

APLIKASI *PHOTOVOLTAIC CELL* (PV) TERHADAP VARIASI BEBAN ELEKTRIK SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF

Nur Rani Alham¹, Fatkhul Hani Rumawan², Muslimin³,
Restu Mukti Utomo⁴, Ahmad Maulana⁵

^{1,2,3,4,5}, Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mulawarman

Jln. Sambaliung No 9, Kampus Gunung Kelua Samarinda, Kalimantan Timur

e-mail: *nurrani.alham@gmail.com*

Abstrac—Today's technology is increasingly sophisticated and widely used. The use of this technology causes an even greater increase in the consumption of electrical power, while the power source used still uses non-renewable energy. Solar panels or Photovoltaic is one of the New and Renewable Energy (EBT) whose energy source comes from the sun. This energy source is very familiar in Indonesian society, but is still very little used. Therefore, the application of Photovoltaic Cell (PV) to variations in electric load as an alternative energy. In this study using a Photovoltaic Cell with a capacity of 150 Wp, ith type Polycrystalline silicon, 12V / 38Ah battery, inverter, and solar charge control. The research was conducted for 3 consecutive days, when the weather was sunny. Current and voltage data were collected for 4 hours using a 15W lamp load and 15W+60W. From the research results, it was found that the photovoltaic module in the factory showed an efficiency of 15% and in the use of PV which was measured in the study, the efficiency of use was 5% during charge. The power efficiency of the inverter on the 1st day is 64%, the 2nd day is 59%, and the 3rd day is 55%.

Keywords: *Technology, Photovoltaic Cell (PV), New renewable energy, Polycrystalline silicon*

Intisari—Teknologi saat ini sudah semakin canggih dan banyak digunakan. Penggunaan teknologi ini menyebabkan peningkatan konsumsi daya listrik yang semakin besar, sedangkan sumber listrik yang digunakan masih menggunakan energi tidak terbarukan. Panel surya atau *Photovoltaic* adalah salah satu Energi Baru Terbarukan (EBT) yang sumber energinya berasal dari matahari. Sumber energi ini sangat familiar dimasyarakat Indonesia, tetapi masih sangat sedikit pemanfaatannya. Oleh karena itu dilakukan pengaplikasian *Photovoltaic Cell* (PV) terhadap variasi beban elektrik sebagai energi alternatif. Pada penelitian ini menggunakan *Photovoltaic Cell* berkapasitas 150 W_p, dengan jenis *Polycrystalline silicon*, baterai 12V/38Ah, inverter, dan *solar charge control*. Penelitian dilakukan selama 3 hari berturut-turut, ketika cuaca dalam keadaan cerah. Pengambilan data arus dan tegangan dilakukan selama 4 jam dengan menggunakan beban lampu 15W, dan 15W+60W. Dari hasil penelitian didapatkan modul *Photovoltaic* pada pabrik diketahui efisiensi sebesar 15% dan pada penggunaan PV yang telah diukur pada penelitian didapat

efisiensi daya guna sebesar 5% penggunaan pada saat charge. Efisiensi daya inverter pada hari ke-1 sebesar 64%, hari ke-2 sebesar 59%, dan hari ke-3 sebesar 55%.

Kata kunci: *Teknologi, Photovoltaic Cell (PV), Energi Baru Terbarukan (EBT), Polycrystalline silicon*

I. PENDAHULUAN

Penggunaan barang-barang yang bersifat elektronik dari hari ke hari semakin banyak dan selalu berkembang. Pesatnya teknologi saat ini, kemudian secara terus menerus menyebabkan peningkatan konsumsi daya listrik yang makin besar. Sumber listrik yang digunakan pada saat ini kebanyakan berasal dari energi tidak terbarukan. Berdasarkan data dari kementerian ESDM, Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan untuk pembangkit listrik pada tahun 2018 sebesar 8,8 GW atau hanya sekitar 14% dari total kapasitas pembangkit listrik (fosil dan non fosil) yaitu sebesar 64,5 GW. Salah satu EBT adalah energi surya atau energi matahari dalam pengaplikasiannya pada Panel surya, energi ini sudah begitu familiar di kalangan masyarakat namun masih minim dalam pemanfaatannya. Dibutuhkan berbagai komponen atau rangkaian dalam mengkonsumsi energi listrik sampai ke beban yang digunakan. Dari studi literatur yang dilakukan, Pemanfaatan panel surya atau *Photovoltaic* ini telah divariasikan misalnya pada Stadion Bola. Dalam penggunaannya dilakukan adanya sistem buka tutup atap stadion secara otomatis dengan sumber listrik yang berasal dari PV berkapasitas 50 WP. [1]

