

Sistem pembangkitan listrik tenaga surya 400 Watt sebagai catu daya peralatan informasi.

Muhammad Suyanto^{*1}, Prasetyono Eko Pambudi² dan Beny Firman³

1-3 Universitas AKPRIND Indonesia

Jl. Kalisahak No. 28 Balapan,

Daerah Istimewa Yogyakarta

musyant@akprind.ac.id; prasetyono@akprind.ac.id; benyfirman@akprind.ac.id

Abstrak

Panel surya merupakan salah satu energi alternatif yang dapat diperbarui yang dapat digunakan menjadi energi primer dalam membangkitkan energi listrik melalui sistem pembangkit listrik tenaga surya. Bahan utama PLTS adalah radiasi yang dihasilkan matahari setiap harinya. Sedangkan energi listrik merupakan kebutuhan primer masyarakat modern, dengan mulai menipisnya sumber energi fosil muncul permasalahan terjadinya krisis energi listrik. Oleh karena itu diperlukan adanya, energi terbarukan menjadi solusi, sebagai pembangkitan listrik tenaga surya sesuai dengan potensi alam di Indonesia yang mencukupi. Sistem pembangkitan listrik tenaga surya, berkapasitas 500 watt, sangat cocok dipasang untuk catu daya pada setiap kebutuhan di masyarakat, dengan panel surya 2x100 WP, solar charger controller 12 Volt - 10 ampere dan baterai *deep cycle* berkapasitas 100 Ah. Analisis dari sistem PLTS di lapangan akan dilakukan berdasarkan pengujian secara langsung sehingga dapat mengetahui kinerja dari peralatan. Hasil sistem pemasangan PLTS bertujuan untuk mengoperasikan peralatan sistem informasi yang terdiri dari peralatan *amplifier* dan pengeras suara sebagai sarana aktivitas masyarakat. Data potensi penyinaran matahari di Yogyakarta mencapai rata-rata 7 jam/hari. Nilai pengukuran tegangan tertinggi 18,73 volt dan arus 4,52 ampere, dengan intensitas cahaya yang diserap mencapai 110.966 Lux pada cuaca cerah dan nilai terendah mencapai 3.407 Lux. Besar radiasi matahari yang diterima berbanding lurus dengan besar intensitas cahaya matahari yang dihasilkan dengan besar radiasi terbesar mencapai 877 W/m² sedangkan radiasi terendah sebesar 27 W/m². Daya rata-rata panel surya yang dihasilkan mencapai 371,07 watt dan besarnya efisiensi konversi sebesar 97%. Daya charger dari peralatan *solar charger controller* jenis PWM memiliki rata-rata 227,44 watt dan daya total discharger beban sebesar 167.96 watt memiliki hasil efisiensi 89%.

Kata Kunci energi terbarukan, PLTS, sistem informasi, pwm.

Digital Object Identifier 10.36802/jnanaloka.2022.v5-no2-31-41

1 Pendahuluan

Perkembangan teknologi pada saat ini menuntut penggunaan energi listrik yang semakin besar. Penambahan pasokan energi listrik disebabkan inovasi dari berbagai peralatan modern yang semakin canggih namun sering tidak memperhatikan penggunaan energi listrik yang dibutuhkan. Pada saat ini sumber energi listrik yang digunakan masih mengandalkan energi fosil yang digunakan untuk membangkitkan energi listrik. Energi fosil yang digunakan tentu merupakan energi primer yang tidak dapat diperbarui sehingga energi fosil yang digunakan saat ini akan memiliki masa habis penggunaan. Dengan mengetahui hal tersebut

* Corresponding author.



pada saat ini banyak peneliti dan ilmuwan yang mulai mempelajari penggunaan energi baru terbarukan. Energi baru terbarukan merupakan sumber energi yang tersedia oleh alam dan bisa dimanfaatkan secara terus-menerus dan tidak akan habis yang dapat digunakan sebagai energi primer dalam membangkitkan energi listrik [1].

Terdapat banyak energi baru terbarukan yang dapat dimanfaatkan untuk menjadi energi utama dalam membangkitkan listrik salah satunya adalah panel surya. Panel surya merupakan salah satu energi alternatif yang dapat diperbarui dan dapat digunakan menjadi energi primer dalam membangkitkan energi listrik melalui sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Bahan utama PLTS adalah radiasi yang dihasilkan matahari setiap harinya. Pada saat ini Pemerintah khususnya di Indonesia melalui Kementerian Energi dan Sumber Daya Manusia (ESDM) mulai bergerak dalam pemanfaatan energi baru terbarukan dalam hal ini penggunaan panel surya untuk PLTS [2].

