

DESAIN MODUL PLTS MENGGUNAKAN BATTERY MANAGEMENT SYSTEM PADA BATTERY LI – ION

Muhamad Syariful Wafa¹, Adhi Kusmanto², Margono³

^{1,2}Universitas PGRI Semarang

Jl. Sidodadi Timur Jalan Dokter Cipto No.24, Karangtempel, Kec. Semarang Tim., Kota Semarang,
Jawa Tengah 50232

^{1,2}Universitas PGRI Semarang

Jl. Sidodadi Timur Jalan Dokter Cipto No.24, Karangtempel, Kec. Semarang Tim., Kota
Semarang, Jawa Tengah 50232

email: *¹muhamadsyarifulw@gmail.com ²adihits17@yahoo.com ³margono.27@gmail.com

Abstrak— Energi listrik saat ini masih menggunakan bahan bakar fosil. Indonesia merupakan negara tropis sehingga mempunyai kelebihan sinar matahari. Pemanfaatan sinar matahari dapat digunakan untuk pembangkit listrik tenaga surya, pembangkit listrik tenaga surya merupakan salah satu energi terbarukan dimana pemanfaatan cahaya matahari bisa diubah menjadi energi listrik. Intensitas cahaya matahari dan keadaan cuaca dapat mempengaruhi tegangan dan arus listrik yang dihasilkan dari panel surya.. Alat yang digunakan disini adalah sel surya, karena dapat mengkonversikan langsung radiasi sinar matahari menjadi energi listrik (proses photovoltaic). Agar energi surya dapat digunakan pada malam hari, maka pada siang hari energi listrik yang dihasilkan disimpan terlebih dahulu ke baterai yang dikontrol oleh SCC. Berkembangnya kebutuhan akan penyimpanan energi menyebabkan kebutuhan baterai semakin meningkat misalnya pada penggunaan baterai litium hal tersebut dikarenakan baterai litium ion memiliki banyak kelebihan mulai dari kerapatan energi yang tinggi hingga perawatannya yang mudah. Baterai lithium ion yang dihubungkan secara seri memberikan masalah teknis berupa ketidak seimbangan tegangan yang terjadi pada battery pack. Pada penelitian ini dibuat sistem penyeimbangan tegangan sel baterai dengan menggunakan topologi flyback converter arsitektur pack to cell, dimana energi pada pack yang memiliki tegangan paling tinggi akan ditransfer ke sel untuk menyeimbangkan tegangan antar sel. Battery pack yang digunakan memiliki konfigurasi 3S 5P, pada BMS yang dirancang memiliki tiga fitur utama yaitu monitoring, balancing, dan proteksi. Hasil pengujian menunjukkan performa BMS untuk monitoring nilai tegangan dan nilai arus memiliki akurasi sebesar 99,99% dan 91,7%. Pada fitur balancing lama waktu yang dibutuhkan untuk melakukan penyeimbangan tegangan baterai bergantung pada besarnya perbedaan tegangan antar baterai dan banyaknya baterai yang memiliki nilai tegangan yang berbeda. Pada fitur proteksi dapat melakukan kinerja yang baik saat mengatasi masalah overcharge.

Kata kunci : Panel Surya, Photovoltaic, PLTS, BMS, Baterai Pack Li - ion

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan listrik baik untuk kalangan industri, perkantoran, maupun masyarakat umum dan perorangan sangat meningkat. Listrik merupakan salah satu mata dunia yang tidak dapat dilihat dengan kasat mata, tetapi dapat dinikmati oleh pemakainya (manusia itu sendiri). Namun, peningkatan kebutuhan listrik ini tidak diiringi oleh penambahan pasokan listrik untuk konsumen sehingga perusahaan listrik di Indonesia khususnya PLN (Perusahaan Listrik Negara) menghimbau kepada seluruh konsumennya agar melakukan penghematan listrik dari pukul 17.00 – 22.00. Dengan cara ini diharapkan krisis ketenagalistrikan tidak terjadi atau paling tidak dapat diminimalisir sedini mungkin. Selain itu krisis ketenagalistrikan terjadi karena pasokan bahan bakar utama seperti batu bara pada PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) dan PLTGU (Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap) pasokannya sudah mulai menipis karena sudah

terlalu sering ditambang dari perut bumi. Berdasarkan beberapa permasalahan diatas, penyusun memiliki alternative lain agar terjadinya krisis ketenagalistrikan dapat diminimalisir. Atau paling tidak, bagi para konsumen yang ingin memasang saluran listrik baru yang daerahnya belum disambung aliran listrik dari PLN terutama di daerah – daerah terpencil bias menikmati energi listrik. Dengan dasar inilah penyusun mencoba untuk merancang sebuah pembangkit listrik dengan memanfaatkan energi cahaya matahari (energi surya).