Selain itu beberapa penelitian juga sedang dikembangkan dengan tujuan mengurangi adanya ketergantungan energi listrik pada PLN, dengan menggunakan *rooftop Panel solar PV*. Sistem ini bisa disebut sebagai *off grid* panel yang merupakan sumber alternatif energi listrik. Perancangan diperuntukkan untuk sistem *Solar Home System* (SHS) atau rumah tempat tinggal dengan acuan radiasi matahari di wilayah Jawa Tengah. [2]

Namun dalam pengaplikasian panel surya sehari-hari diperlukan adanya pengujian alat untuk dapat memastikan bahwa alat itu dapat bekerja secara optimal dengan nilai efisiensi yang tinggi. Energi Surya adalah energi terbarukan yang sangat melimpah di muka bumi, banyak faktor untuk dapat mengoptimalkan energi ini dalam pemanfaatan EBT.

Pengujian yang akan dilakukan menggunakan variasi beban elektrik secara bertahap.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sel Photovoltaic

Photovoltaic cell merupakan sebuah perangkat/alat yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik dengan proses efek *Photovoltaic*, sehingga dinamakan juga sel *Photovoltaic (Photovoltaic cell - disingkat PV)*. Tegangan listrik yang dihasilkan adalah tegangan DC, sehingga diperlukan adanya alat pengubah tegangan dari DC-AC untuk dapat dikonsumsi energi listriknya pada rumah tangga [3].

Jenis dari PV ini bermacam-macam yaitu Monokristal, Polikristal dan *thin Film Photovoltaic*. Setiap jenis PV memiliki nilai efisiensi yang berbeda-beda, jenis *thin Film Photovoltaic* dapat berfungsi sangat efisien pada udara yang sangat berawan kemudian dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi dari panel jenis lain. Jenis Polikristal memiliki nilai efisiensi yang paling rendah diantara jenis lainnya namun relatif lebih murah dan mudah didapatkan di pasaran [4].

B. Inverter

Perangkat ini berfungsi untuk mengubah Tegangan DC ke AC. *Inverter* mengkonversi arus DC yang sesuai spesifikasinya dari perangkat seperti baterai, panel surya/*solar cell* untuk menjadi arus AC 220 V. Dalam penggunaan inverter agar optimal, beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu kapasitas dari inverter itu sendiri, yang dimana beban kerjanya sesuai dengan spesifikasi inverter. *Sine wave* ataupun *square wave output AC*. *True sine wave inverter* diperlukan terutama untuk beban-beban yang masih menggunakan motor agar bekerja lebih mudah, lancar dan tidak cepat panas [3].

C. Baterai

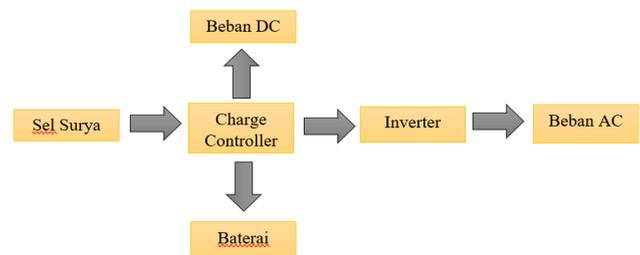
Alat ini berfungsi sebagai penyimpanan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Sehingga energi yang dihasilkan bisa dimanfaatkan pada malam hari saat panel surya sedang tidak bekerja. Energi yang tersimpan dalam baterai merupakan bentuk tegangan DC. Selain itu baterai juga melakukan proses pengisian (*charging*) sehingga bersifat sementara. Kapasitas dan jenis baterai yang tersedia di pasaran juga bermacam-macam [5].

III. METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

Dalam melakukan penelitian diperlukan adanya rancangan sistem, sebelum melakukan rancangan sistem diperlukan adanya studi literatur untuk mempermudah perancangan. Panel Surya atau PV adalah salah satu komponen yang sangat penting dalam mengaplikasikan energi surya menjadi energi listrik. PV yang digunakan berkapasitas 150 W_p, V_{max} 17,6 Volt, I_{max} sebesar 8,54 Ampere, V_{oc} sebesar 220 Volt, I_{sc} sebesar 9,09 Ampere, dengan dimensi 1482x670x35 mm, dan jenis PV adalah *Polycrystalline silicon*. Selain PV ada

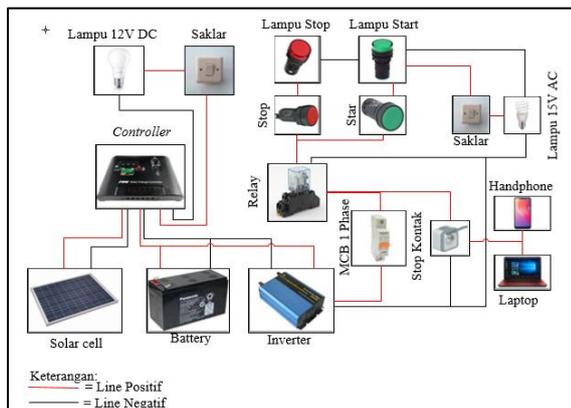
beberapa komponen penting lainnya yang diperlukan seperti Baterai, *Solar Charge Control* dan Inverter. Baterai yang digunakan berkapasitas 12V/38Ah, tipe 44B19R/MF NS40Z dengan dimensi 187x127x200 mm. Sedangkan *Solar charge control* berfungsi sebagai *switch* untuk menghentikan arus yang masuk ke baterai melebihi kapasitas, menghindari adanya *overcharging*. Apabila baterai sudah dalam kondisi *full capacity*, listrik yang di hasilkan oleh panel surya untuk mengisi baterai akan terputus secara otomatis. Inverter sebagai komponen pengubah arus DC-AC agar bisa dikonsumsi oleh beban-beban listrik rumah tangga. Spesifikasi inverter yang digunakan adalah daya *output* maksimumnya sebesar 500W, *input Vdc* 12 Volt dan *output Vac* 220V dengan daya *output continous* sebesar 300W. Kemudian memerlukan beban elektrik dalam pengujiannya untuk mendapatkan hasil kinerja alat dengan menghitung nilai efisiensi. Beban elektrik yang digunakan adalah lampu pijar 15W dan 60W. Pada gambar 1 merupakan blok diagram yang menunjukkan rancangan atau desain dari pengaplikasian Panel surya terhadap variasi beban.



Gambar 1 Blok Diagram Sistem

B. Konfigurasi Sistem

Konfigurasi sistem akan menjelaskan secara terperinci dari langkah pengujian Panel surya, konfigurasi sistem keseluruhan pada pengaplikasian panel surya terhadap variasi beban elektrik, dimana daya yang dihasilkan pada *solar cell* akan di simpan oleh baterai dan di kontrol oleh *solar charge controller* yang ditempatkan pada panel box. Didalam panel box terdapat beberapa komponen lain seperti lampu *start stop* berwarna merah dan hijau, relay, *push button*, MCB 1 Phase. Inverter dan *solar charger controller* yang berfungsi untuk mengontrol daya masukan dan keluaran pada *solar charge station*. Kemudian daya keluaran dari *solar control station* digunakan untuk menyalakan lampu 15 Vac dan 12 Vdc serta untuk mensuplai listrik untuk kebutuhan *charge Handphone*, Laptop, dan Tablet.



Gambar 2 Rangkaian Sistem Secara Keseluruhan

C. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Pengumpulan data dilaksanakan setelah melakukan perancangan sistem beserta konfigurasi sistem. Data yang akan diukur berupa nilai tegangan (V) dan Arus (I) dengan menggunakan alat ukur multimeter. Sebelum itu, perlu menghitung nilai daya *input* (P_{in}) dengan persamaan di bawah ini.

$$P_{in} = J \cdot A \tag{3.1}$$

Dimana $J = 1000 \text{ W/m}^2$ (Standar intensitas radiasi matahari), dan $A = 1482 \times 670 \times 35 \text{ mm}$ merupakan luas permukaan *photovoltaic*. Perhitungan nilai daya *output* dengan persamaan dapat dilihat di bawah ini.

$$P_{out} = V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF \tag{3.2}$$

Dimana V_{oc} merupakan Tegangan rangkaian terbuka pada *solar cell*, I_{sc} merupakan Arus hubung singkat pada *solar cell* dan FF merupakan *Fill factor*. Perhitungan FF dapat dihitung menggunakan persamaan di bawah ini.

