

Optimalisasi Pengisian Accu Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Dengan *Solar Charge Controller* (MPPT)

Muhammad Suyanto¹, Sigit Priyambodo², Prasetyono E.P³, Ari Purnama Aji⁴

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.

Email; myanto@akprind.ac.id¹, sigit@akprind.ac.id², prastyono@akprind.ac.id³,
aripurnama2007@gmail.com⁴

ABSTRACT

The use of renewable energy is currently one of the alternative energies to support the decline in fossil energy in Indonesia. Solar energy is the right choice for now, as a solar power plant (PLTS), which is a renewable technology, which can convert solar thermal energy into electrical energy. The solar power generation system has various components, one of which is the Solar charge controller. The purpose of this research is to optimize battery charging using the MPPT Solar charge controller type. MPPT solar charge controller, has better characteristics and is able to charge the battery (accu) faster. In this study also pay attention to the effect of light intensity and temperature on the power output generated by the solar cell. The results showed that the MPPT Solar charge controller was able to work better and faster in charging the battery (accu) than other Solar charge controllers. It is proven by the results of the average voltage, current and output power of the MPPT controller of 13.79 volts, 3.06 amperes and 42.26 watts of power, for high light intensity and temperature do not always affect the results of high voltage, current and power, because environmental factors also affect the output of the solar cell.

Keywords: *accu, MPPT solar charge controller, renewable energy,*

INTISARI

Energi terbarukan saat ini, merupakan salah satu energi alternatif untuk menyokong mulai berkurangnya energi fosil yang ada di Indonesia. Energi Surya merupakan pilihan yang tepat untuk saat ini, sebagai pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), yang mana merupakan teknologi terbarukan, yang dapat menubah energi panas matahari menjadi energi listrik. Pada sistem pembangkit tenaga surya memiliki berbagai komponen salah satunya adalah *Solar charge controller*. Tujuan dari penelitian ini adalah mengoptimalkan pengisian accu menggunakan tipe *Solar charge controller MPPT*. *Solar charge controller MPPT, mempunyai karakteristik lebih baik dan mampu melakukan pengisian terhadap baterai (accu) dengan lebih cepat. Dalam penelitian ini juga memperhatikan pengaruh intensitas cahaya dan suhu terhadap output daya yang dihasilkan oleh solar cell. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Solar charge controller MPPT mampu bekerja dengan lebih baik dan lebih cepat dalam melakukan pengisian daya baterai (accu) dibandingkan Solar charge controller lainnya. Terbukti dengan hasil rata-rata tegangan, arus dan daya output controller MPPT sebesar 13,79 volt, 3,06 ampere dan daya 42,26 watt, Untuk intensitas cahaya dan suhu yang tinggi tidak selalu mempengaruhi hasil tegangan, arus dan daya yang tinggi, karena faktor lingkungan juga berpengaruh terhadap keluaran dari solar cell.*

Kata Kunci: *accu, energi surya, energi terbarukan, solar charge controller MPPT.*