Dimana energi listrik tenaga surya ini dimanfaatkan sebagai energi listrik alternatif khususnya bagi perumahan di daerah-daerah terpencil ataupun untuk keperluan lainnya. Pemanfaatan energi surya ini dipilih karena, di Indonesia merupakan negara tropis yang berada di jalur khatulistiwa. Didalam memanfaatkan energi surya ini penyusun mencoba untuk menggunakan proses fotovoltaik, yaitu dengan cara mengkonversikan secara langsung energi surya menjadi energi listrik. Dimana hal

ini hanya bisa dilakukan dengan menggunakan suatu bahan yang umum dinamakan dengan nama sel surya (solar cell). Sel surya ini hanya dapat bekerja dengan optimal jika sel surya ini mendapat sinar matahari. Dengan dirancangnya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) ini diharapkan bagi konsumen baik itu di daerah pedesaan / terpencil maupun bagi konsumen lainnya yang berminat, dapat menikmati energi listrik dengan cara membuat sendiri sebuah PLTS sesuai dengan perancangan yang penyusun berikan.

II. STUDI PUSTAKA (OPTIONAL)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Veromita, V., & Aminata, J, yang dipublikasikan tahun 2018 dengan judul Analisis Permintaan Listrik di Jawa Tengah (Doctoral dissertation, Fakultas Ekonomi dan Bisnis), dijelaskan energi listrik sangat penting bagi kehidupan terutama di zaman modern seperti sekarang ini. Listrik dibutuhkan untuk hampir semua hal yang kita gunakan setiap hari. Kebutuhan akan listrik akan meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan hal-hal baru yang dibangun, tetapi tidak ada cukup listrik untuk memenuhi permintaan ini.

Battery management system merupakan suatu sistem elektronik yang berfungsi untuk mengatur, memonitoring dan menjaga baterai dari suatu kondisi yang dapat menyebabkan kerusakan pada baterai. Mengacu pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Fan Zhang tentang desain dan pengujian hybrid balancing dengan aktif balancing untuk tiap module dan pasif untuk tiap cell. Adapun pengujian dilakukan dengan menjalankan uji kecepatan balancing, uji akurasi SOC, dan uji akurasi balancing. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa sistem penyeimbang baterai berjalan namun sangat lamban. Sistem penyeimbang membutuhkan waktu 12 jam 54 menit untuk menyeimbangkan baterai dengan perbedaan tegangan 0.9V. sedangkan sistem monitoring baterai dapat memprediksi sisa tegangan dengan baik saat dilakukan charging dan discharging.

Pada tahun 2016, Jun Xu membahas tentang pengoptimalan baterai manajemen sistem dari masalah gangguan. Akibat dari gangguan ini menyebabkan tidak maksimalnya performa dari baterai yang digunakan. Dalam konsepnya jenis gangguan tersebut dapat diprediksi dengan beberapa cara, dengan kata lain ketika terjadi gangguan, battery management system (BMS) harus segera mendeteksi gangguan apa yang terjadi pada baterai. Dengan menggunakan metode Current Disturbance Estimation Method didapati bahwa simulasi yang dilakukan menunjukkan bahwa dengan metode ini dapat meminimalkan nilai gangguan yang ada dan dapat memproses nilai gangguan tersebut. Sistem BMS yang seharusnya dapat melindungi baterai dari berbagai macam gangguan dituntut cepat dan akurat dalam memberikan sinyal respon. Dengan metode ini telah memperlihatkan tingkat keakuratan dalam merespon gangguan baterai dan sudah diusulkan sebagai acuan metode yang digunakan pada sistem battery management system.

Pada tahun 2019, Hasyim Abdulloh telah melakukan penelitian tentang battery management system menggunakan metode pasive balancing. pada penelitian ini menunjukkan bahwa metode pasive balancing merupakan sistem balancing yang ditujukan untuk menghabiskan nilai muatan tegangan pada tiap cell dengan menggunakan nilai hambatan tertentu dengan acuan nilai tegangan terendah pada suatu cell. Dari hasil pengujiannya didapatkan bahwa nilai muatan yang dihabiskan oleh nilai hambatan tersebut disalurkan menjadi energi panas. Oleh karena itu dibutuhkan nilai resistor yang cukup besar yaitu sebesar 10k ohm. Dengan begitu nilai muatan pada tiap cell akan turun dan mengacu pada cell terendahnya

Panel surya merupakan sebuah media pengkonversi energi surya menjadi energi listrik (Anhar et al., 2017). Proses pengubahan energi pada panel surya dilakukan melalui paparan radiasi matahari (foton) yang akan ditangkap oleh panel surya dan foton tersebut akan menghantam atom semikonduktor hingga dapat

memisahkan elektron dari struktur atomnya. Hal ini yang menimbulkan elektron menjadi dua jenis, yaitu elektron yang bermuatan negatif yang bergerak bebas pada pita konduksi dari material semikonduktor dan elektron bermuatan positif yang kehilangan struktur elektronnya, dimana hal inilah yang menimbulkan arus listrik (Yudhi, 2022).