$$FF = \frac{V_{max} \cdot I_{max}}{V_{oc} \cdot I_{sc}} \tag{3.3}$$

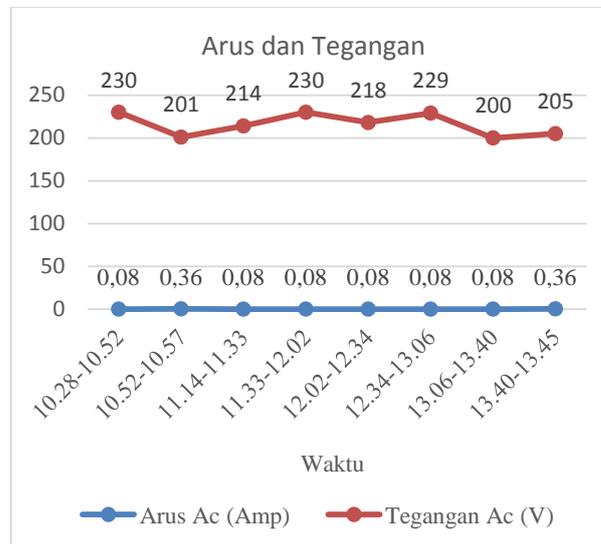
Fill factor merupakan nilai parameter kemampuan kerja sel surya, sehingga perhitungannya merupakan perbandingan dari daya maksimum rangkaian terbuka dengan nilai tegangan rangkaian tertutup dan arus *short circuit*. Sehingga parameter FF mempengaruhi baik buruknya kinerja dari Panel Surya. Untuk dapat mengetahui kinerja dari sistem panel surya yang sudah dirancang, maka dilakukan adanya pengujian. Untuk perhitungan nilai efisiensi dari sistem dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} 100\% \tag{3.4}$$

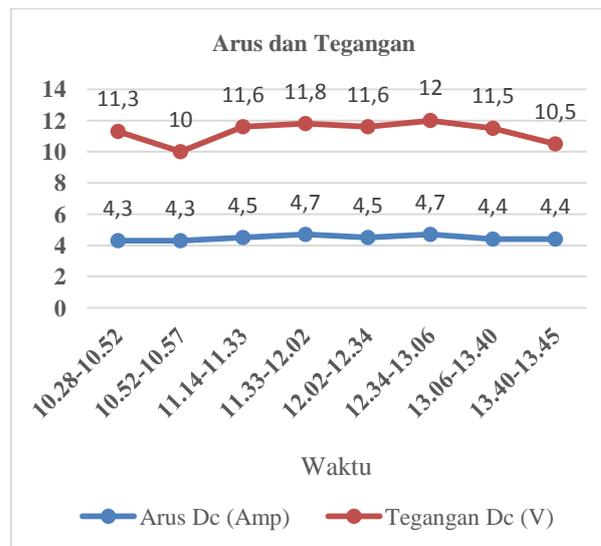
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Alat Panel Surya dengan Variasi Beban (15 W & 60 W)

Pengujian dilakukan dengan pengambilan data selama 3 hari mulai tanggal 11,12, dan 13 maret 2020. Pengujian dilakukan disiang hari ketika cuaca dalam keadaan cerah. Data penelitian yang diambil berupa data arus, dan tegangan pada pengukuran Ac dan Dc. Beban yang digunakan dalam penelitian adalah lampu 15 Watt dan 60 Watt. Pengambilan data dilakukan dalam kondisi *charging* dari *solar cell* ke baterai.



Gambar 3 Hasil Pengukuran Ac Berbeban Hari ke-1



Gambar 4 Hasil Pengukuran Dc Berbeban Hari ke-1

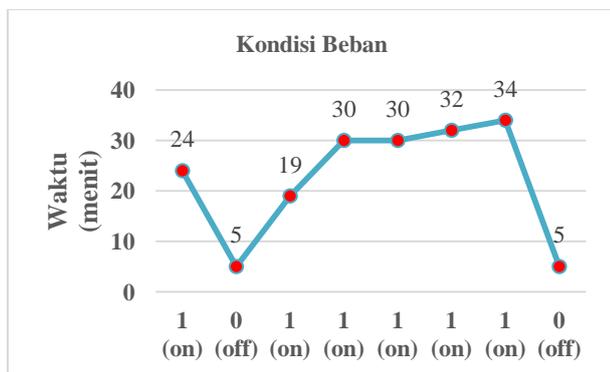
Dari pengujian alat pada hari ke-1, untuk pengukuran beban Ac dapat dilihat pada gambar 3 nilai arus maksimum yang didapatkan adalah 230 A pada pukul 10.00-12,00 siang. Sedangkan untuk nilai tegangannya didapatkan 0,08 V. Pada gambar 2 merupakan hasil pengukuran beban DC, dapat dilihat bahwa nilai arus maksimum didapatkan pada pukul 11.00-12.00 sebesar 11,6 A sedangkan untuk nilai tegangan maksimum didapatkan hasil pengukuran pada pukul 11.00-