Pemanfaatan PLTS pada saat ini sudah banyak digunakan baik pada kalangan industri komersial hingga pada penggunaan rumah tangga. Pemasangan PLTS relatif tidak membutuhkan kebutuhan khusus dalam pemasangannya. Pada saat ini pemasangan PLTS banyak dilakukan pada bangunan yang tinggi dan dapat dipasang pada area tertentu seperti area taman bangunan dan atap bangunan. Memasuki abad 21, persediaan minyak dan gas bumi semakin menipis. Sementara kebutuhan akan energi semakin meningkat, utamanya di negara-negara industri akan meningkat sampai 70% antara tahun 2000 sampai 2030. Pada tahun 2015, kebutuhan energi listrik akan mencapai 19,5 - 20 triliun kWh. Namun sumber energi primer (minyak dan gas bumi) hanya mampu menyumbang 12,4 Triliun Kwh [3].

Energi surya adalah sumber energi yang tidak akan pernah habis ketersediaannya dan energi ini juga dapat di manfaatkan sebagai energi alternatif yang akan diubah menjadi energi listrik, dengan menggunakan sel surya. Sel surya atau solar cell sejak tahun 1970-an telah mengubah cara pandang kita tentang energi dan memberi jalan baru bagi manusia untuk memperoleh energi listrik tanpa perlu membakar bahan bakar fosil sebagaimana pada minyak bumi, gas alam, batu bara, atau reaksi nuklir. Sel surya juga mampu beroperasi dengan baik di hampir seluruh belahan bumi yang tersinari matahari tanpa menghasilkan polusi yang dapat merusak lingkungan sehingga lebih ramah lingkungan [4,5].

Terkait mengenai potensi energi surya, Indonesia mempunyai potensi yang sangat besar yaitu 4,8 kWh/m²/hari. Hal tersebut dikarenakan Indonesia terletak di daerah tropis dimana tingkat radiasi sinar suryanya relatif lebih tinggi dibandingkan dengan daerah-daerah lain di dunia. Nilai tersebut setara dengan nilai peak sun hour (PSH) sebesar 4,8 jam/hari namun pemanfaatan masih sangat rendah [5].

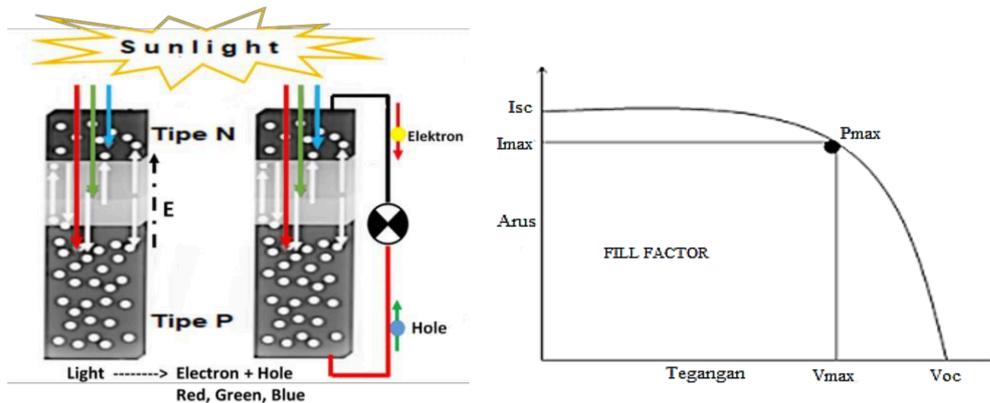
Sel surya atau sel *photovoltaic* adalah sebuah alat semikonduktor yang terdiri dari sebuah wilayah-besar *diode p-n junction* yang dengan cahaya matahari mampu menciptakan energi listrik, perubahan ini disebut efek *photovoltaic* [6] [7]. Dua jenis semikonduktor tipe *n* dan *p* ini jika disatukan akan membentuk sambungan *p - n* atau *p - n junction*. Proses penyambungan dua jenis semikonduktor ini menyebabkan terjadinya perpindahan elektron - elektron dari semikonduktor tipe *n* menuju semikonduktor tipe *p* dan perpindahan *hole* dari semikonduktor tipe *p* menuju semikonduktor tipe *n*. Perpindahan elektron maupun *hole* ini hanya sampai jarak tertentu dari batas sambungan awal [6].

Daerah negatif dan positif disebut dengan daerah deplesi (*depletion area/depletion layer*). Elektron maupun *hole* yang ada pada daerah deplesi disebut dengan pembawa muatan minoritas (*minority charge carriers*) karena keberadaannya di jenis semikonduktor yang berbeda. Terlepasnya elektron ini meninggalkan *hole* pada daerah yang ditinggalkan oleh elektron yang disebut dengan fotogenerasi elektron -*hole* (*electron - hole photogeneration*) yaitu terbentuknya pasangan elektron dan hole akibat cahaya matahari [7].

Berdasarkan penjelasan di atas maka proses perpindahan elektron dan *hole* yang mengakibatkan terbentuknya daerah pertemuan kedua semikonduktor yang disebut deplesi akan mengakibatkan terjadinya photogeneration. *Photogeneration* ini terjadi karena terdapat intensitas matahari yang dapat menembus hingga area deplesi atau junction sehingga kedua muatan semikonduktor yang memiliki muatan yang berbeda dalam satu kawasan tersebut akan menimbulkan terjadinya medan listrik.