Pada keluaran energi listrik yang dihasilkan panel surya akan menunjukkan bahwa semakin besar temperatur permukaan dari temperatur kerja panel surya, maka tegangan yang dihasilkan akan semakin kecil dan arusnya cenderung tetap (Suwarti, Wahyono, 2018). Umumnya, semakin tinggi efisiensi sebuah panel surya, semakin banyak daya yang dapat diserap oleh panel surya (Raditya, 2017)

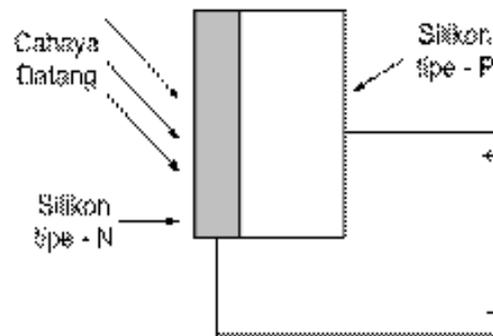
Dalam penelitian yang dilakukan oleh *Ambarita, H., & Nasution*, yang dipublikasikan tahun 2018 dengan judul *Teknologi Pengisian Baterai Menggunakan Tenaga Surya di Ds. Penangguhan*, pada jurnal *Soliditas Aplikasi dan Inovasi Ilmu (J-SOLID)*. 1(2), 53-58, dibahas mengenai kebutuhan listrik terus meningkat, tetapi berkurangnya ketersediaan bahan bakar pembangkit energi seperti minyak, gas alam, dan batu bara. Hampir setiap bagian masyarakat menggunakan listrik, dan ini adalah sumber utamanya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh *Nugroho, M. F., & Sitorus, M.T.B.*, yang dipublikasikan tahun 2021 dengan judul *—Perhitungan Efisiensi dan Rasio Perfoma pada Sistem PLTS 250 kWp PT. Jembo Energindo Menggunakan Software PVSystl (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Siliwangi)*, Pembangkit listrik tenaga surya ini dapat dibangun di Indonesia karena terletak antara 6°LU dan 11°LS dan 95°BT dan 141°BT. Terletak di khatulistiwa, negara ini menikmati rata-rata tujuh jam sinar matahari per hari dan maksimal empat jam sinar matahari setiap hari. Berdasarkan *SNI 8395:2017*, sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menggunakan sel fotovoltaik untuk menghasilkan listrik dari energi matahari. Untuk menghasilkan listrik, sistem fotovoltaik mengandalkan sinar matahari. Jumlah listrik yang dihasilkan oleh sel fotovoltaik tergantung pada seberapa banyak radiasi matahari (iradiasi) yang mengenainya. Pada penelitian yang dilakukan oleh *Sugirianta dkk*, yang dipublikasikan tahun 2019 dengan judul *—Modul Latihan PLTS On-Grid Berbasis Inverter Mikrol*, Dibahas bahwa daya paling besar yang dapat dihasilkan PLTS adalah 142,37 watt pada pukul 12.00, dan mampu mengirimkan daya paling besar ke PLN sebesar 115,41 watt, secara bersamaan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh *Harahap, P.* yang dipublikasikan tahun 2019, dengan judul *—Implementasi Karakteristik Arus dan Tegangan PLTS pada Peralatan Trainer Energi Terbarukan*, dipublikasikan pada Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU (vol. 2, no. 1, hlm. 152-157), energi surya dipilih sebagai alternatif pembangkit listrik. Dengan kemampuan untuk secara langsung mengubah sinar matahari menjadi energi listrik, sel surya sangat ideal untuk kasus penggunaan ini (proses fotovoltaik). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh *Marpaung, C.O., Siahaan, U., Saputra, S. A., Munthe, S. H., & Sibarani, R.* yang dipublikasikan tahun

2021, dengan judul: *—Sosialisasi Potensi Energi Lokal Untuk Meningkatkan Perekonomian Masyarakat di Pulau Tidung, Kepulauan Seribu, Kotamadya Jakarta Utara, Provinsi DKI Jakarta*, pada bulan Januari, merupakan bulan dengan pembangkit listrik terendah, sistem PV tetap ruang terbuka di Pulau Tidung menghasilkan output bulanan rata-rata 2,85 kWh/kWp. Bulan September adalah bulan dengan pembangkitan listrik tertinggi, dengan 4,27 kWh/kWp. Namun pada bulan Juni dan Juli, Performance Ratio paling besar yaitu sebesar 76,3 persen. Bulan September adalah bulan dengan tingkat terendah 75,2 persen. Standar akses energi di kawasan Pulau Tidung tidak dipenuhi oleh PT. PLN yang terbatas pada konektivitas (penyambungan kabel listrik dari PT PLN ke konsumen).

