

Efektifitas pengisian Baterai menggunakan Solar Panel 120 WP (WattPeak) dengan metode PWM (*Pulse Width Modulation*) di Kawasan Balai Tahura Bunder

Ikhwan Mustiadi^{1*}, Evrita Lusiana Utari², Mursid Sabdullah³, Fina Duratul Yatimah⁴

¹Prodi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Respati Yogyakarta

¹ikhwan@respati.ac.id

ABSTRAK

Electrical energy has become a basic need for humans today, almost all aspects of human life require electrical energy, starting from lighting, water pumps, air conditioning, cooking, even for vehicles in the future that will use electricity. The electrical energy needed so far has been produced from fossil energy which is not environmentally friendly and has dwindling reserves, alternative energy is needed that is environmentally friendly and sustainable, there are several energies that can be utilized, including water energy, wind energy, solar energy and so forth. Solar energy is one of the most abundant energies in nature, especially in Indonesia, with Indonesia passing by the equator, Indonesia has enormous energy reserves. This potential is expected to become Indonesia's future energy. Solar cell technology is very advanced with increasingly good efficiency, in addition to energy conversion by solar cells with photovoltaic technology, a method is also needed to store the results of the conversion into storage (battery) optimally. One of the battery charging technologies is the Pulse Width Modulation (PWM) method, with this method battery charging is optimal on a 120 WP solar panel. In this study, a 120 WP solar panel was used, a 65 Ah 12 Volt battery, a 40 Watt Dc 12 Volt load and a 10 Ampere PWM Solar Charger Controller (SCC). The system was running for 3 months from April to June, the load was turned on for 12 hours every day with a load absorption current of 3.9 Amperes.

Kata kunci : *Pulse Width Modulation; Photovoltaik; solar panel*

ABSTRACT

Energi listrik sudah menjadi kebutuhan pokok bagi manusia saat ini, hampir semua segi kehidupan manusia membutuhkan energi listrik mulai dari penerangan, pompa air, pendingin udara, masak, bahkan untuk kendaraan masa depan akan menggunakan listrik. Energi listrik yang di butuhkan tersebut selama ini di hasilkan dari energi fosil yang tidak ramah lingkungan dan memiliki cadangan semakin menipis, di butuhkan energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, ada beberapa energi yang bisa di dimanfaatkan anatra lain energi air, energi angin, energi matahari dan lain sebagainya. Energi matahari adalah salah satu energi yang melimpah di alam khususnya di indonesia, dengan di lalainya indonesia oleh garis katulistiwa, indonesia memiliki cadangan energi yang sangat besar. Potensi ini di harapkan menjadi energi masa depan indonesia. Teknologi solar cell sudah sangat maju dengan efisiensi yang semakin baik, selain konversi energi oleh solar cel dengan teknlologi photovoltaik nya, di butuhkan juga metode untuk menyimpan hasil konversi tersebut ke dalam storage (baterai) dengan optimal. Salah satu teknologi pengisian baterai adalah dengan metode Pulse Width Modulation (PWM), dengan metode ini pengisian baterai sangat optimal pada solar panel 120 WP. Pada penelitian ini di gunakan solar panel 120 WP, baterai kapasitas 65 Ah 12 Volt, beban 40 Watt Dc 12 Volt dan Solar Charger Controller (SCC) PWM 10 Ampere. Sistem di running selama 3 bulan dari bulan April sampai Juni, beban di nyalakan selama 12 Jam setiap hari dengan arus serap beban 3,9 Ampere. Setiap hari arus terpakai sebesar 3,9 Ampere.