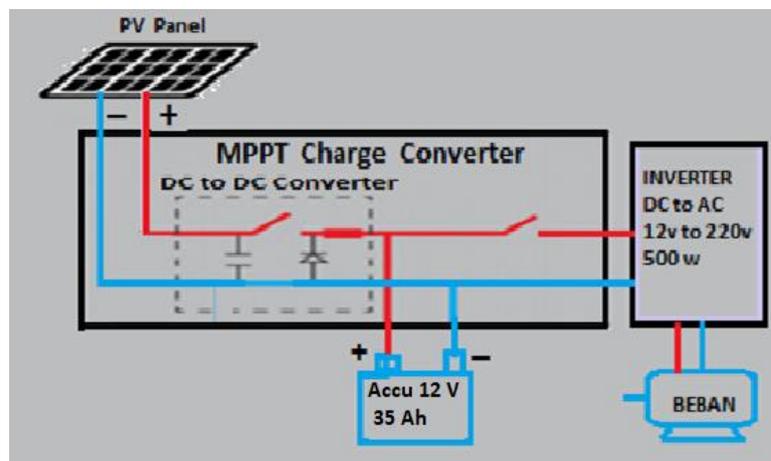
PENDAHULUAN

Eksplorasi energi fosil di Indonesia, seperti batubara, gas bumi terutama minyak bumi mulai mengalami penurunan produksi, pemerintah mulai komitmen untuk meningkatkan peran energi baru dan terbarukan secara *continue* guna menjaga ketahanan dan kemandirian energi. Sesuai PP No. 79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, target bauran energi baru terbarukan (EBT) pada tahun 2025 paling sedikit 23% dan 31% pada tahun 2050. Potensi EBT yang dimiliki oleh Indonesia untuk ketenagalistrikan mencapai 443 GW meliputi panas bumi, air dan mikro-mini hidro, bioenergi surya, angin, dan gelombang laut. (IESR, Geny Jati.,(2021). Potensi tenaga surya diindonesia memiliki porsi terbesar, lebih dari 207 MW, disusul dengan air dan angin.

Energi surya adalah bentuk produksi listrik yang berasal dari radiasi matahari, oleh sebab itu memungkinkan untuk mencapai zona pedesaan yang tidak terjangkau oleh listrik konvensional guna membantu pemerataan jaringan listrik di daerah terpencil. Sistem fotovoltaik dapat dibagi

menjadi dua jenis, yaitu grid-terikat dan Off-grid. Grid-terikat adalah sistem tenaga surya yang terhubung ke jaringan listrik konvensional dan keduanya memiliki sistem otonom. Sedangkan sistem off-grid adalah sistem tenaga surya yang tidak terhubung ke jaringan listrik konvensional. Sistem ini berdiri sendiri atau sering disebut *stand-alone system* (M. A. Laguado-Serrano et al., 2019).

Energi listrik yang dihasilkan oleh *solar cell* kemudian disuplai ke dalam baterai yang sebelumnya sudah melalui alat pengontrol arus dan tegangan alat pengontrol ini disebut dengan *solar charge controller*. Menurut (Dini Khusnul Yaqin., (2019), fungsi utama dari alat ini adalah untuk menjaga atau mempertahankan baterai dari kemungkinan tertinggi *state of charge*, melindungi baterai dari pengisian yang berlebihan (*overcharge*) dari *array*, dengan cara membatasi pengisian daya ke dalam baterai saat baterai dalam kondisi penuh dan melindungi baterai dari pengosongan yang berlebihan (*overdischarge*). Menurut (N. Wananda., (2019). MPPT atau 'pelacak titik daya maksimum' jauh lebih canggih daripada pengontrol PWM dan memungkinkan panel surya beroperasi pada titik daya maksimumnya, atau lebih tepatnya, tegangan optimal untuk keluaran daya maksimum. Dengan menggunakan teknologi pintar ini, pengontrol pengisian solar MPPT dapat lebih efisien hingga 30%, tergantung pada voltase baterai dan voltase operasi (V_{mp}) panel surya (Arifati Fauzi et al., 2019). Alasan peningkatan efisiensi dan cara mengukur pengontrol muatan MPPT dengan benar dijelaskan secara rinci di bawah ini. Sebagai panduan umum, pengontrol muatan MPPT harus digunakan pada semua sistem daya yang lebih tinggi menggunakan dua atau lebih panel surya, atau kapan pun voltase panel (V_{mp}) adalah 8V atau lebih tinggi dari voltase baterai-lihat penjelasan lengkap sebagai berikut.



Gambar 1. Solar Charge Controller MPPT

Tegangan pada panel surya dapat menghasilkan daya maksimum adalah "titik daya maksimum". Daya maksimal yang dihasilkan oleh panel surya bervariasi dengan keadaan, yaitu radiasi matahari, suhu lingkungan, dan juga suhu sel surya. *Maximum Power Point Tracking* bekerja dengan mengekstraksi daya maksimum yang dihasilkan oleh panel surya dan membuat tegangan yang paling efisien yang diterima oleh baterai. *Solar charge controller* (SCC) jenis ini dapat dikatakan lebih efisien dibandingkan tipe *pulse width modulation* karena dapat memaksimalkan arus yang dihasilkan oleh panel surya. *Solar charge controller MPPT* ini dapat bekerja secara efektif apabila bekerja pada kondisi cuaca dingin dan berawan, pada kasus tertentu modul PV akan jauh bekerja lebih baik pada suhu dingin dan *MPPT* mampu mengekstraksi daya maksimum yang diperoleh dari *solar cell*. (<http://www.sj-ses.com/solar-charge-controller/>).