Sigalingging (1994:1) menyatakan bahwa pada umumnya sel surya memiliki ketebalan minimum 0.3 mm, yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub Positif dan Negatif. Wasito (1995:164) menyatakan bahwa dioda listrik surya / sel surya merupakan suatu dioda yang dapat mengubah energi surya / matahari secara langsung menjadi energi listrik (berdasarkan sifat foto elektrik yang ada pada setengah penghantar). Sel surya ini biasanya berbentuk dioda pertemuan P – N yang memiliki luas penampang tertentu. Semakin luas permukaan atau penampang sel, semakin besar arus yang akan diperoleh. Satu sel surya dapat menghasilkan beda potensial sebesar 0.5V DC (dalam keadaan cahaya penuh). Beberapa sel dapat dideritkan guna memperoleh tegangan 6, 9, 12, 24V, dan seterusnya. Sel surya dapat pula dijumparkan guna memperoleh arus keluaran lebih besar. Bahan dasar dari sel surya adalah Silikon, dimana Fosfor digunakan untuk menghasilkan Silikon tipe – N dan Boron digunakan sebagai pencemar untuk memperoleh bahan tipe – P.

Untuk struktur dari sel surya dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 1 Struktur Sel Surya

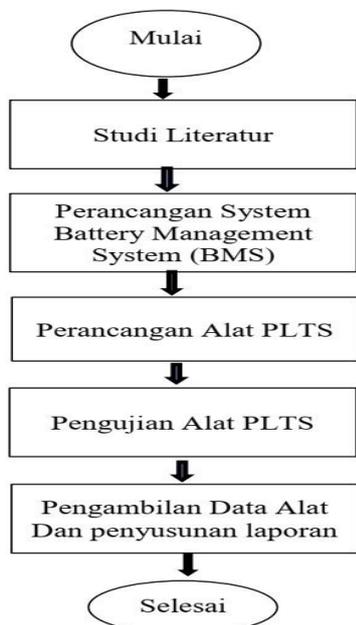
(Sumber : Wasito, *Vademekum Elektronika*, 1995:165)

III. METODE/DESAIN

A. Metode Penelitian

Penelitian dan pembuatan desain modul Percobaan ini dilakukan diantaranya dengan merancang panel surya, merancang baterai Li-ion 18650 di rangkai 3 seri dan 5 paralel , pengujian waktu dilakukan penelitian dan seberapa

besar kemungkinan tegangan dan arus yang dapat dihasilkan dari panel surya dan baterai tersebut serta mempertimbangan tegangan dan arus yang dapat dihasilkan. dilakukan untuk mengetahui perbandingan kualitas antara Batearai aki dengan Baterai Li – ion yang di beri BMS apakah di buat PLTS atau tidak, Perancangan dan penelitian desain modul PLTS menggunakan battery management system pada battery li – ion berada Jl. Kangurul No.17, Gayamsari, Kec. Gayamsari, Kota Semarang, Jawa Tengah 50248. ada bebrapa tahapan dalam pembuatan desain modul ini yaitu :



Gambar 2. Flowchart simulasi PLTS

B. Tahapan Pembuatan Desain Modul PLTS

Perancangan dan desain rangkaian Dalam perancangan dan desain rangkaian dilakukan beberapa tahapan – tahapan, diantaranya :

- Penentuan panel surya yang digunakan, sehingga dalam penggunaannya tidak terjadi kerusakan pada panel surya itu sendiri.

□ Perancangan dan desain rangkaian Dalam perancangan dan desain rangkaian dilakukan beberapa tahapan – tahapan, diantaranya :

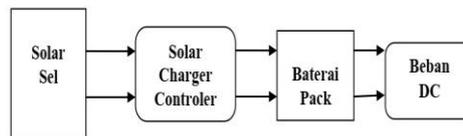
- Perancangan System Battery Management System (BMS)
- Penentuan panel surya yang digunakan, sehingga dalam penggunaannya tidak terjadi kerusakan pada panel surya itu sendiri.
- Penentuan komponen Regulator yang akan digunakan, sehingga

dalam aplikasinya tidak terjadi kesalahan penggunaan yang berakibat kurang baik atau dapat merusak panel surya maupun peralatan listrik yang dicatu nantinya. – Dari segi penggunaan komponen, juga dipertimbangkan segi ekonomis dan kondisi yang ada dipasaran, sehingga dalam pencarian komponen tidak mengalami kesulitan.

- Dari segi estetika, desain alat agar dapat dibuat sedemikian rupa sehingga rapi, menarik dan aman dalam penggunaannya.