Proses photogeneration terjadi ketika intensitas cahaya matahari ini membawa muatan foton yang memiliki sifat elektromagnetik pada setiap gelombang cahayanya dapat menembus masuk pada bagian dari struktur sel surya. Proses tersebut menghasilkan adanya medan listrik pada area deplesi yang dilambangkan dengan huruf E ditunjukkan pada Gambar 1a. Pada proses photo generation di bagian tersebut terdapat sambungan semikonduktor *p* dan semikonduktor *n* yang ditunjukkan dengan huruf E.

Elektron hasil dari proses *photo generation* mengakibatkan adanya proses kembalinya muatan semikonduktor tersebut pada posisi semula sehingga saat terhubung dengan penghantar listrik akan mengalirkan muatan listrik dari kedua bagian semikonduktor [5][5]. Parameter sel surya atau *photovoltaic* dalam menghasilkan energi listrik secara optimal sangat berhubungan erat dengan faktor karakteristik dasar dari sel surya. Parameter ini digunakan sebagai acuan dasar untuk mengetahui kinerja dari sel surya dalam menghasilkan energi listrik. Penjelasan dari parameter sel surya dapat dilihat pada Gambar 1 b. kurva parameter I-V sel surya.



■ **Gambar 1 a.** Proses Photogeneration [5].

b. Kurva Parameter I-V Sel Surya

Short Circuit Current (I_{sc}) adalah maksimum arus keluaran dari sel surya yang dapat dikeluarkan di bawah kondisi dengan tidak ada resistansi atau hubung singkat. Besarnya nilai I_{sc} bervariasi disesuaikan dengan kapasitas modul surya yang terdapat pada bagian spesifikasi pada panel surya. *Open Circuit Voltage* (V_{oc}) adalah kapasitas tegangan maksimum yang dapat dicapai oleh sel surya saat tidak terhubung dengan beban atau dapat diartikan pada saat tidak adanya arus yang mengalir dari panel surya menuju beban. Besarnya nilai V_{oc} bervariasi disesuaikan dengan kapasitas modul surya yang terdapat pada bagian spesifikasi pada panel surya.

Maximum power point (V_{mp} dan I_{mp}) pada kurva I-V adalah titik operasi yang menunjukkan daya maksimum yang dihasilkan oleh sel surya dalam kondisi saat sel surya terhubung dengan beban. Besarnya maksimum daya dari sel surya didapat dari persamaan 1, dengan P_{max} = Daya Maksimal (MPP), V_{oc} = Tegangan *open circuit*, I_{sc} = Arus

open circuit, dan $FF = \text{Fill Factor}$ [8].

$$P_{max} = V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF \quad (1)$$

Fill factor merupakan parameter yang menentukan daya maksimum dari sel surya sekaligus menentukan kualitas dari sel surya tersebut. Dengan adanya *fill factor* maka dapat mengetahui kinerja dari sel surya yang dapat dihitung melalui persamaan 2, dengan V_{mpp} = Tegangan maksimal dan I_{mpp} = Arus maksimal [8].

$$FF = \frac{V_{mpp} \cdot I_{mpp}}{V_{oc} \cdot I_{sc}} \quad (2)$$

Efisiensi konversi adalah perbandingan antara daya yang dapat diperoleh sebuah sel surya dengan daya yang diterima dari matahari. Kepadatan daya cahaya matahari yang mencapai bagian luar atmosfer bumi sekitar $136m.W/cm^2$ tetapi setelah melewati atmosfer sebagian dihamburkan, sedangkan kepadatan daya matahari yang sampai di permukaan bumi pada siang hari yang cerah sekitar $100m.W/cm^2$. Persamaan 3 merupakan rumus efisiensi konversi dengan η = Efisiensi tegangan (Watt), V = Tegangan dibangkitkan, I = Arus sel surya, P = Rapat daya mengenai sel, dan A = Luas penampang sel.

$$\eta = \frac{V \cdot I}{P \cdot A} \% \quad (3)$$

Daya yang dibangkitkan oleh panel surya secara sederhana saat pengujian dapat dihitung menggunakan rumus daya listrik. Daya (P) listrik yang dihasilkan oleh sel surya merupakan hasil perkalian dari tegangan keluaran (V) dengan banyaknya elektron yang mengalir atau besarnya arus (I) yang dapat dituliskan dalam persamaan 4. Nilai rerata daya dihasilkan dengan membagi total daya dengan jumlah pengujian [9].