Keywords: *Pulse Width Modulation (PWM), Solar Panel, Photovoltaik*

1. PENDAHULUAN

Energi listrik sudah menjadi kebutuhan pokok bagi manusia saat ini, hampir semua segi kehidupan manusia membutuhkan energi listrik mulai dari penerangan, pompa air, pendingin udara, masak, bahkan untuk kendaraan masa depan akan menggunakan listrik. Energi listrik yang di butuhkan tersebut selama ini di hasilkan dari energi fosil yang tidak ramah lingkungan dan memiliki cadangan semakin menipis, di butuhkan energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, ada beberapa energi yang bisa di manfaatkan anatra lain energi air, energi angin, energi matahari dan lain sebagainya. Energi matahari adalah salah satu energi yang melimpah di alam khususnya di indonesia, dengan di laluinya indonesia oleh garis katulistiwa, indonesia memiliki cadangan energi yang sangat besar dengan intensitas radiasi mata-hari rata-rata sekitar 4.8 kWh/m² per hari di seluruh wilayah Indonesia (Rusman, 2015).

Pemanfaatan energi matahari untuk pembangkit PLTS (pembangkit listrik tenaga surya) saat ini banyak di lakukan oleh perorangan maupun komunitas, karena bisa di buat secara bertahap dari yang kecil sampai besar. Penelitian terhadap solar panel juga banyak di lakukan anatra lain oleh Rusman (2015) yang meneliti tentang pengaruh variasi beban terhadap efisiensi solar cell dengan pakasitas 50 WP (Watt Peak) yang melakukan penelitian dengan memberikan variasi beban terhadap efisiensi kinerja solar sell 50 WP dengan variasi beban dari 3 watt sampai dengan 9 watt, semakin besar beban yang di berikan semakin kecil kinerja solar sel. Kinerja terbaik yaitu dengan beban 3 watt dengan efisiensi sebesar 98% (Rusman, 2015).

Penelitian serupa juga di lakukan oleh Tanwir dkk (2019) yang meneliti tentang serapan maksimal solar cel dengan mengatur posisi solar cel selalu tegak lurus dengan matahari, dari hasil penelitian ini di dapatkan efisiensi yang paling baik adalah ketika cuaca cerah, pengisian baterai sangat baik (Tanwir, 2019).

Penelitian serupa juga di lakukan oleh Karim, Cahyanto (2019) dengan memanfaatkan solar cel untuk penerangan dan beban kecil pada rumah tangga, penelitian ini di lakukan karena sering terjadi pemadaman listrik, PLTS ini di fungsikan sebagai backup dan penghematan listrik dengan BEP pada waktutertentu, dari penelitian ini di dapatka BEP pada tahun ke 7 (Karim, 2019).

Pada penelitian ini di lakukan pengambilan data tegangan setelah pengisian dan data tegangan setelah pemakaian beban, di lakukan selama 3 bulan dengan pengambilan data setiap minggu, apakah sistem mampu mengisi baterai dengan optimal ketika musim hujan berlangsung atau tidak.

2. PERMASALAHAN MITRA

Lestari dijalankan setiap hari. Waktu operasional angkringan berlangsung setiap hari dari pagi hingga menjelang maghrib sementara animo masyarakat pengguna jalan maupun warga sekitar atas keberadaan angkringan ini cukup tinggi. Hal tersebut memotivasi KTH Ngudi Lestari untuk memiliki rencana pengembangan usaha angkringan jam operasional hingga jam 10 malam. Namun hal ini terkendala belum adanya jaringan listrik pada area tersebut.

Jaringan listrik dapat dipasang tapi bersifat mandiri. Pemasangan jaringan listrik mandiri akan memunculkan konsekuensi berupa biaya yang cukup tinggi. Sementara area ini memiliki potensi panas matahari yang cukup baik untuk dikelola menjadi energi listrik terbaharukan. Oleh karena itu, dapat diupayakan penerapan energi surya untuk mendukung penerangan pada area usaha angkringan Opo Opo Ono KTH Ngudi Lestari.

Permasalahan yang dihadapi oleh KTH Ngudi Lestari dalam mengembangkan usaha angkringan di area Tahura Bunder adalah tidak tersedianya instalasi Listrik untuk kebutuhan penerangan. Kebutuhan penerangan sangat dibutuhkan untuk mendukung operasional lebih optimal sehingga memberikan rasa aman dan nyaman bagi pengunjung di waktu sore dan malam

hari.