C. Perancangan Alat

Dalam membuat suatu alat agar kegunaannya tepat dan bisa melayani kebutuhan beban dengan baik harus melalui tahap – tahap perencanaan / perancangan. Secara garis besarnya, alat atau *proto type* yang dibuat tentu memiliki bagian – bagian atau blok – blok rangkaian yang saling mendukung dan terkait antara blok rangkaian yang satu dengan blok rangkaian yang lain seperti pada gambar diagram blok dari Simulasi PLTS yang dibuat berikut ini :



Gambar 3. Blok Diagram Alat

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang dilakukan untuk mengetahui perbandingan besarnya tegangan, arus dan daya yang dihasilkan oleh panel surya dan baterai melalui scc. Pengujian dilakukan dalam waktu tujuh hari dan dilakukan pengambilan data setiap satu jam sekali. Penelitian menggunakan 1 buah panel surya dengan kemampuan panel 100Wp, Seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 4. Pengukuran Pada Panel Surya

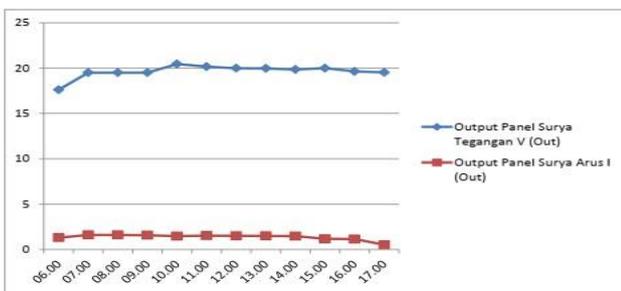


Gambar 5 Pengukuran pada baterai

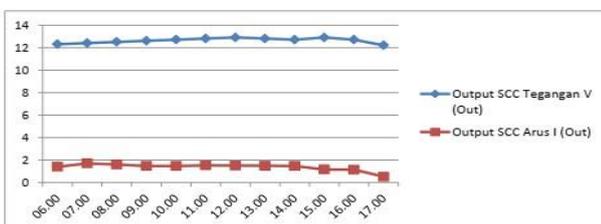
dipasang pada tempat yang terpapar sinar matahari secara langsung. Dari hasil pengukuran panel surya rata-rata pengukuran keluaran Panel Surya dan Baterai selama 7 hari, selama 12 jam maka hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel berikut :

No	Waktu	Output Panel Surya		Output SCC	
		Tegangan V (Out)	Arus I (Out)	Tegangan V (Out)	Arus I (Out)
1.	06.00	12,6	1,31	12,3	1,41
2.	07.00	19,5	1,61	12,4	1,71
3.	08.00	19,5	1,61	12,5	1,61
4.	09.00	19,5	1,58	12,6	1,48
5.	10.00	20,45	1,48	12,7	1,48
6.	11.00	20,16	1,53	12,8	1,53
7.	12.00	19,98	1,51	12,9	1,51
8.	13.00	19,96	1,50	12,8	1,50
9.	14.00	19,84	1,48	12,7	1,48
10.	15.00	19,99	1,18	12,9	1,17
11.	16.00	19,63	1,15	12,7	1,15
12.	17.00	19,52	0,53	12,2	0,53

Tabel 4.1 Penelitian Hari Pertama



Gambar 4. Grafik Output Panel Surya



Gambar 5. Grafik Output Scc

Pada tabel 4.2 Dari data pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dapat dilihat bahwa tegangan keluaran dari panel surya memiliki nilai sekitar 12,6 V–20,45 V. Namun nilai tegangan keluaran dari solar charger controller lebih stabil, yaitu memiliki nilai sekitar 12,5 V. Keadaan ini sama setiap jamnya, ini terjadi karena di dalam solar charger controller terdapat rangkaian pengatur tegangan dan arus. Oleh karena itu, pengisian baterai pada setiap jamnya akan selalu stabil, sehingga pengisian muatan yang berlebihan (overcharging) tidak akan terjadi. Jadi, walaupun panel surya menghasilkan tegangan nominal 20 V, maka akan dihasilkan tegangan pengisian baterai yang stabil yaitu sekitar 12,6 V dengan bantuan pengontrol. Hal ini bertujuan agar baterai tidak cepat rusak, dibandingkan apabila panel surya langsung dihubungkan ke baterai tanpa melewati solar charger controller. Proses pengisian sangat tergantung dari kondisi tingkat kecerahan sinar matahari. Jika panel surya mendapatkan pancaran sinar matahari pada saat cuaca yang sangat terik, maka tegangan dan arus yang didapat akan besar dan lebih cepat diterima. Sebaliknya, jika cuaca mendung atau panel surya kurang mendapatkan pancaran sinar matahari, maka tegangan dan arus yang didapat selama proses pengisian baterai akan menurun dan lambat.