$$P = V \cdot I \quad (4)$$

Solar charger controller (SCC) merupakan rangkaian regulator baterai yang terdiri dari perangkat elektronika. Peran dari *solar charger controller* ini sangatlah penting sebagai pengaturan proses pengisian (*charger*) baterai yang dihasilkan dari panel surya. Sistem kerja SCC dapat mencegah terjadinya *over voltage* dan *over charger* pada baterai secara otomatis. Selain itu, SCC digunakan untuk mengontrol kebutuhan arus yang terhubung dengan beban pada saat beroperasi sehingga pada membatasi kinerja baterai pada level tegangan tertentu. Untuk mengetahui nilai efisiensi perangkat dapat diketahui melalui persamaan 5 [10] dengan Dimana η = Efisiensi Perangkat, P_O = Daya Output (W), P_I = Daya Input (W)

$$\eta = \frac{P_O}{P_I} \% \quad (5)$$

Baterai adalah suatu proses kimia listrik, dimana pada saat pengisian/*cas/charge* energi listrik diubah menjadi kimia dan saat pengeluaran/*discharge* energi kimia diubah menjadi energi listrik [11]. Baterai pada sistem pembangkitan tenaga surya (PLTS) merupakan salah satu perangkat yang digunakan sebagai penyimpanan energi listrik yang dihasilkan oleh sel surya pada siang hari dan digunakan sebagai sumber tegangan saat terhubung dengan

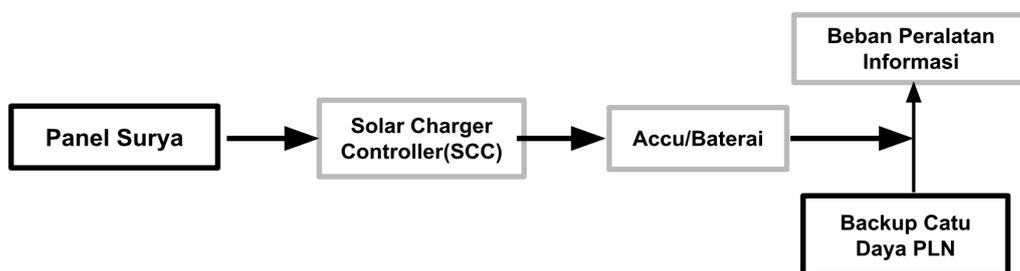
beban disaat malam hari. Baterai merupakan perangkat yang dapat mengubah energi kimia yang terdapat didalamnya menjadi energi listrik yang dihasilkan. Besarnya kapasitasnya dinyatakan dalam nilai satuan Ah (*Ampere Hour*) yang dituliskan pada bagian spesifikasi (*name plate*).Baterai berdasarkan jenis lead acid secara umum dibedakan menjadi 2 (dua) jenis yaitu *starting battery* dan *deep cycle battery*.

Starting battery merupakan salah satu jenis accumulator yang sering disebut dengan aki basah. Jenis ini memiliki struktur bahan plat yang menyusun didalamnya lebih tipis dan memiliki nilai resistansi yang kecil sehingga dirancang untuk mengeluarkan arus yang besar dalam waktu yang singkat. Penggunaannya banyak digunakan pada kendaraan bermotor sebagai sumber energi listrik saat proses *starting* yang membutuhkan nilai arus yang besar pada awal proses operasionalnya dan selanjutnya akan mengalami proses charger oleh alternator kendaraan sehingga kapasitasnya akan terus terjaga dalam kondisi penuh. Starting battery memerlukan perawatan yang khusus agar kondisi sel sekunder tetap optimal dengan cara memeriksa volume cairan elektrolit yang ada didalamnya, langkah tersebut bermaksud untuk tetap menjaga kualitas dalam menyimpan energi listrik pada saat proses *charger*.

Deep cycle battery merupakan salah satu jenis accumulator yang sering disebut dengan aki kering. *Deep cycle battery* memiliki struktur yang berbeda dengan *starting battery* yang terdapat pada struktur bentuk plat sel sekunder yang lebih besar atau tebal sehingga memiliki nilai resistansi yang lebih besar dan sifat unsur cairan elektrolit yang digunakan berupa gel sehingga pada bagian fisiknya tertutup rapat karena tidak diperlukan adanya proses pengisian atau penambahan (*Maintenance Free*) cairan terhadap *battery*. *Deep cycle battery* memiliki sifat karakteristik kinerja yang relatif stabil terhadap arus keluarannya yang konstan sehingga dapat mempertahankan kapasitasnya tetap optimal terhadap penurunan kualitas elektrolit atau *drop* tegangan saat perangkat tidak digunakan. Selain itu memiliki kurun waktu (*lifetime*) yang lebih lama dengan kualitas *duty cycle charger* dan *deep of discharger* (DOD) yang lebih besar [11].

2 Metodologi

Tahapan metode yang dilakukan dalam perakitan komponen pendukung PLTS serta mengumpulkan data-data yang berhubungan dengan pengujian Sistem Pembangkitan Listrik Tenaga Surya 400 watt sebagai Catu Daya Peralatan Informasi ditunjukkan pada Gambar 2.