Berdasarkan jenisnya *Solar charge controller* ini terdapat dua tipe yang pertama ialah *pulse width modulation* (*PWM*) dan *Maximum Power Point Tracker* (*MPPT*). Kedua tipe *solar charge controller* tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing, Oleh karena itu diperlukan penelitian untuk menentukan *solar charge controller* yang dapat bekerja secara baik dalam sistem PLTS dan sesuai dengan kebutuhan beban masyarakat. Berdasarkan permasalahan di atas maka dalam penelitian ini dipilih SCC tipe *MPPT*, sebagai alat pengisian *accu* yang dimungkinkan dapat bekerja dengan baik, Selama melakukan pengamatan pengaruh intensitas cahaya terhadap keluaran panel surya, serta lama waktu pengisian daya baterai dari *solar charge controller* tersebut. Serta pengaruh intensitas cahaya dan suhu terhadap *Output solar charge controller*. Menurut (Jaganthan S, Gao W. (2009). Pelacak titik daya maksimum, atau *MPPT*, pada dasarnya adalah konverter DC ke DC yang efisien yang digunakan untuk

memaksimalkan output daya tata surya. SCC MPPT pertama ditemukan oleh perusahaan kecil Australia bernama AERL pada tahun 1985, dan teknologi ini sekarang digunakan di hampir semua inverter surya yang terhubung ke jaringan dan semua pengontrol pengisian solar MPPT.

Prinsip fungsi *SCC tipe MPPT* agak sederhana-karena jumlah sinar matahari (iradiasi) yang bervariasi pada panel surya sepanjang hari, tegangan dan arus panel terus berubah. Untuk menghasilkan daya paling besar, MPPT menyerap tegangan dari panel surya untuk menemukan 'sweet spot' atau kombinasi tegangan dan arus terbaik untuk menghasilkan daya maksimum. SCC MPPT terus melacak dan menyesuaikan tegangan PV untuk menghasilkan daya paling besar, tidak peduli jam berapa atau kondisi cuaca. Menurut Suyanto et al., 2017 dengan menggunakan teknologi pintar ini, efisiensi pengoperasian meningkat dan energi yang dihasilkan dapat mencapai 30% lebih banyak dibandingkan dengan *Solar charge controller* PWM. Oleh karena itu, peneliti mengambil pengontrol tegangan dalam penelitian dipilih menggunakan *SCC MPPT*.

Tabel 1. Perbedaan *Solar charge controller* PWM dan MPPT

Keterangan	PWM Charge Controller	MPPT Charge Controller
Kapasitas sistem	Direkomendasikan digunakan pada kapasitas sistem kecil, dimana MPPT tidak dapat bekerja ideal.	Kapasitas sistem diatas 200W akan lebih ideal menggunakan SCC MPPT.
Off-Grid/Grid-Tie	Disarankan digunakan sistem off-grid dengan tipe tegangan panel surya (V_{mp}) berada pada ≈ 17 hingga 18 Volts untuk setiap nominal tegangan baterai 12V.	Dapat digunakan pada tipe sistem grid-tie, walaupun dengan kapasitas kecil. Karena mampu beradaptasi dengan baik pada jenis panel yang tidak memiliki susunan seri 36 sel.
Metode kapasitas Array	Susunan panel surya dihitung pada Ampere (berdasarkan arus yang dihasilkan saat solar panel bekerja sesuai dengan tegangan baterai).	Susunan panel surya dihitung berdasarkan watt (berdasarkan maksimum <i>Charging Current x Battery Voltage</i>)
Tegangan Array	PV array & tegangan baterai harus sama.	Tegangan PV array dapat lebih tinggi dibandingkan tegangan baterai.

Sumber: Made A, Satwiko S. (2011)

METODE PENELITIAN

Tahapan yang dilakukan setelah melakukan perakitan komponen pendukung PLTS serta mengumpulkan data-data yang berhubungan dengan pengujian peralatan system pengisian accu dengan SCC MPPT. Dari *output solar charge controller MPPT*, kemudian masuk kedalam baterai (*accu*) dengan kapasitas 35Ah. Dalam melakukan pengujian arus dan tegangan kaluran panel dan *solar charge controller* dicari daya keluaran dari pengujian, menggunakan persamaan (1).

