5°
13:00	20,53	20,1	Berawan	5°
14:00	19,33	19,0	Berawan	15°
15:00	20,50	20,1	Cerah	25°
16:00	19,73	19,4	Cerah	35°

Pengujian kapasitas listrik yang dihasilkan solar panel pada hari ke empat dilakukan pada kondisi cuaca yang berubah-ubah. Dari hasil pengujian nilai kapasitas listrik yang dihasil terbesar pada pukul 13:00 yaitu 20,53 V dengan tegangan output solar charger controller sebesar 20,1 V. posisi matahari berada pada 194° Lintang Timur dengan sudut kemiringan 5°.

Analisa Hasil Pengujian Kapasitas Listrik Portable Panel Surya

Hasil pengujian panel surya yang dilakukan selama 4 hari pengujian, maka rata-rata tegangan listrik yang dihasilkan adalah sebesar 20 Volt. Tegangan tertinggi diperoleh antara pukul 11:00 - 14:00 dimana sesuai dengan sifat dari panel

surya yaitu intermitent (berpengaruh pada cuaca) maka energy yang diterima panel surya juga sangat tergantung dengan kondisi cuaca. Namun meskipun dengan kondisi cuaca berawan, panel surya masih tetap menerima energy.

Untuk rancangan panel surya, sesuai dengan tujuan dari pelaksanaan penelitian ini yaitu “portable” dimana hasil rancangan panel surya sudah memenuhi kriteria tersebut yaitu mudah dilipat, mudah di bongkar dan di pasang serta dapat dibawa kemana-mana. Dengan model seperti ini maka panel surya yang dirancang dan di uji dapat mengikuti arah dan dan rotasi matahari pada setiap jamnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian design portable solar panel dan pengujian kapasitas listrik yang diterima terhadap kemiringan dan arah rotasi matahari maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu rancangan portable solar panel dengan kapasitas 100 Wp, terbuat dari Besi hollow 4×4 Cm, Besi Plat 1,2 mm, Pipa Stainless 1,2 mm-2 Inch dimana untuk tiang penyangga panel surya di rancang dengan model bisa dilipat dan bisa berputar 360 derajat sehingga dapat mengikuti arah radiasi sinar Matahari. Tiang penyangga juga dapat di geser ke atas dan ke bawah dimana terdapat 2 buah scrup yang dapat menahan pergeseran atas dan bawah tiang penyangga tersebut. Sedangkan untuk dudukan panel surya, rancangan dibuat dengan memasang engsel dan baut agar panel surya tersebut dapat dilipat serta dapat dimiringkan mengikuti arah rotasi matahari. Dari hasil pengujian kapasitas listrik yang diterima terhadap kemiringan dan arah rotasi matahari yang paling baik di peroleh solar panel, selama empat hari berturut-turut dari pukul 09-00 sampai 16-00 WIT, kapasitas listrik tertinggi yang dihasilkan oleh panel surya adalah antara pukul 11:00 - 14:00 WIT rata-rata sebesar 20 V dengan tegangan output solar charger controller sebesar 19,9 V. Sudut kemiringan panel surya dan arah matahari berputar mengikuti arah rotasi matahari.

REFERENSI

- [1]. I. Gede Nurhayata., N. Santiyadnya., & L. Krisnawati. (2017). Pengembangan Tegangan Panel Surya Portable Berbasis Close Loop Boost Converter. *Semnasvoktek*, 120-192.
- [2] Vries, P. de, Conners, M., & Jaliwala, R. (2011). *ENERGI yang Terbarukan*. Buku Panduan Energi Terbarukan, 106.
- [3] Wendryanto, W., Widayana, G., & Sutaya, I. W. (2019). Pengembangan Penggerak Solar Panel Dua Sumbu Untuk Meningkatkan Daya Pada Solar Panel Tipe Polikristal. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 5(3), 62-70. <https://doi.org/10.23887/jjtm.v5i3.20293>
- [4] Muslimah, I. R., Studi, P., Satu, S., Elektro, T., Ketenagalistrikian, F., & Energi, D. A. N. (2021). Pengujian kinerja panel surya 250 wp type polychristaline terhadap temperatur lingkungan dan sudut kemiringan di daerah.
- [5] Kurnia, f. (2020). Pengujian Kurva I-V Untuk Menentukan Kinerja Pada (Photovoltaic) Secara Manual. 55.