■ **Gambar 2** Sistem Rangkaian Catu Daya PLTS

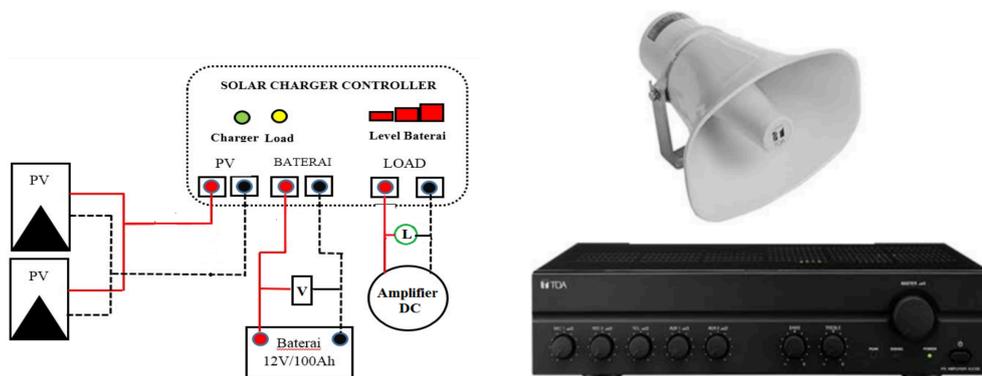
Baterai (*accu*) yang digunakan memiliki kapasitas 100Ah. Dalam melakukan pengujian arus dan tegangan keluaran panel dan solar charge controller dicari daya keluaran dari pengujian, menggunakan persamaan (1-5) [10, 12].

Pengambilan data berupa data penyinaran matahari di D.I. Yogyakarta yang mencakup wilayah desa singosaren, Imogiri, Bantul. Data tersebut diambil dari badan meteorologi dan geofisika (BMKG) kelas I DIY berikut Tabel 1. Data lama penyinaran dan suhu dalam proses perencanaan data perhitungan kebutuhan PLTS menggunakan nilai penyinaran terendah 3,7 jam/hari.

■ **Tabel 1** Data Lama Penyinaran Dan Suhu Sumber : BMKG,2015

No	Bulan	Solar insolasi(jam)	Suhu		No	Bulan	Solar insolasi(jam)	Suhu	
			Min	Max				Min	Max
1	Januari	5,6	24	32	7	Juli	8,6	23	32
2	Februari	6,4	24	33	8	Agustus	9,4	23	32
3	Maret	5,8	24	32	9	September	8,5	23	32
4	April	5,5	24	30	10	Oktober	8,6	21	31
5	Mei	8	23	31	11	Nopember	5	20	31
6	Juni	8,6	23	32	12	Desember	3,7	20	31
		Rata-rata					7,0	22,4	26,2

Sistem diagram pengawatan (*wiring diagram*) yang akan digunakan pada PLTS ditunjukkan pada Gambar 3a. Setelah mengetahui kebutuhan daya pada peralatan sistem informasi berdasarkan lama pemakaian ditunjukkan pada Gambar 3b. berupa peralatan sistem informasi



■ **Gambar 3 a.** Wiring Diagram PLTS



b. Peralatan Sistem Informasi

Kapasitas panel surya dapat dapat direncanakan dengan mempertimbangkan besarnya lama penyinaran matahari pada lokasi PLTS. Perhitungan kapasitas panel surya yang dibutuhkan dapat dihitung dengan persamaan 6 [12][14].

$$P_{panel\ surya} = \frac{EB}{Insolasi\ Matahari} \quad (6)$$

Berdasarkan perhitungan kapasitas panel surya yang dibutuhkan sebesar 28,53 Wp, namun kapasitas tersebut tidak tersedia oleh sebab itu dialihkan dengan panel surya dengan kapasitas 2 x 50=100 Wp. Dalam perencanaan ini selain digunakan untuk sumber informasi panel surya juga digunakan untuk penyedia catu daya backup sebagai alternatif menggunakan 2 buah panel surya berkapasitas 100 Wp dirangkai seri dengan asumsi menghasilkan nilai tegangan yang tinggi dan daya yang dihasilkan lebih besar (Lihat Gambar 4 a dan b).



■ Gambar 4 a. Panel Surya 2 x 100Wp

b. Baterai SHOTO 12V-100Ah

Solar charger controller sebagai peralatan pengatur proses *charger* dan proses *discharger* sehingga diharapkan dapat menjaga lifetime baterai dari *overcharger* dan *overdischarge*. Berdasarkan kebutuhan arus pada SCC digunakan dengan nilai arus minimal sebesar 8 ampere sehingga lebih baik menggunakan SCC dengan kapasitas 12 volt 10 ampere setara dengan 120 watt dengan tipe PWM (Gambar 5 a) [13].