13.00. nilai tegangan dan arus yang berubah-ubah ini termasuk dipengaruhi oleh fluktuatif sinar matahari.

Selain melakukan pengukuran nilai arus dan tegangan. Juga dilakukan pemantauan terhadap variasi beban dapat dilihat pada tabel I di bawah ini.

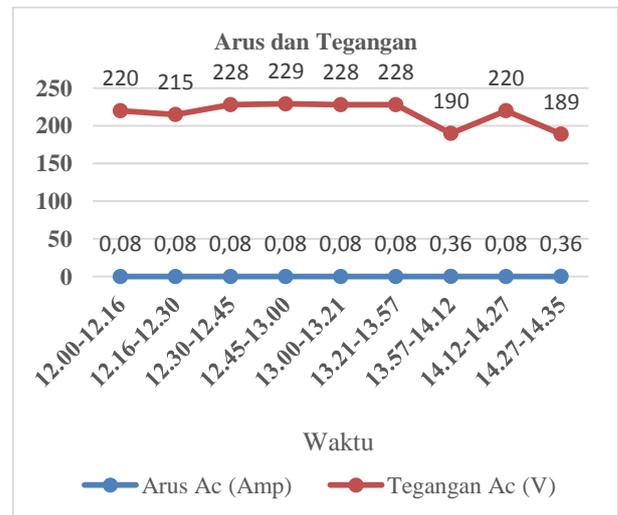
TABEL I
PEMANTAUAN VARIASI BEBAN HARI KE-1

No	Jam	Waktu (menit)	Beban Lampu	Keterangan
1.	10.28-10.52	24	15W	Nyala
2.	10.52-10.57	5	15W+60W	Mati
3.	11.14-11.33	19	15W	Nyala
4.	11.33-12.02	30	15W	Nyala
5.	12.02-12.34	30	15W	Nyala
6.	12.34-13.06	32	15W	Nyala
7.	13.06-13.40	34	15W	Nyala
8.	13.40-13.45	5	15W+60W	Mati

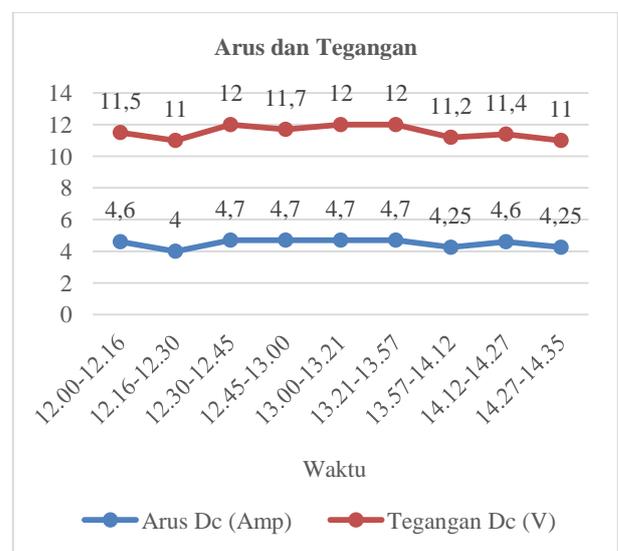


Gambar 5 Kondisi beban Hari ke-1

Pada gambar 5 diatas, dapat dilihat bahwa terjadi kondisi *Off*, dimana kondisi ini mengakibatkan adanya *trip* karena adanya *overload*. Pengujian ini dilakukan dengan 2 buah lampu yang mempunyai daya yang berbeda, saat dilakukan penambahan beban, sumber tegangan terputus.