3. METODE PELAKSANAAN

a. Metode Survey dan Observasi

Sebelum mulai kegiatan pengabdian kepada Masyarakat terlebih dahulu dilakukan survey Lokasi. Lokasi yang di survey merupakan kelompok binaan dari Balai Taman Hutan Rakyat (Tahura) Bunder. Survey ini mendapat rekomendasi dari kepala Balai Tahura Bunder, sehingga proses perizinan difasilitasi oleh Balati Tahura ke kelompok binaan yaitu KTH Ngudi Lestari. Survey dilakukan pada awal Januari dengan bertemu dengan ketua kelompok Binaan di damping oleh kepala balai Tahura Bunder. Survey dimaksudkan untuk mengidentifikasi masalah yang dihadapi oleh unit Usaha KTH Ngudi Lestari yaitu unit usaha Angkringan Opo Opo Ono yang berlokasi di kelurahan Gading. Dari survey tersebut didapatkan permasalahan jam operasional karena tidak adanya penerangan yang memadai



Gambar 1. Survey Lokasi Pengabdian Bersama Kepala Balai Tahura Bunder dan Ketua Kelompok KTH Ngudi Lestari

Berdasar pada hasil Survey yang dilakukan dan didampingi oleh Kepala balai Tahura dan Ketua Kelompok KTH Ngudi Lestari. Dihitung kebutuhan energi untuk mendukung operasional unit usaha angkringan Opo Opo Ono. Energi yang dibutuhkan sebenarnya cukup besar yaitu 10 sampai 25 Wat untuk setiap Warung, dengan 14 warung yang tersedia. Dengan asumsi maksimal. Maka kebutuhan energinya adalah 350 Watt. Karena keterbatasan dana yang tersedia, maka disepakati untuk membuat PLTS DC dengan daya 120 Watt dengan opsi pengembangan. Kegiatan ini dimaksudkan untuk memberikan pemahaman dan pengetahuan aplikasi teknologi untuk penerangan Listrik mandiri.

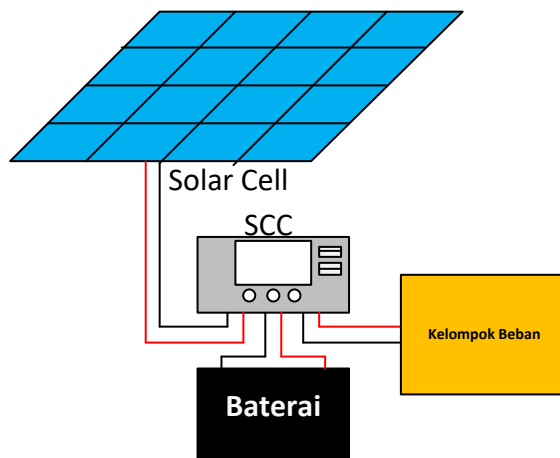
Diharapkan dari kegiatan ini, system yang dibangun dapat dikembangkan oleh pihak unit Usaha Angkringan Opo Opo Ono maupun oleh pihak lain.

b. Metode Perancangan Alat

Realisasi PLTS mandiri ini memerlukan beberapa tahapan yaitu:

1) Perancangan system

Tahap perancangan ini dilakukan oleh Tim pengabdian Bersama anggota Unit usaha angkringan opo Opo Ono. Disain system diberikan oleh Tim pengabdian, kemudian di buat oleh anggota unit usaha angkringan Opo Opo Ono.