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out} \quad \dots \quad (1)$$

dimana:

P_{out} = Daya panel surya (*watt*)

V_{out} = Tegangan output (*volt*)

I_{out} = Arus output (*ampere*)

Selanjutnya menganalisis lama waktu pengisian baterai dengan arus charging tiap percobaan maka dilakukan perhitungan dengan persamaan (2): (N Wananada., 2019)

$$\text{Lama Waktu Pengisian (h)} = \frac{\text{Kapasitas Baterai (Ah)}}{\text{Output Arus Charge (A)}} \quad \dots \quad (2)$$

dimana:

Lama Waktu Pengisian(h) = Waktu Pengisian(h)

Kapasitas Baterai = Kapasitas Baterai (Ah)

Output Arus Charge = arus keluaran (Ampere)

Kemudian untuk menghitung lama waktu pengisian menggunakan arus rata-rata digunakan persamaan 3 dan 4 sebagai berikut:

$$\text{Arus rata-rata}(I_t) = \frac{\text{Jumlah } I_{ch}}{\text{Jumlah pengujian}} \dots\dots\dots (3)$$

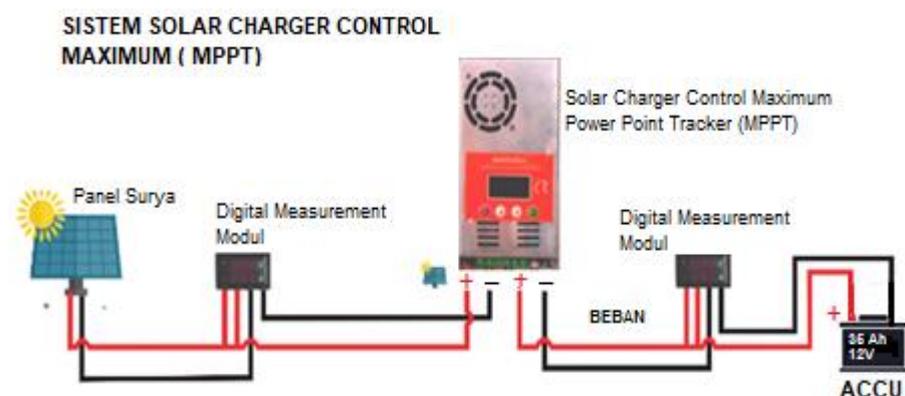
maka

$$T_a = \frac{\text{Kapasitas baterai}(Ah)}{I_t} \dots\dots\dots (4)$$

dimana: I_t = arus rata-rata .
 T_a = lama waktu pengisian daya baterai.
 Ah = Kapasitas baterai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian dan pengujian yang sudah dilakukan seperti terlihat pada Gambar 2, dengan modul pengujian SCC MPPT dari hasil perancangan sistem dan pengujian system, data yang diperoleh dalam penelitian ini dihasilkan berdasarkan pengamatan pada alat ukur *voltmeter* dan *amperemeter digital* serta alat ukur berupa tang *amperemeter* dan multimeter. Data penelitian yang didapat sebagai diperlihatkan pada tabel 2.



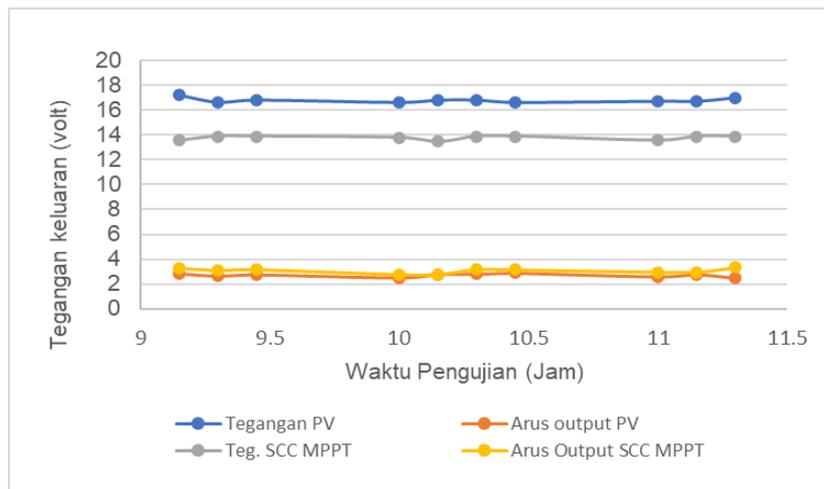
Gambar 2. Rangkaian sistem *Trainer* Pengujian *Solar Charge Controller* MPPT