Panel box control merupakan peralatan penempatan perangkat sistem control dimana didalamnya terdapat wiring diagram PLTS. Panel box digunakan untuk menyimpan peralatan sehingga akan lebih aman dan terlindung dari pengaruh lingkungan sekitar. Pada panel box terdapat indikator DC (Hijau) dan AC (Kuning) serta alat ukur voltmeter 15Vdc (kiri) dan 220 Vac (kanan) yang digunakan dalam sistem untuk mempermudah proses pengukuran data dan maintenance. Gambar 5 b merupakan contoh desain panel box dari PLTS.



■ Gambar 5 a. SCC PWM 12V-10A

b. Panel Box PLTS

3 Hasil dan pembahasan

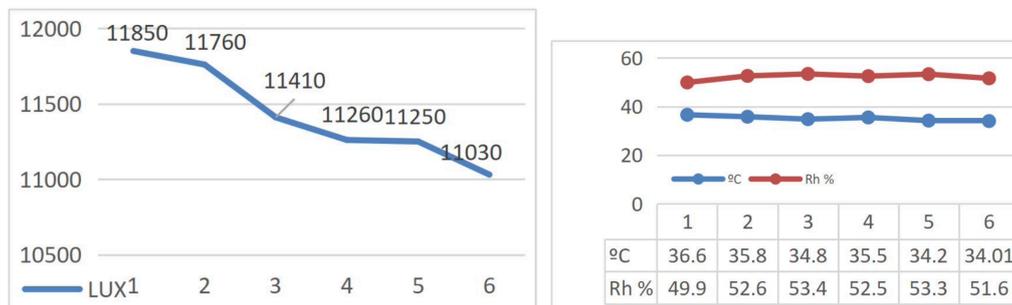
Hasil analisis panel surya akan mengacu pada tabel hasil dari pengujian. Rangkaian pengujian yang dilakukan selama 6 (enam) hari pada saat ini akan menganalisis 3 (tiga) tabel pengujian dengan tujuan untuk mengetahui garis besar faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan tegangan (V) dan arus (A), seperti intensitas cahaya matahari, suhu, dan kelembapan terhadap perubahan waktu setiap harinya. Pengujian panel surya dilakukan selama 6 (enam) terhitung dari pukul 05:00 17:00. Besarnya nilai rata-rata yang didapat selama pengujian terdapat pada Tabel 2.

■ **Tabel 2** Pengujian Tertinggi Panel Surya

No	Lux (x10)	Suhu (°C)	Rh (%)	Terminal Panel			Terminal Bateri		
				tegangan (V)	arus (A)	daya (W)	tegangan (V)	arus (A)	daya (W)
1	11860	36,6	49,9	18,53	4,12	76,34	12,93	4,38	56,63
2	11780	35,8	52,6	18,40	3,76	69,18	12,84	4,15	53,29
3	11450	34,8	53,4	18,26	3,66	66,83	12,94	3,46	44,77
4	11330	35,5	52,5	18,15	3,54	64,25	13,28	3,16	41,96
5	11250	34,2	53,3	18,10	2,15	38,92	13,57	2,66	36,10
6	11130	34,1	51,6	17,63	1,22	21,50	13,81	1,87	25,82

Hasil analisis panel surya akan mengacu pada tabel hasil dari pengujian. Rangkaian pengujian yang dilakukan selama 6 (enam) hari pada saat ini akan menganalisis 3 (tiga) tabel pengujian dengan tujuan untuk mengetahui garis besar faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan tegangan (V) dan arus (A), seperti intensitas cahaya matahari, suhu, dan kelembapan terhadap perubahan waktu setiap harinya.

Berdasarkan grafik pengujian tertinggi pengukuran panel surya selama 6 (enam) hari mengacu pada gambar grafik 10, menunjukkan bahwa intensitas matahari pada setiap hari, diperoleh nilai yang berbeda dikarenakan tingkat cuaca dan kondisi alam yang selalu berbeda yang akan memengaruhi hasil dari panel surya. Gambar grafik 6, berhubungan dengan perubahan intensitas matahari yang ditandai semakin tinggi nilai lux maka akan diikuti kenaikan pada temperatur suhu dan penurunan kelembapan.



■ **Gambar 6 a.** Pengujian intensitas (lux)

b. Pengujian suhu dan kelembapan

Perubahan lux yang semakin tinggi diikuti nilai tegangan dan arus yang meningkat ditunjukkan dengan nilai daya yang semakin meningkat pada pengujian hari pertama sebesar 610,42 watt. Nilai daya yang dihasilkan oleh panel surya tidak stabil, dikarenakan pengaruh dari perangkat SCC sehingga besarnya daya yang dihasilkan hanya untuk memenuhi kapasitas baterai. Selama pengujian 6 (enam) hari nilai daya tertinggi terdapat pada hari pertama sebesar 610,42W dengan nilai tegangan 18,53 V dengan arus 4,12 A besarnya intensitas cahaya 11860 lux dan suhu 36.6 °C terjadi pada pukul 13:00 wib. Nilai daya tertinggi yang dihasilkan panel surya terdapat pada pukul 12:00 14:00 wib.