Gambar 2 Disain Sistem PLTS

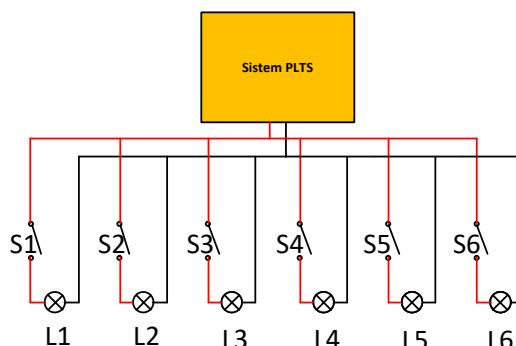
Gambar 2. merupakan disain system PLTS yang akan diterapkan di Mitra. Ada beberapa langkah yang dilakukan antara lain:

- o Membuat Rangka penyangga solar Panel: untuk meletakkan solar panel supaya mendapatkan sinar matahari secara optimal perlu membuat sebuah rangka yang akan menjadi dudukan solar panel. Disain dudukan solar panel dibuat oleh tim pengabdian dan dikerjakan oleh anggota unit usaha. Dibawah ini adalah disain rangka dan gambar pelaksanaan.



Gambar 3. Rangka Dudukan Solar Panel

- o Disain instalasi Beban
Beban yang digunakan adalah beban lampu DC dengan kasimal daya sampai dengan 50 Watt. Pada kegiatan ini dipasang 6 buah lampu dengan besaran daya 7 watt dan 12 watt. Setiap lampu dilengkapi dengan saklar untuk memudahkan penggunaan beban. Apabila tidak diperlukan, beban dapat dimatikan.



Gambar 4. Instalasi Beban

2) Instalasi system

Instalasi system dapat dikerjakan setelah disain system selesai dan sudah dibuat.

- Instalasi solar panel: solar panel dipasang pada dudukan yang sudah dibuat, kemudian di pasang pada atap bangunan. Karena atap bangunan menggunakan baja ringan, maka disain dudukan solar panel disesuaikan, Langkah selanjutnya adalah memasang solar panel + dudukan tadi ke atas atap bangunan
- Instalasi beban: beban disusun seperti pada gambar 6 proses instalasi beban seperti setelah semua beban terhubung, semua koneksi benar dan baik, kemudian digabungkan ke system PLTS yaitu gambar 2, untuk kabel yang digunakan adalah kabel khusu untuk solar panel system 2x1,5mm sepanjang 70 meter.

Instalasi system PLTS dikerjakan oleh Tim Pengabdian Bersama anggota kelompok usaha angkringan Opo Opo Ono. Dan atas inisiatif dari beberapa anggota kapasitas PLTS yang tadinya diusulkan 50 WP dinaikkan menjadi 120 WP supaya bisa menjangkau beberapa warung, tidak hanya 2 warung. Pada kegiatan ini warung yang dapat dijangkau oleh PLTS adalah 10 Warung. Karena 4 warung yang lain masih beroperasi, tetapi disediakan juga extensi untuk penyambungan ke warung yang lainnya. Hala ini masih dimungkinkan karena kapasitas baterai dan solar sel cukup memadai tetapi dengan kesadaran energi Listrik digunakan dengan Bijak.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi Komponen

Penelitian ini menggunakan beberapa komponen yaitu:

- a. Solar Panel:

Daya	: 120 WP
Tegangan Maksimal	: 21 Volt
Arus Maksimal	: 6,5 Ampere
- b. Solar Charge Controller PWM

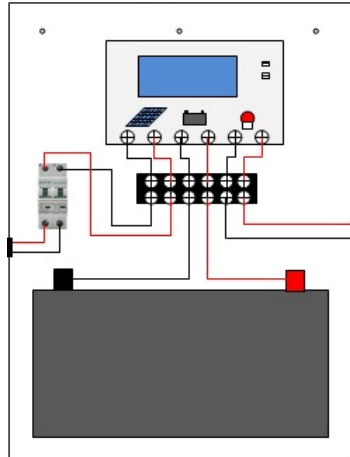
Arus Maksimal	: 10 Ampere
Type	: VS2410AU
Tegangan kerja	: 12/24 Volt Otomatis
- c. Baterai

Tegangan	: 12 Volt
Kapasitas Arus	: 65 AH

Perancangan Rangkaian

Penelitian ini bertujuan untuk melihat efektifitas pengisian baterai 65 Ampere dengan menggunakan solar panel 120 WP, charger yang di gunakan yaitu maksimum 10 Ampere, dengan beban 40 Watt DC. Beban di nyalakan pada malam hari dengan memanfaatkan fitur SCC VS2410AU yang mampu menyalakan beban secara otomatis apabila sudah tidak ada arus yang masuk ke SCC (matahari terbenam) dan dapat mematikan beban apabila sudah ada arus yang masuk ke SCC matahari mulai muncul.