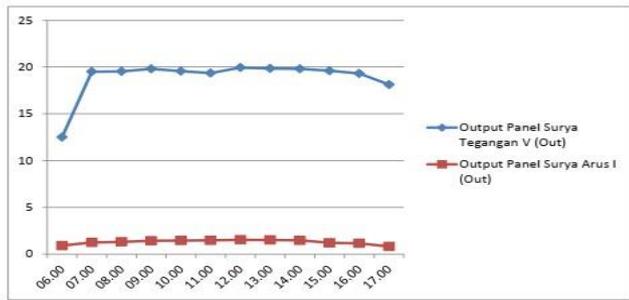
4.3 Hasil Pengukuran Hari kedua

Pengukuran tegangan pada keluaran dari panel surya dan Solar Charger Controller (SCC) dilakukan Jl. Kanguru 1 No.17, Gayamsari, Kec. Gayamsari, Kota Semarang, Jawa Tengah 50248.. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan multimeter digital. Percobaan dimulai pada pukul 06:00 WIB sampai dengan pukul 17:00 WIB. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

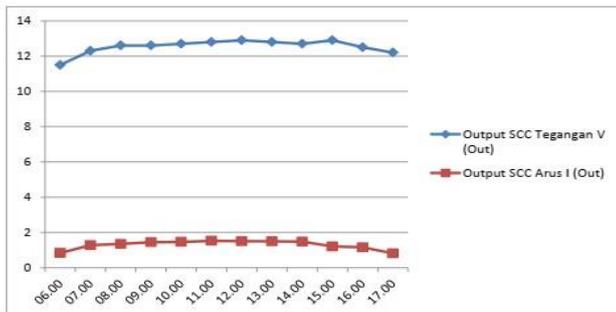
No	Waktu	Output Panel Surya		Output SCC	
		Tegangan V (Out)	Arus I (Out)	Tegangan V (Out)	Arus I (Out)
1.	06.00	12,5	0,92	11,5	0,84
2.	07.00	19,50	1,25	12,3	1,28
3.	08.00	19,53	1,31	12,6	1,35
4.	09.00	19,8	1,43	12,6	1,45
5.	10.00	19,55	1,45	12,7	1,47
6.	11.00	19,35	1,48	12,8	1,53
7.	12.00	19,93	1,53	12,9	1,51
8.	13.00	19,84	1,52	12,8	1,50
9.	14.00	19,80	1,48	12,7	1,48
10.	15.00	19,60	1,21	12,9	1,21
11.	16.00	19,3	1,16	12,5	1,16

12.	17.00	18,12	0,82	12,2	0,82
-----	-------	-------	------	------	------

Tabel 4. 2 Penelitian hari kedua



Gambar 6. Grafik Output Panel Surya



Gambar 7. Grafik Output Scc

Pada tabel 4.3 Dari data pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dapat dilihat bahwa tegangan keluaran dari panel surya memiliki nilai sekitar 12,5 V 19,93 V. Namun nilai tegangan keluaran dari solar charger controller lebih stabil, yaitu memiliki nilai sekitar 12,5 V. Keadaan ini sama setiap jamnya, ini terjadi karena di dalam solar charger controller terdapat rangkaian pengatur tegangan dan arus. Oleh karena itu, pengisian baterai pada setiap jamnya akan selalu stabil, sehingga pengisian muatan yang berlebihan (overcharging) tidak akan terjadi. Jadi, walaupun panel surya menghasilkan tegangan nominal 19 V, maka akan dihasilkan tegangan pengisian baterai yang stabil yaitu sekitar 12,6 V dengan bantuan pengontrol. Hal ini bertujuan agar baterai tidak cepat rusak, dibandingkan apabila panel surya langsung dihubungkan ke baterai tanpa melewati solar charger controller.

Proses pengisian sangat tergantung dari kondisi tingkat kecerahansinar matahari. Jika panel surya mendapatkan pancaran sinar matahari pada saat cuaca yang sangat terik, maka tegangan dan arus yang didapat akan besar dan lebih cepat diterima. Sebaliknya, jika cuaca mendung atau panel surya kurang mendapatkan pancaran sinar matahari, maka tegangan dan arus yang didapat selama proses pengisian baterai akan menurun dan lambat. Seperti pada Tabel 4.2, dimana tegangan yang dihasilkan oleh panel surya adalah sebesar 20,45 V dan arusnya 1,71 A. Ini merupakan daya yang tertinggi yang dihasilkan oleh panel surya dalam sehari. Namun, arus dan tegangan yang di distribusikan untuk mengisi baterai sangat stabil karena telah diatur oleh solar charger controller, sehingga besaran keluarannya

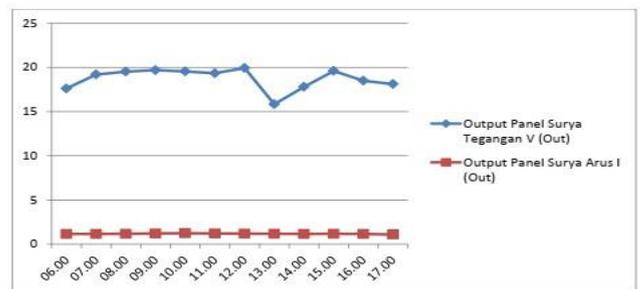
menjadi hanya sebesar 12,6 V dan arusnya sebesar 1,48 A. Tetapi di setiap harinya tentu berbeda karena keadaan cuaca sangat mempengaruhi daya yang dihasilkan.