Data Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran daya, selama 6 (enam) hari pengujian dengan rentang penyinaran pukul 06:0017:00 hasil total daya yang dihasilkan cukup besar namun tidak dapat stabil dikarenakan semakin besar intensitas matahari akan menghasilkan nilai tegangan dan arus yang tinggi dan nilai suhu lingkungan yang tinggi akan memengaruhi nilai arus yang meningkat diikuti dengan perubahan kelembapan yang semakin menurun.

■ **Tabel 3** Total daya panel surya

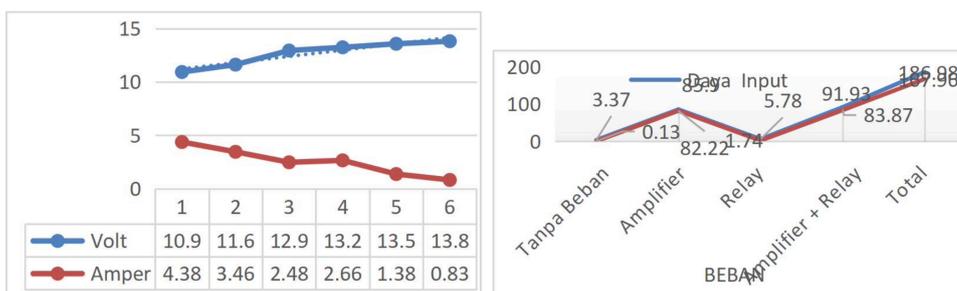
Pengujian Daya selama 6 hari didapatkan hasil			
Pengukuran	Daya (watt)	Pengukuran	Daya (watt)
Pertama	610.42	Keempat	306.46
Kedua	548.81	Kelima	219.31
Ketiga	391.06	Keenam	150.41

Untuk mengetahui daya perhitungan maksimal yang dihasilkan oleh panel surya maka harus mengetahui nilai FF dapat diselesaikan dengan persamaan 2 dengan hasil $FF = 0,629$. Setelah mengetahui nilai FF (*fill factor*) maka besarnya daya maksimal dapat dihitung dengan persamaan 1 dengan hasil $P_{max} = 83,40$ watt.

Berdasarkan perhitungan daya maksimal tersebut besarnya daya yang dihasilkan selama pengujian memiliki selisih perbedaan hal tersebut dapat terjadi karena beberapa faktor baik dari proses pengukuran dan tingkat ketelitian dalam proses pengujian. Untuk menghitung nilai efisiensi konversi daya yang diserap dapat dihitung dengan persamaan 3. Didapatkan nilai efisiensi $\eta = 97\%$. Nilai efisiensi sebesar 97% yang menandakan bahwa kondisi panel surya dalam keadaan baik dalam menerima dan mengonversikan cahaya yang mengenai panel surya.

Selanjutnya untuk dapat mengetahui besarnya daya rata-rata yang dihasilkan oleh panel surya selama 6 (enam) hari pengujian dengan hasil $P_{rerata} = 347,07$ watt/hari. Berdasarkan perhitungan daya rata-rata yang dihasilkan oleh panel surya selama 6 (enam) hari pengujian yang ditentukan berdasarkan total daya yang diperoleh setiap harinya selama 12 jam penyinaran terhitung dari pukul 05:00 - 17:00 wib dan menghasilkan daya rata-rata selama 6 (enam) hari sebesar 347,1 watt/hari. Besarnya daya yang dihasilkan akan digunakan untuk mencharger baterai dengan melalui perangkat SCC.

Pengujian proses charger dilakukan dengan tidak menambahkan beban yang terhubung dengan terminal load dan pengujian akan dilakukan selama 6 (enam) hari terhitung dari pukul 06:00 - 17:00 dengan kondisi baterai kosong sehingga dapat diketahui besarnya tegangan (V) dan arus (A) yang dihasilkan oleh panel surya untuk melakukan proses charger. Mengacu pada Tabel 3, Gambar 7 menunjukkan nilai tertinggi tegangan dan arus charger.



■ **Gambar 7 a.** Nilai tegangan dan arus charger

b. Proses Discharger Beban

Setelah melakukan tahapan pengujian selama 6(enam) hari dengan indeks penyinaran 12 jam perhari besarnya total daya yang didapat untuk proses charger sebesar 2226,47 watt maka dapat diketahui nilai efisiensi pada proses charger adalah $\eta = 61,29\%$. Batas tegangan operasional minimal yang dapat dilakukan oleh peralatan SCC terdapat pada tegangan 10.52 volt yang menandakan posisi *cut off* dari perangkat untuk memutus hubungan ke beban dan kembali beroperasi pada tegangan baterai mencapai titik tegangan 12.00 volt.