Solar Panel 120 WP menerima energi matahari, kemudian di konversi menjadi energi listrik, listrik yang di dihasilkan oleh solar panel ini adalah listrik DC dengan tegangan maksimum mencapai 21 Volt dan arus maksimum mencapai 6,5 Ampere.



Gambar 5. Tata Letak Komponen PLTS

Hasil konversi energi (arus dan tegangan) masuk ke *Solar Charge Controller* PWM, selanjutnya adalah proses *charging* oleh *Solar Charge Controller* PWM yaitu berdasarkan pengaturan modulasi lebar pulsa (*pulse width modulation*). *Pulse width modulation* (PWM) merupakan sinyal digital dengan bentuk gelombang kotak yang diatur lebar pulsanya (*pulse width*) pada saat On dan Off atau durasi frekuensi pada saat *high* (5V) dan *low* (0V) (Matalata dan Efendi, 2022). Solar charge controller yang di gunakan pada penelitian ini adalah 12 Volt 10 Ampere.

Pada pengisian tegangan baterai di baca secara berkala, ada 2 mode charging yang di terapkan yaitu:

- a. Boost mode dengan *duty cycle* yang tinggi berkisar 95%, mode ini di gunakan apabila tegangan baterai terdeteksi kecil, sehingga di harapkan arus yang masuk ke baterai maksimal sesuai dengan arus yang di hasilkan oleh solar panel.
- b. Float mode dengan *duty cycle* kecil berkisar 10%, mode ini di gunakan apabila tegangan baterai terdeteksi mendekati nilai maksimal, sehingga pengisian akan melambat supaya tidak terjadi over charging pada baterai, arus yang masuk pada baterai saat mode ini semakin kecil.

Baterai adalah komponen penyimpanan energi listrik dengan satuan AH (Ampere Hourse), pada penelitian ini menggunakan baterai dengan kapasitas 12 Volt 65 AH, artinya memiliki energi sebesar 880 Watt Jam. Misalkan di gunakan untuk beban 40 watt maka akan habis dengan pemakaian 22 Jam, apabila di gunakan beban 100 watt, maka akan habis dalam waktu 4 jam. Energi yang sudah di gunakan ini akan di isi oleh SCC yang menerima energi dari Solar Panel. Yang harus di perhatikan adalah apakah energi yang sudah di gunakan pada malam hari ini dapat di isi oleh solar panel pada produksi siang hari? Inilah yang menjadi fokus pada penelitian ini.

Beban yang di gunakan adalah beban lampu DC 12 Volt dengan daya 40 Watt, secara teori arus yang di serap oleh beban adalah 3,9 Ampere setiap Jam. Beban ini akan di hidupkan selama kurang lebih 7 Jam setiap malam, energi yang di gunakan berasal dari baterai, maka arus total yang di serap selama 7 Jam adalah 28 AH. Ini adalah energi yang hilang dari baterai dan harus di isi oleh solar panel ke baterai, sehingga kapasitas baterai tetap optimal.



Gambar 6. Sistem PLTS Terpasang, a. Solar Panel Diatas Atap b. Penampakan Cahaya Malam dari Lampu, c. Tegangan sesaat baterai, d. Arus PV sebelum matahari terbit,

Gambar 6 memperlihatkan penampakan sistem PLTS, gambar di ambil pada pagi hari jam 6 pagi sampai jam 8 pagi. Saat matahari belum terbit, arus yang terukur pada solar panel 0,0 walaupun sudah ada tegangan 15 Volt, tetapi sistem ini masih belum mampu mengisi baterai. Karena arus yang di hasilkan oleh PV adalah 0,0, maka arus yang masuk ke baterai juga 0,0.