4.4 Hasil Pengukuran Hari Ketiga

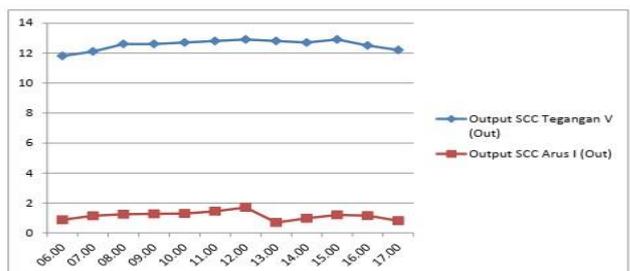
Pengukuran tegangan pada keluaran dari panel surya dan Solar Charger Controller (SCC) dilakukan Jl. Kanguru I No.17, Gayamsari, Kec. Gayamsari, Kota Semarang, Jawa Tengah 50248.. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan multimeter digital. Percobaan dimulai pada pukul 06:00 WIB sampai dengan pukul 17:00 WIB. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel di bawah ini

No	Waktu	Output Panel Surya		Output SCC	
		Tegangan V (Out)	Arus I (Out)	Tegangan V (Out)	Arus I (Out)
1.	06.00	19,50	1.15	11,8	0,88
2.	07.00	19,50	1.15	12,1	1,15
3.	08.00	19,53	1.17	12,6	1,25
4.	09.00	19,7	1.20	12,6	1,28
5.	10.00	19,55	1.23	12,7	1,30
6.	11.00	19,35	1.20	12,8	1,45
7.	12.00	19,93	1.19	12,9	1,71
8.	13.00	15,84	1.17	12,8	0,70
9.	14.00	17,80	1.15	12,7	0,98
10.	15.00	19,60	1.17	12,9	1,21
11.	16.00	18,5	1.15	12,5	1,16
12.	17.00	18,12	1.09	12,2	0,82

Tabel 4. 3 Penelitian Hari Ketiga



Gambar 8. Grafik Output Panel Surya



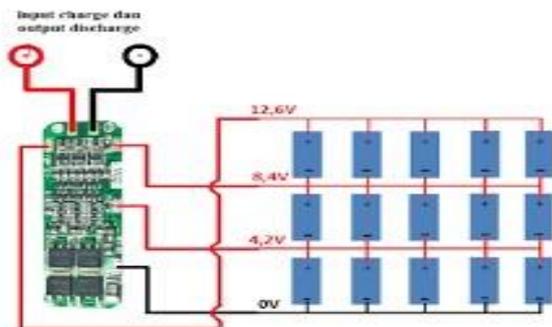
Gambar 9. Grafik Output SCC

Dari data pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dapat dilihat pada tabel 4.4 bahwa tegangan keluaran dari panel surya memiliki nilai sekitar 19,9 V.

Namun nilai tegangan keluaran dari *solar charger controller* lebih stabil. Keadaan ini sama setiap jamnya, ini terjadi karena di dalam *solar charger controller* terdapat rangkaian pengatur tegangan dan arus. Panel surya mendapatkan pancaran sinar matahari pada saat cuaca yang terik pada pukul 12:30 sampai pukul 13:00 dengan nilai tegangan 19,9 V. Kemudian cuaca menjadi berawan mulai pukul 13:15 sampai pukul 14.15, dalam hal ini nilai tegangan mengalami penurunan tegangan 15,84 . Lalu kondisi cuaca setelah itu mengalami hujan rintik rintik selama lebih kurang 15 menit. Ketika hujan sudah reda dan kondisi cuaca kembali normal, panel surya mendapatkan pancaran sinar matahari yang terik dengan nilai tegangan sebesar 19,6 V.

4.5 Pengujian Baterai

Pada saat siang hari, nilai arus dan tegangan tidak selalu lebih besar dibandingkan dengan saat pagi hari ataupun sore hari dikarenakan cuaca yang tidak menentu, mulai dari cerah sampai dengan berawan sehingga intensitas matahari yang mengenai permukaan modul surya juga berubah-ubah. Arus dan tegangan yang dihasilkan dari modul tersebut menjadi energi masukan untuk sistem baterai adalah sebesar 11,1 Volt dengan maksud apabila baterai tersebut diberikan masukan arus sebesar 0,8- 1 Ampere, maka baterai akan terisi penuh dalam waktu 2,5 jam – 3 jam, Seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 10 Rangkaian BMS Baterai Li - ion 3 seri 5 paralel

Pengamatan pada baterai yang di seri dan paralel dapat diamati selama melakukan pengukuran Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan menggunakan voltmeter digital, dengan cara menghitung lamanya pengisian baterai yang dapat diamati melalui penentuan awal proses pengecasan dengan melihat tampilan layar pada *Solar Charger Controller (SCC)*. Karena pada tampilan layar tersebut terdapat status baterai dengan simbol kotak dengan 0 bar didalamnya yang berarti kondisi baterai kosong dengan nilai tegangan 9,0 V dan 5 bar didalamnya yang artinya kondisi baterai penuh dengan nilai tegangan 12,6 V.