Gambar 6 Hasil Pengukuran AC Berbeban Hari ke-2



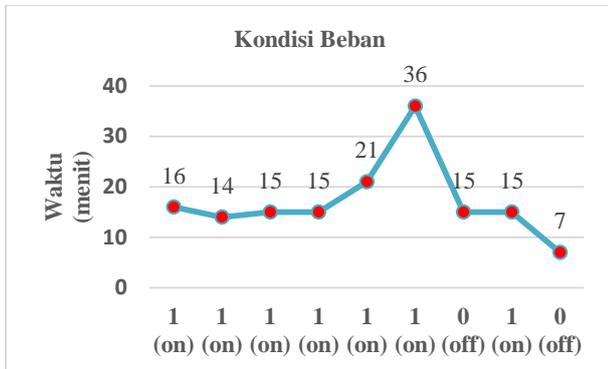
Gambar 7 Hasil Pengukuran AC Berbeban Hari ke-2

Selain melakukan pengukuran nilai arus dan tegangan. Juga dilakukan pemantauan terhadap variasi beban dapat dilihat pada tabel II di bawah ini.

TABEL II
PEMANTAUAN VARIASI BEBAN HARI KE-2

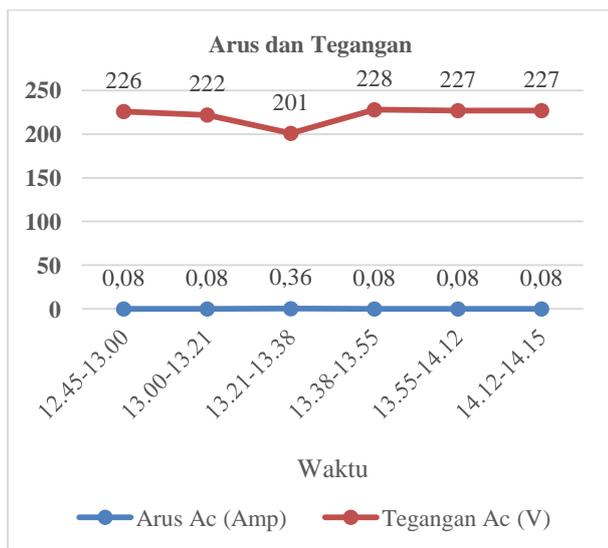
No	Jam	Waktu (menit)	Beban Lampu	Keterangan
1.	12.00-12.16	16	15W	Nyala
2.	12.16-12.30	14	15W	Nyala
3.	12.30-12.45	15	15W	Nyala
4.	12.45-13.00	15	15W	Nyala
5.	13.00-13.21	21	15W	Nyala
6.	13.21-13.57	36	15W	Nyala

7.	13.57-14.12	15	15W+60W	Mati
8.	14.12-14.27	15	15W	Nyala
9.	14.27-14.35	7	15W+60W	Mati

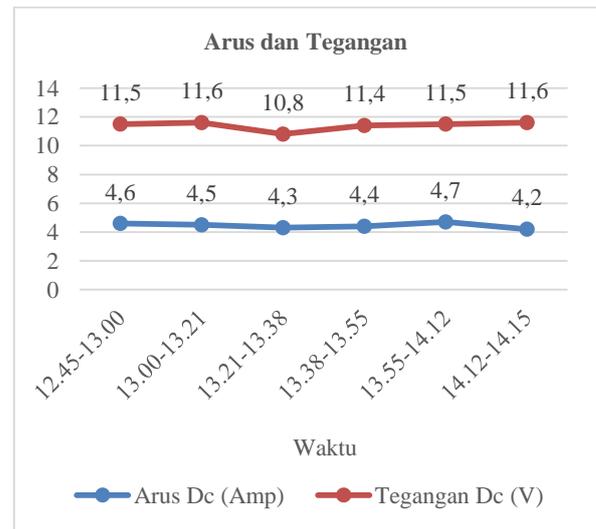


Gambar 8 Kondisi beban Hari ke-2

Pada gambar 8 diatas, dapat dilihat bahwa terjadi kondisi *Off*, dimana kondisi ini mengakibatkan adanya *trip* karena adanya *overload*. Pengujian ini dilakukan dengan 2 buah lampu yang mempunyai daya yang berbeda, saat dilakukan penambahan beban, sumber tegangan terputus.