Hasil Pengukuran Tegangan Baterai

Pengukuran yang dilakukan ada 3 pengukuran yaitu:

1. Pengukuran tegangan pengisian sesaat yaitu pengukuran pada saat pengisian baterai siang hari, pada pengukuran ini di lakukan pengukuran secara acak waktunya (jam pengukuran). Pengukuran di lakukan setiap minggu.

Tabel 1. Hasil Pengukuran sesaat pada Saat Pengisian Baterai

No	Tanggal	Solar Panel		Baterai		Keterangan kondisi saat pengukuran
		Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	
1.	20/04/2024	19	4,2	14,0	4,2	11.00 sedikit mendung
2.	21/04/2024	20	5,0	14,2	5,0	11.00 cerah
3.	22/04/2024	18	3,0	13,0	3,0	08.00 cerah
4.	23/04/2024	20	6,4	14,3	6,4	12.00 cerah
5.	24/04/2024	17	3,3	12,9	3,3	14.00 mendung
6.	25/04/2024	14	3,1	12,6	3,1	16.00 mendung

Berdasar pada data Tabel 1, data di ambil setiap hari dengan melakukan pengukuran secara acak (waktu pengukuran), arus yang di hasilkan oleh solar panel dapat mengisi baterai dengan baik, pada saat pengisian terjadi kapasitas baterai antara 50% sampai dengan 80% sehingga mode yang di gunakan saat itu adalah mode boost konverter dengan duty cycle hampir 95%, baterai selalu dalam kondisi siap di isi karena kapasitas baterai di kuras secara kontinyu setiap malam yaitu lebih dari 39 ampere setiap malam. Dengan asumsi pengisian optimal harian, solar panel dapat menghasilkan antara 25 sampai dengan 35 ampere setiap hari. Tetapi apabila terjadi mendung yang lama atau bahkan hujan yang lama maka pengisian tidak optimal sehingga arus yang di hasilkan di bawah 20 ampere untuk satu hari. Apabila hujan deras arus yang di hasilkan oleh solar panel bisa mencapai 0,0, sehingga baterai tidak terisi, kondisi ini beberapa kali terjadi walaupun tidak sering.

2. Pengukuran tegangan baterai setelah pengisian baterai selesai, pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui tegangan setelah di lakukan pengisian selama 1 hari penuh. Pengukuran di lakukan saat beban sudah menyala. Pengukuran tegangan baterai setelah pemakaian beban, pengukuran di lakukan pada pagi hari setelah beban off

Berdasarkan data pada tabel 2, arus yang di serap oleh lampu terukur 3,9 Ampere, sehingga arus total yang di serap selama 7 menit adalah 28 Ampere. Inilah arus yang harus di kembalikan selama pengisian. Tegangan setelah pengisian baterai harian terukur seperti pada tabel 2, data yang di tampilkan adalah data yang diambil setiap minggu dengan waktu yang sama yaitu tegangan pada saat jam 18.15 di mana lampu sudah on. Pengambilan data tegangan pada saat itu adalah untuk memastikan tegangan yang terukur adalah tegangan murnibaterai yang sudah tidak terpengaruh oleh tegangan pengisian baterai oleh solar panel. Kemudian data pengukuran tegangan setelah pemakaian di ukur pada jam 5.45 di mana solar panel sudah mempunyai tegangan dan arus walaupun masih kecil, sehingga masih belum mampu mengisi baterai. Tegangan terukur ini merupakan drop tegangan setelah pemakaian selama 7 Jam

Dengan kondisi hujan pada beberapa minggu khususnya pada bulan november, drop tegangan cukup besar tetapi masih bisa kembali naik walaupun tidak bisa seperti pada kondisi awal. Selama 1 bulan sistem di jalankan belum pernah terjadi lampu mati, artinya sistem ini mampu mensuplay energi untuk lampu 40 watt dengan efektif. Efektifitas pengisian baterai 65 Ampere dengan solar panel 120 WP menggunakan metode PWM cukup efektif. Pengujian di lakukan ketika musim hujan berlangsung, sehingga sistem akan lebih efisien lagi apabila cuaca lebih baik.