Kondisi tersebut dimana peran perangkat SCC sebagai proteksi tegangan rendah pada baterai sehingga baterai tidak mengalami kerusakan dikarenakan tetap dipaksa bekerja ketika tegangan sudah melewati limit bawah.

4 Kesimpulan

Setelah melakukan berbagai pengukuran data sehingga dapat dilakukan analisis terhadap peralatan pada PLTS, maka dapat disimpulkan:

1. Selama pengujian panel surya faktor yang mempengaruhi perubahan nilai tegangan dan arus pada panel surya diakibatkan perubahan intensitas matahari (lux) dan suhu lokasi °C. Nilai tegangan tertinggi sebesar 18.73 volt dan arus tertinggi sebesar 4.52 amper dengan nilai intensitas cahaya tertinggi 118500 lux diikuti nilai suhu tertinggi sebesar 36.6 °C dan nilai kelembaban 49.9 % Rh.
2. Selama proses 6 (enam) hari pengujian besarnya daya yang dibangkitkan oleh panel surya sebesar 2226,46 watt dengan nilai rata-rata 371,07 watt daya tersebut sudah melebihi kapasitas daya baterai jika dapat dimanfaatkan dengan baik oleh peralatan SCC dengan meminimalisir daya yang terbuang namun pada realitanya besarnya daya yang didapat untuk proses *charger* hanya 1364,62 watt dengan nilai rata-rata sebesar 227,44 watt perharinya. Besarnya efisiensi konversi energi pada panel surya sebesar 97 %.
3. Penggunaan solar charger controller tipe PWM bekerja sebagai perangkat pengatur proses *charger* dan *discharger* baterai dengan efisiensi sebesar 89%. SCC tipe PWM tidak dapat mempertahankan nilai daya maksimal yang dihasilkan oleh panel surya sehingga banyak daya yang terbuang dalam proses *charger* dikarenakan hanya mengikuti kondisi kapasitas dari baterai karena tidak terdapat hubungan antara terminal panel surya dengan terminal beban sehingga daya yang dihasilkan hanya untuk proses *charger*.

Pustaka

- 1 PerMen, "Peraturan menteri esdm nomor 04 tahun 2020 tentang perubahan kedua atas peraturan menteri esdm nomor 50 tahun 2017," 2020, bab X, Bagian 1 pasal 287–298. Tersedia di: <https://jdih.esdm.go.id/storage/document/Permen>
- 2 H. B. Nurjaman and T. Purnama, "Pembangkit listrik tenaga surya (plts) sebagai solusi energi terbarukan rumah tangga," *Jurnal Edukasi Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 136–42, 2022.
- 3 B. A. Pramudita, B. S. Aprillia, and M. Ramdhani, "Analisis ekonomi on grid plts untuk rumah 2200 va," *Jurnal Listrik, Instrumentasi, dan Elektronika Terapan*, vol. 1, no. 2, 2021.
- 4 A. Y. Dewi *et al.*, "Pemanfaatan energi surya sebagai suplai cadangan pada laboratorium elektro dasar di institut teknologi padang," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 2, no. 3, pp. 20–28, 2013.
- 5 M. Suyanto, T. Rusianto *et al.*, "Development of a household solar power plant: System using solar panels," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 807, no. 1. IOP Publishing, 2020, p. 012007.
- 6 Sucipto, "trainer pembangkit listrik tenaga surya," 2013, jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
- 7 B. H. Purwoto, J. Jatmiko, M. A. Fadilah, and I. F. Huda, "Efisiensi penggunaan panel surya sebagai sumber energi alternatif," *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 18, no. 1, pp. 10–14, 2018.
- 8 J. Heri, "Pengujian sistem pembangkit listrik tenaga surya solar cell kapasitas 50wp," *Engineering: Jurnal Bidang Teknik*, vol. 3, no. 1, 2012.

- 9 H. Asyari, Jatmiko, and Angga, "Intensitas cahaya matahari terhadap daya keluaran panel sel surya," in *Simposium Nasional Ke-11 RAPI 2012*. Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2012, pp. E52–E57.
- 10 H. Kristiawan, I. Kumara, and I. Giriantari, "Potensi pembangkit listrik tenaga surya atap gedung sekolah di kota denpasar," *Jurnal Spektrum*, vol. 6, no. 4, 2019.
- 11 A. P. Adityawan, D. D. Cahya, and M. Legowo Sulistijono, "Sistem pengisian batteray lead acid secara adaptive," 2013, jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Kampus PENS-ITS Sukolilo, Surabaya.
- 12 R. Rafli, J. Ilham, and S. Salim, "Perencanaan dan studi kelayakan plts rooftop pada gedung fakultas teknik ung," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 4, no. 1, pp. 8–15, 2022.
- 13 N. Sartika, A. N. R. Fajri, and L. Kamelia, "Perancangan dan simulasi sistem pembangkit listrik tenaga surya (plts) atap pada masjid jammi'al-muhajirin bekasi," *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 25, no. 1, pp. 1–9, 2023.