Pengamatan pada baterai dilakukan untuk mengetahui perbandingan kinerja sistem. Kemudian akan diuji seberapa lama sistem catu daya akan bekerja. Pengujian sistem akan dilakukan dengan cara menyambungkan sumber tegangan

ke baterai pada saat pengecasan, baik dalam keadaan beban tidak dihidupkan (tanpa beban)

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data yang dilakukan pada panel surya 100 Wp mengenai keluaran pada Panel Surya dan *Solar Charger Controller* yang sudah ditinjau, maka dapat disimpulkan beberapa hal berikut :

1. Penulis mendapatkan hasil Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) skala kecil ini dengan keluaran tegangan pada sel surya tanpa beban sebesar 19,53 Volt pada pukul 08.00 WIB dan arus sebesar 1.51 A pada pukul 12.00 WIB.
2. Adanya rangkaian solar charger pada PLTS ini menjadikan pengisian batere pada PLTS setiap harinya bisa selalu stabil.
3. Dari pembuatan PLTS ini, pengisian pada batre terhitung dari pukul 06.00 tegangan batre sebesar 11,5 volt dan dapat terisi penuh sebesar 12.9 volt pada pukul 12.00, jadi dapat disimpulkan lama pengisian batre selama 5 jam.
4. dalam keadaan kekuatan batre yang digunakan dalam kondisi sebesar 12.6 Volt dapat menyalakan dengan beban lampu DC 20 Watt selama 11 jam.
5. Sistem suplai energi untuk penerangan telah dirancang menggunakan sistem pembangkit listrik tenaga surya yang terdiri dari panel surya 100 WP jenis monokristalin, SCC sebagai *controller*, dan baterai Li – ion yang dirakit sendiri sebagai penyimpan energi yang dihasilkan dari panel surya pada waktu siang hari dan dapat digunakan ke beban yang dibutuhkan pada malam hari.
6. Jumlah pemakaian beban harus disesuaikan dengan kapasitas energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya

REFERENSI

1. Referensi Budiono, Chayun. 2001, *Tantangan dan Peluang Usaha Pengembangan Sistem Energi Fotovoltaik di Indonesia*, Seminar Nasional Sel Surya I dan Workshop, Surabaya, 19 – 20 September 2001
2. Naibaho, 1994, *Teknik Tenaga Listrik Tenaga Surya*, Malang, PPPGT VEDC
3. Primantara, Agus, 1994, *Teknik Tenaga Listrik Tebaga Surya*, Malang, PPPGT VEDC
4. Rusdianto, Eduard. 1999, *Penerapan Konsep Dasar Listrik dan Elektronika*, Yogyakarta, Kanisius.
5. Sigalingging, Karmon. 1994, *PLTSurya*, Bandung, Tarsito.
6. Bishop, Owen. 2004, *Dasar – Dasar Elektronika*, Jakarta, Erlangga

7. Budiman, Arif, 2003, *Kamus Istilah Teknik Elektronika*, Bandung, M2S
8. http://www.slideshare.net/khairunnisaicha3/kurva_-_karakteristik-dioda-pada-bias-maju
9. <http://elektrojiwaku.blogspot.com/2011/03/teoridioda.html>
10. <https://www.alatuji.com/article/detail/32/solarpower-meter>
11. Harahap, P. (2019). Implementasi Karakteristik Arus Dan Tegangan Plts Terhadap Peralatan Trainer Energi Baru Terbarukan. Seminar Nasional Teknik (SEMNASSTEK) UISU 2(1), 152–157.
12. <https://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RELE/article/view/7825/5868>
13. https://www.academia.edu/60762044/ANALISA_RADIASI_SINAR_MATAHARI_TERHADAP_PANEL_SURYA_50_WP
14. <https://media.neliti.com/media/publications/270988-analisa-radiasi-panel-surya-terhadap-dayf9eca0ba.pdf>
15. *W. Chen, J. Liang, Z. Yang, and G. Li, "A review of lithium-ion battery for electric vehicle applications and beyond," Energy Procedia, vol. 158, pp. 4363–4368, 2019.*
16. *T. Subekti, H. Suryoatmojo, and S. Anam, "Rancang Bangun Equalizer Tegangan Sel Menggunakan Flyback Konverter Untuk Baterai Li-Ion Terhubung Seri," Jurnal Teknik ITS, vol. 5, no. 2, pp. 142–148, 2016.*