Gambar 9 Hasil Pengukuran AC Berbeban Hari ke-3

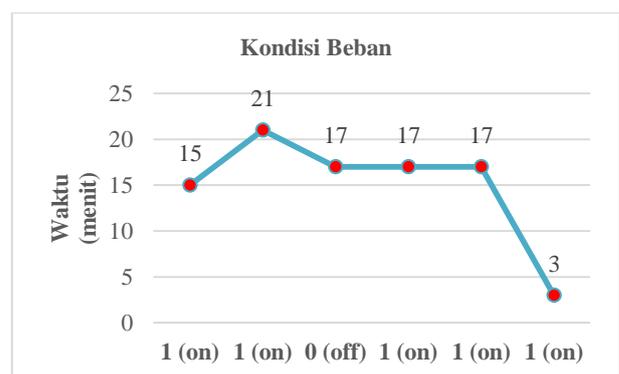


Gambar 10 Hasil Pengukuran AC Berbeban Hari ke-3

Selain melakukan pengukuran nilai arus dan tegangan. Juga dilakukan pemantauan terhadap variasi beban dapat dilihat pada tabel III di bawah ini

TABEL III
PEMANTAUAN VARIASI BEBAN HARI KE-3

No	Jam	Waktu (menit)	Beban Lampu	Keterangan
1.	12.45-13.00	15	15W	Nyala
2.	13.00-13.21	21	15W	Nyala
3.	13.21-13.38	17	15W+60W	Mati
4.	13.38-13.55	17	15W	Nyala
5.	13.55-14.12	17	15W	Nyala
6.	14.12-14.15	3	15W	Nyala



Gambar 11 Kondisi beban Hari ke-3

Pada gambar 11 diatas, dapat dilihat bahwa terjadi kondisi *Off*, dimana kondisi ini mengakibatkan adanya *trip* karena adanya *overload*. Pengujian ini dilakukan dengan 2 buah lampu yang mempunyai daya yang berbeda, saat dilakukan penambahan beban, sumber tegangan terputus.

B. Analisis Efisiensi PV dan Inverter

TABEL IV
PENGUKURAN PV DALAM KONDISI CHARGING

No	Jam	Arus (Amp)	Tegangan (V)	Daya (Watt)
1.	11.33-12.02	4,8 A	12,21 V	58,608
2.	12.02-12.34	4,7 A	12 V	56,4
3.	12.34-13.06	4,7 A	12,22 V	57,434
4.	13.06-13.40	4,6 A	19,53 V	89,838
5.	13.40-14.10	4,6 A	18 V	82,8
6.	Rata-Rata	4,6 A	14,79 V	57,736

Dari data tabel 4 diatas dapat dilihat hasil dari pengukuran PV dalam kondisi *charging*. Pengambilan data dilakukan dari jam 11.33 sampai 14.10, sehingga didapatkan rata-rata daya sebesar 57,736 W dengan P_{max} pada *Photovoltaic* (PV) sebesar 150 W. Standar efisiensi pada *Photovoltaic* berdasarkan pabrik adalah sebagai berikut:

$$P_{in} = J \cdot A \tag{4.1}$$

Diketahui:

$J = 1000 \text{ W/m}^2$ (Standar intensitas radiasi matahari)

$A = 1482 \times 670 \times 35 \text{ mm}$ ($PxLxT$) dirubah ke m menjadi sebagai berikut, $1,482 \times 0,67 \times 0,035 \text{ m}$

karena A adalah luas permukaan pada PV maka dirumuskan sebagai berikut:

$$A = PxL (1,482 \times 0,67) = 0,99294 \text{ m} \tag{4.2}$$

$$P_{in} = 1000 \text{ W/m}^2 \times 0,99294 \text{ m} = 992,94 \text{ W} \tag{4.3}$$

$$FF = \frac{V_{max} \cdot I_{max}}{V_{oc} \cdot I_{sc}} \tag{4.4}$$

Diketahui:

$$V_{max} = 17,6 \text{ V}$$

$$I_{max} = 8,54 \text{ A}$$

$$V_{oc} = 220 \text{ V}$$

$$I_{sc} = 9,09 \text{ A}$$

Dimana nilai V_{max} , I_{max} , V_{oc} , dan I_{sc} didapatkan dari spesifikasi modul *photovoltaic* yang digunakan.

$$FF = \frac{17,6 \text{ V} \cdot 8,54 \text{ A}}{220 \text{ V} \cdot 9,09 \text{ A}} = \frac{150,304}{1999,8} = 0,075 \tag{4.5}$$

$$P_{out} = 220 \text{ V} \times 9,09 \text{ A} \times 0,075 = 149,985 \text{ W} \tag{4.6}$$

$$\eta = \frac{149,985 \text{ W}}{992,94 \text{ W}} \cdot 100\% = 15\% \tag{4.7}$$