Tabel 2. Pengukuran tegangan, arus, daya keluaran

No	Jam	Keluaran dari panel surya			Keluaran dari SCC MPPT		
		Tegangan (V) (volt)	Arus (I) (ampere)	Daya (P) (watt)	Tegangan (V) (volt)	Arus (I) (ampere)	Data(P) (watt)
1	9.15	17.2	2.83	48.67	13.6	3.3	44.88
2	9.3	16.6	2.65	43.99	13.9	3.1	43.09
3	9.45	16.8	2.75	46.2	13.9	3.17	44.06
4	10	16.6	2.5	41.5	13.8	2.73	37.67
5	10.15	16.8	2.78	46.70	13.5	2.75	37.12
6	10.3	16.8	2.79	46.87	13.9	3.19	44.34
7	10.45	16.6	2.88	47.80	13.9	3.15	43.78
8	11	16.7	2.58	43.08	13.6	2.95	40.12
9	11.15	16.7	2.77	46.25	13.9	2.95	41.00
10	11.3	17	2.45	41.65	13.9	3.35	46.56

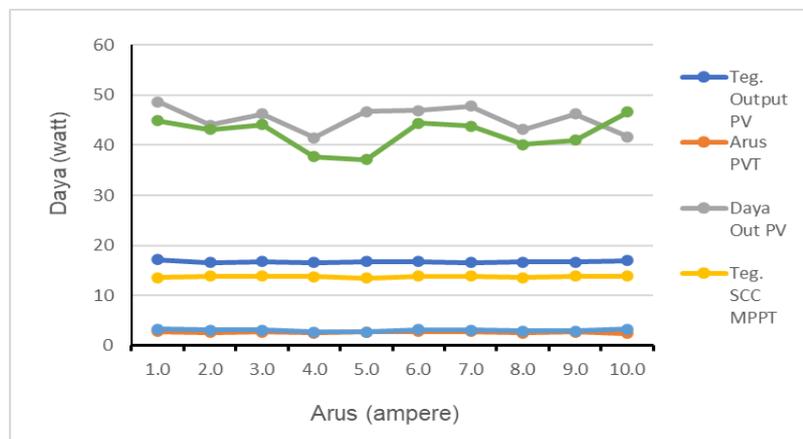
Data yang didapat dalam penelitian pada tabel 2. dapat diperoleh grafik pengukuran besaran arus, tegangan dan daya keluaran yang dihasilkan panel surya yang masuk kedalam *solar charge controller MPPT*, kemudian diteruskan untuk pengisian accu.

Perbandingann tegangan keluaran *solar cell* bahwa nilai tertinggi keluaran *solar cell* terdapat pada input *solar charge controller MPPT* didapatkan nilai tegangan tertinggi nya sebesar 17,2 volt dan nilai terendah sebesar 16,6 volt. Rata-rata tegangan yang dihasilkan *solar cell* saat melakukan pengisian *MPPT* memiliki nilai daya yang lebih rendah sebesar 16,78 volt (lihat pada Gambar 3)



Gambar 3 Pengukuran tegangan dan waktu pengujian

Dari grafik pengukuran pada Gambar 4 terlihat bahwa keluaran panel surya dengan *controller MPPT*. Arus yang dihasilkan berkisar antara 2,45 ampere hingga 2,88 ampere. Dengan keseluruhan data yang diperoleh dari penelitian menunjukkan bahwa arus keluaran rata-rata yang dihasilkan oleh panel surya dengan input ke *SCC MPPT* berkisar 2,69 ampere. Sedangkan pada Gambar 5 grafik pengukuran daya keluaran panel surya menunjukkan bahwa *input controller MPPT* memiliki nilai berkisar antara 41,5 watt hingga 48,67 watt dengan nilai rata-rata menghasilkan 45,27 watt.