Tabel 2. Pengukuran Tegangan Setelah Pengisian dan Pengukuran Tegangan setelah Pemakaian Beban. Pengukuran arus serap beban yang terukur adalah 3,9 Ampere

No	Tanggal	Tegangan Setelah Pengisian	Tegangan Setelah Pemakaian	Keterangan kondisi dalam seminggu
1.	20/04/2024	13,0	12,4	Cerah
2.	21/04/2024	12,9	12,3	Sering mendung
3.	22/04/2024	13,0	12,3	Cerah
4.	23/04/2024	12,8	12,2	Sering mendung
5.	24/04/2024	13,0	12,3	Cerah
6.	25/04/2024	13,1	12,5	Cerah

Berdasar hasil pengukuran pada tabel 1 dan tabel 2, sistem dapat mencukupi kebutuhan penerangan angkringan Opo Opo Ono 5 sampai 7 jam dengan beban puncak. Sistem akan lebih handal apabila beban dikurangi sesuai kebutuhan. Untuk menjaga keberlangsungan sistem, penghuni Angkringan opo Opo Ono juga diberikan pelatihan singkat untuk merawat sistem PLTS, selain itu ditunjuk juga PIC untuk merawat Alat.

5. KESIMPULAN

Sistem PLTS sederhana yang terdiri dari Solar Panel 120 WP, baterai 12 Volt 65 Ampere, SCC PWM 10 Ampere dan beban Lampu DC 40 Watt mampu bertahan selama 1 bulan dengan baik (tidak pernah padam) arus beban maksimal 28 Ampere dapat di penuhi dengan efektif. Drop tegangan saat pemakaian masih dapat di isi kembali dengan sistem ini, drop tegangan paling rendah yaitu 11,8 ampere, tegangan ini masih mampu untuk menghidupkan lampu DC 12 Volt.

Pengisian optimal menghasilkan arus sampai dengan 13 Ampere setiap hari, kondisi ini dapat tercapai apabila cuaca cerah sepanjang hari, tetapi apabila terjadi mendung atau hujan, maka arus yang di hasilkan akan menurun.

System yang dibangun dapat mengakomodir kebutuhan penerangan Angkringan Opo Opo Ono sampai jam 11 malam. Tetapi disarankan untuk menggunakan energi listrik secara bijak, sehingga sistem dapat berjalan dengan baik dan tahan lama. Penghuni Angkringan juga diberikan pelatihan untuk merawat sistem PLTS.

DAFTAR PUSTAKA

- Haryanto T. Charles H. Pranoto H, 2021, Perancangan Energi Terbarukan Solar Panel Untuk Essential Load Dengan Sistem Switch, Jurnal Teknik Mesin Vol 10 No 1 ISSN 2549-2888
- Karim S. CahyantoD, 2019, Analisa Penggunaan Solar Cell Pada Rumah Tinggal Untuk Keperluan Penerangan dan Beban Kecil, Jurnal EEICT Vol 2 No 1.
- Matalata H. Effendi A, 2022, Unjuk Kerja Charge Controller metode PWM Menggunakan Arduino Uno, Jurnal Teknologi Vol 15No 1 ISSN 2338-6711
- Muttaqin I. Irhamni G. Agani W, 2016, Analisa Rancangan Sel Surya dengan Kapasitas 50 Watt untuk Penerangan Parkiran UNISKA, Jurnal Teknik Mesin UNISKA Vol 1 No 2 ISSN 2502-4922
- Rusman, 2015, Pengaruh Variasi Beban Terhadap Efisiensi Solar Cell dengan Kapasitas 50 WP, TURBO Vol 4 No 2, Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro
- Tanwir. Widyastuti S. Fabanyo M, 2019, Penyerapan Energi Matahari pada Solar Cell dengan Menggunakan Sistem Tracking, Jurnal Teknik Mesin Volume 8 No 2 (13-25) ISSN 2302-3465