Sehingga didapatkan efisiensi daya guna yang dihasilkan pada PV saat digunakan berdasarkan dari data rata-rata daya

tabel pada saat *charging* untuk sistem yang dibuat adalah sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \cdot 100\% \tag{4.8}$$

Keterangan:

η = Efisiensi

P_{out} = Daya *output* (daya rata-rata pada tabel)

P_{in} = Daya *input*

$$\eta = \frac{57,736 \text{ W}}{992,94 \text{ W}} \cdot 100\% = 5\% \tag{4.9}$$

Kemudian dilakukan perhitungan efisiensi inverter dengan persamaan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \cdot 100\% \tag{4.10}$$

Keterangan:

η = Efisiensi

P_{out} = Daya *output* (daya rata-rata pada tabel)

P_{in} = Daya *input*

Sehingga efisiensi inverter didapatkan seperti pada tabel dibawah ini:

TABEL V
EFISIENSI INVERTER

Hari Ke-	Jam	Pac Rata-rata (Watt)	Pdc Rata-rata (Watt)	Efisiensi Inverter (%)
1	10.28-13.45	32,381W	50,511W	64%
2	12.00-14.35	30,767W	51,9W	59%
3	12.45-14.15	28,098W	50,73W	55%

Tabel V efisiensi inverter diatas menggunakan rata-rata dari daya AC dan daya DC pada inverter selama 3 hari pengambilan data.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa *solar charge* yang telah dibangun hanya dapat digunakan untuk menyalakan lampu 15W, tidak untuk 75W dan bisa ditambahkan untuk *charge Handphone, Laptop, dan Tablet*. Pada penelitian yang telah dilakukan juga dapat disimpulkan bahwa kondisi *charge* yang baik adalah pada siang hari di jam 11.00 sampai 14.00 ketika cuaca dalam keadaan cerah.

Kondisi komponen pada sistem yang dibuat mempengaruhi efisiensi daya yang dikeluarkan, seperti pada penelitian yang telah dilakukan bahwa ketika kondisi inverter kurang baik membuat penggunaan daya keluaran menjadi

lebih besar sehingga yang sebelumnya bisa untuk menyalakan lampu diatas dari 15W menjadi tidak tahan lama.

Selain faktor dari kondisi inverter, kapasitas baterai yang digunakan dan modul *photovoltaic* juga mempengaruhi sistem yang telah dibuat. Seperti yang sudah diketahui bahwa jenis baterai yang digunakan pada penelitian ini adalah baterai tipe 44B19R/MF NS40Z dengan kapasitas tegangan 12V/38 Ah, sebelum penelitian dilakukan baterai dalam penuh yaitu 12V.

Modul *Photovoltaic* pada pabrik diketahui efisiensi sebesar 15% dan pada penggunaan PV yang telah diukur pada penelitian didapat efisiensi daya guna sebesar 5% penggunaan pada saat *charge*. Sedangkan efisiensi *inverter* pada hari ke-1=64%, hari ke-2=59%, hari ke-3=55%.

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa sistem layak untuk digunakan pada gazebo fakultas Teknik universitas mulawarman, dan dapat digunakan juga ditempat lain yang berada pada Ruang Terbuka Hijau (TRH).

REFERENSI

- [1] A. Julisman, I. D. Sara, and R. H. Siregar, "Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Atap Stadion Bola", Teknik Elektro dan Komputer, Universitas Syiah Kuala, e-ISSN: 2252-7036, pp. 35-42, Vol. 2, No. 1 2017.
- [2] M. Bachtiar, "Prosedur Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Perumahan (Solar Home System)", Staf Pengajar D3 Teknik Listrik, Universitas Negeri Tadulako, pp. 176-182, Vol. 4, No.13, Agustus 2006.
- [3] M. Rif'an, S. HP, M. Shidiq, R. Yuwono, H. Suyono, and F. S, "Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya", EECCIS, Vol. .6 No. 1, Juni 2012.
- [4] M. Roal, "Peningkatan Efisiensi Energi Menggunakan Baterai Dengan Kendali Otomatis Penerangan Ruang Kelas Berbasis PLTS". *Electrical Engineering, State Polytechnic of Pontianak*, ELKHA, Vol. 7, No. 2, Oktober 2015.
- [5] F. R. Aditia, "Perancangan Tenaga Surya Lampu Celup Bawah Air (LACUBA) Pada Bagan Apung)", Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2017.