Gambar 4. Pengukuran daya keluaran dan arus

Berdasarkan pengukuran tegangan *output solar charge controller MPPT* didapat nilai tegangan tertinggi sebesar 13,9 volt. Kisaran tegangan yang dihasilkan oleh *SCC MPPT* adalah 13,5 volt hingga 13,9 volt dengan nilai rata-rata tegangan yang dihasilkan sebesar 13,79 volt, dan tegangan terendah dengan nilai 13,5 volt, dengan nilai rata-rata berkisar 13,68 volt. Hasil tegangan dari *solar charge controller* dipengaruhi oleh intensitas cahaya atau panas matahari yang masuk ke dalam panel surya, tegangan mengalami kenaikan walaupun tetap tidak stabil dikarenakan ada faktor alam yang juga mempengaruhi cahaya yang masuk ke dalam panel surya.

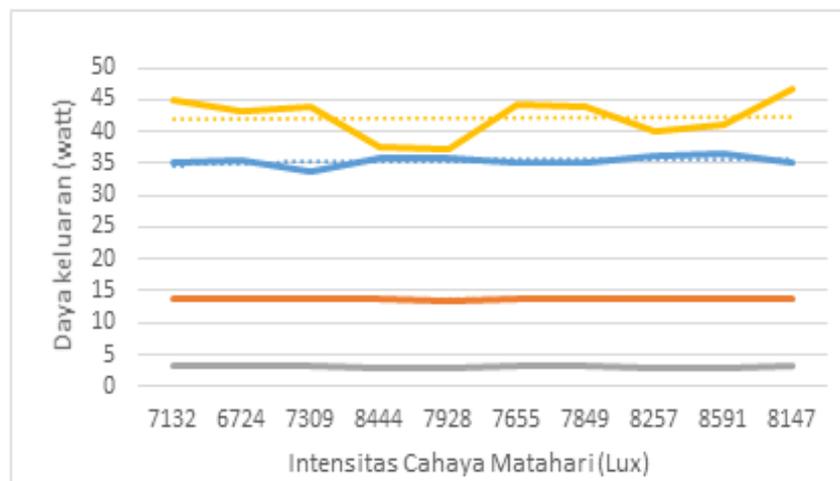
Pengukuran *Arus Output Solar Charge Controller MPPT* pada arus yang dihasilkan memiliki nilai tertinggi pada pengujian ke 10 dengan nilai arus mencapai 3,35 ampere sedangkan nilai terendah 2,73 ampere. Arus rata-ratanya sebesar 3,06 ampere. Proses pengisian pada baterai (*accu*) ini sangat tergantung pada kondisi cuaca yang terjadi pada saat melakukan pengambilan data dan pengujian. Tingkat radiasi dan intensitas cahaya matahari juga sangat mempengaruhi hasil keluaran panel surya yang menjadi *input* pada kedua *solar charge controller*.

Pengaruh Intensitas Cahaya dan Suhu Terhadap Arus Tegangan dan daya Keluaran *Solar Charge Controller MPPT*. Pada Tabel 4 didapatkan data intensitas cahaya, suhu dan output solar charge controller MPPT, dalam pengujian ini dilakukan pengujian pengaruh intensitas cahaya matahari dan suhu permukaan panel surya terhadap arus tegangan dan daya keluaran solar

charge controller. Dugunakan alat digital luxmeter sebagai alat pengambilan data intensitas cahaya dan thermogun sebagai alat pengambilan data suhu *solar cell*.

Tabel 4. Pengaruh intensitas cahaya matahari dan suhu

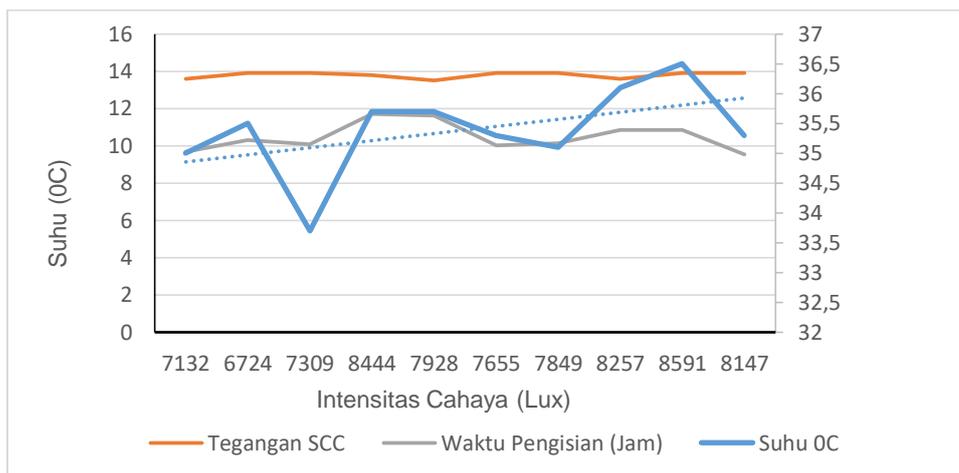
No	Intensitas cahaya candela (x10)	Suhu derajat (celsius)	Kapasitas Accu (Ah)	Waktu pengisian Accu (Jam)	Output MPPT		
					Tegangan V (volt)	Arus (I) (ampere)	Daya (P) (watt)
1	7132	35	35	9.69	13.6	3.3	44.88
2	6724	35.5	35	10.32	13.9	3.1	43.09
3	7309	33.7	35	10.09	13.9	3.17	44.06
4	8444	35.7	35	11.72	13.8	2.73	37.67
5	7928	35.7	35	11.63	13.5	2.75	37.12
6	7655	35.3	35	10.03	13.9	3.19	44.34
7	7849	35.1	35	10.15	13.9	3.15	43.78
8	8257	36.4	35	10.84	13.6	2.95	40.12
9	8591	36,6	35	10.84	13.9	2.95	41.00
10	8147	36,2	35	9.55	13.9	3.35	46.56



Gambar 5. Pengaruh intensitas cahaya dan suhu terhadap arus, tegangan dan daya

Berdasarkan ketiga Gambar 3, 4, dan 5 dapat dijelaskan bahwa intensitas cahaya juga berpengaruh terhadap tegangan dan arus output dari *solar charge controller MPPT* karena percobaan atau pengujian ke 1 menunjukkan nilai intensitas cahaya 7132x10 cd dengan nilai tegangan 13,6 volt dan suhu berkisar 35 °C, kemudian pada pengujian ke 2 terlihat bahwa intensitas cahaya sedikit mengalami penurunan dengan nilai 6724x10 cd akan tetapi suhu mengalami kenaikan sebesar 35,5 °C, akan tetapi tegangan mengalami kenaikan sebesar 13,9 volt. Dari hasil tersebut bahwa intensitas yang tinggi tidak selalu mempengaruhi keluaran tegangan yang tinggi, tetapi apabila suhu lingkungan panel mengalami kenaikan yang cukup drastis maka dapat mempengaruhi tegangan keluaran panel.

Berdasarkan pada Gambar 5, dapat dijelaskan bahwa intensitas cahaya dan suhu juga berpengaruh pada arus keluaran *Solar charge controller MPPT*, hal tersebut dapat dilihat pada pengujian ke 3 didapatkan intensitas cahaya berkisar 7309x10 cd dan suhu 33,7°C dengan arus mencapai 3,17 ampere. Dilihat pula suhu juga mempengaruhi besarnya nilai arus yang dihasilkan oleh *Solar charge controller* dapat dilihat pada pengujian 4 nilai suhu 35,3 dengan arus 3,35 ampere.



Gambar 6. Grafik lama waktu pengisian accu

Sistem *photovoltaic* adalah sistem yang memanfaatkan energi berasal dari cahaya matahari, maka sering terjadi fluktuasi cuaca disaat pengujian, dimana matahari tertutup oleh awan sehingga cahaya matahari tidak maksimal. Maka dapat disimpulkan intensitas cahaya tidak selalu mempengaruhi *output* dari pada *solar cell*.

Berdasarkan Gambar 6 lama waktu yang dibutuhkan solar charge controller PWM dan MPPT dalam melakukan pengisian baterai sebesar 35 Ah waktu pengisian baterai pada *solar charge controller MPPT* mampu melakukan pengisian baterai (*accu*) dengan lebih cepat. Proses pengisian tercepat terjadi pada pengujian ke10 dengan nilai 9,55 jam sedangkan pengisian lambat terjadi pada pengujian ke 4 dengan nilai waktu 11,72 jam. Lama waktu pengisian juga dapat dicari dengan persamaan 4 dengan menggunakan arus rata-rata yang dihasilkan oleh kedua *solar charge controller*. Lama Waktu Pengisian *solar charge controller MPPT* adalah 10,49 jam.

KESIMPULAN

Hasil pengujian panel surya dengan menggunakan *solar charge controller MPPT* mampu menghasilkan daya lebih optimal sesuai dengan karakteristik kinerjanya, berdasarkan manual dari pabrikan. Namun tegangan input *MPPT* lebih kecil karena sesuai dengan sistem kerja yang mengubah tegangan lebih menjadi arus *charging*. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan nilai arus rata-rata yang diterima dari panel surya adalah 2.453.-35 ampere , kemudian tegangan rata-rata sebesar 17volt 13.9 Volt konnstan dan daya rata-rata dengan nilai 41.65- 46.56 watt. Dilihat dari waktu pengisian bahwa *Solar charge controller MPPT* mampu melakukan pengisian daya baterai (*accu*) lebih cepat dibandingkan *solar charge controller PWM*. *solar charge controller MPPT*, dapat melakukan pengisian daya baterai 35Ah, rata-rata selama 10,49 jam sampai baterai penuh. Berdasarkan pengamatan intensitas cahaya dan suhu keduanya mempengaruhi keluaran dari pada *solar charge controller MPPT*, tetapi intensitas cahaya matahari yang tinggi tidak selalu mampu menghasilkan arus, tegangan dan daya *output* Soar cell yang tinggi. Namun apabila suhu pada lingkungan tersebut mengalami kenaikan dapat mempengaruhi *output solar cell*. Hal tersebut dapat dibuktikan pada keluaran *Solar charge controller MPPT* dengan nilai intensitas cahaya rata-rata sebesar 780,3x10 cd menghasilkan nilai arus 3,06 ampere pada suhu 35,4°C mampu menghasilkan arus dan dayarata rata 42,26 watt.

DAFTAR PUSTAKA

- Arisfati Fauzi, Ayong Hiendro, Syaifurrahman, 2019, Rancang Bangun Battery Control Unit Panel Surya Terhadap Efek Bayangan, *Jurnal Teknik Elektro Untan*, Vol 2 No 1.
- Dini Khusnul Yaqin., 2019, Rancang Bangun Charge Controller Panel Surya Dengan Menggunakan Sistem Fast Charging, *Jurnal Teknik*, Vol 1, No 1.
- Geny Jati, 2021, Pemetaan Potensi Energi Terbarukan di Indonesia untuk Perencanaan Transisi Energi yang Lebih Tepat, <https://iesr.or.id/pemetaan-potensi-energi-terbarukan-di-indonesia-untuk-perencanaan-transisi-energi-yang-lebih-tepat>
- Jaganthan S, Gao W. 2009. Battery charging power electronics converter and control for plug-in hybrid electric vehicle. *Vehicle Power and Propulsion Conference*, 2-9.

- M. A. Laguado-Serrano, E. A. Luna-Paipa, L. F. Bustos-Marquez, S. B. Sepulveda-Mora, 2019. Performance Comparison Between PWM and MPPT Charge Controllers, *Scientia et Technica Año XXIV*, Vol. 24, No. 01, Universidad Tecnológica de Pereira
- Made A, Satwiko S. 2011. *Studi Rancang Bangun Solar Charge Controller Dengan Indikator Arus, Tegangan dan Suhu Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535*. Program Studi Fisika, Jurusan Fisika, FMIPA, UNJ.
- Mahardika A, Wijaya A, I Wayan R. 2016, Rancang Bangun Baterai Charge Control Untuk Sistem Pengangkat Air Berbasis Arduino Uno Memanfaatkan Sumber PLTS. *Jurnal SPEKTRUM*, Vol 1 No 1.
- Muhammad Suyanto, Beny Firman, Adhitya Wisnu Jatmiko, 2017, Micro-Solar Power Plant with Capacity of 900 Watt for Power Supply of Rural Village Information System, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJER)*, Vol. 6 No 03.
- N. Wananda., (2019). *Analisa Perbandingan Optimasi Pengisian Daya Baterai (Accu) Pada Pltb Dan Plts Menggunakan Solar Charge Controller Tipe PWM Dan MPPT*, Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.