
KAJIAN EKSPERIMEN PENGGUNAAN SOLAR CELL SEBAGAI ALTERNATIF PENGISIAN AKUMULATOR 200Ah 12 Volt MESIN DIESEL PLTD

Bakharuddin Yusuf¹ Seno Darmanto² Sri Utami Handayani³ Susastro⁴
Universitas Diponegoro; Jl.Hayam Wuruk No.4 Pleburan Semarang 50241
Sekolah Vokasi Rekayasa Perancangan Mekanik,Departemen Teknologi Industri UNDIP,
Semarang
e-mail: bayu.xia7.12@gmail.com

Abstrak

PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) merupakan salah satu jenis pembangkit yang digunakan oleh beberapa perusahaan khususnya penyedia tenaga listrik, hanya saja dalam pengoperasiannya PLTD membutuhkan biaya cukup besar untuk memproduksi energi listrik, maka dari itu perlu adanya upaya-upaya untuk menurunkan biaya operasional tersebut salah satunya dengan membuat alternatif pengisian akumulator pada mesin PLTD. Alternatif tersebut berupa prototype solar cell yang dapat digunakan untuk mengisi akumulator 200 Ah 12 Volt agar akumulator tersebut dapat digunakan untuk proses starting pada mesin diesel PLTD. Sehingga pada penulisan ini penulis mencoba membuat kajian eksperimen penggunaan solar cell sebagai alternatif pengisian akumulator 200 Ah 12 Volt dimana pada kajian eksperimen ini menghasilkan prototype solar cell 2 x 80 Wp mobile yang dapat digunakan untuk pengisian akumulator mesin PLTD. Selain itu, dari kajian eksperimen ini diperoleh hasil pengisian akumulator sebesar 1.444,92 Wh yang cukup digunakan untuk proses starting dinamo starter pada mesin diesel PLTD serta diperoleh nilai penghematan pertahunnya.

Kata kunci : : PLTD; prototype; solar cell

Abstract

PLTD (Diesel Engine Power Plant) is one generator used by several companies, especially electricity providers. It's just that PLTD requires a large enough cost to produce electrical energy. Therefore it is necessary to make efforts to reduce operational costs, one of which is by making an alternative to charging the accumulator on the diesel engine. The alternatif is a prototype solar cell that can charge the 200 Ah 12 Volt accumulator so that the accumulator can be used for the starting process diesel engine (PLTD). So, at this writing the author tries to make an experimental study of the use of solar cells as an alternative to charging a 200 Ah 12 Volt accumulator which in this experimental study proceduces a 2 x 80 Wp mobile solar cell prototype that can be used for charging the accumulator of PLTD machines. In addition, from this experimental study, the results of accumulator charging of 1,444.92 Wh are sufficient to be used for the dynamo starter process on diesel diesel engines and the annual savings value is obtained.

Keywords : PLTD; prototype; solar cell

1. PENDAHULUAN

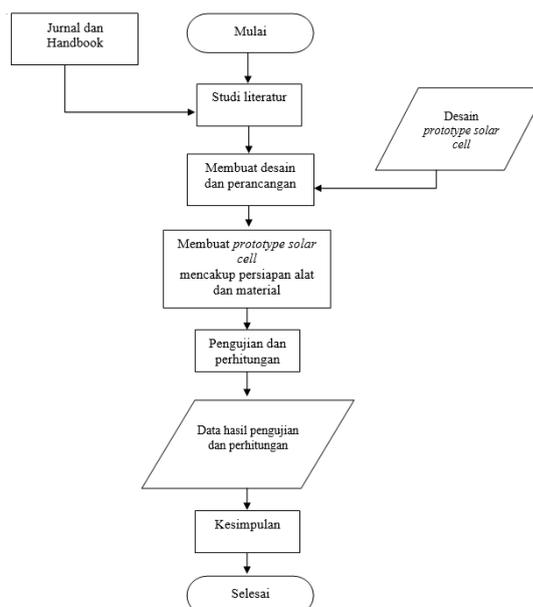
PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) merupakan salah satu jenis pembangkit yang digunakan oleh beberapa perusahaan khususnya penyedia tenaga listrik. Dilain sisi, seperti yang diketahui bahwa mesin diesel membutuhkan biaya pokok produksi yang cukup besar dalam memproduksi listrik 1 kWh sehingga perlu adanya upaya-upaya untuk menekan biaya tersebut, salah satu upaya yg akan dilakukan yaitu dengan membuat kajian eksperimen penggunaan *solar cell* sebagai alternatif pengisian akumulator mesin diesel PLTD [1]. Mesin diesel PLTD terdiri dari sistem peralatan utama dan peralatan bantu (*Auxiliary*), pada sistem peralatan bantu terdapat sistem starting yang mana pada saat proses starting mesin diesel membutuhkan komponen penggerak awal yang dinamakan dinamo starter dimana dinamo starter memperoleh suplai arus DC dari akumulator (aki) berkapasitas 200 Ah 24 Volt [2].

Pada pengoperasiannya, akumulator membutuhkan proses pengisian ulang sehingga akumulator dapat digunakan untuk proses *starting*. Pengisian ulang akumulator menggunakan pemakaian sendiri (PS) sehingga pada proses pengisian akumulator tentunya membutuhkan biaya operasional yang tidak sedikit.

Salah satu sumber energi terbarukan yang sangat besar dan mudah didapatkan di wilayah Indonesia untuk menghasilkan suatu energi listrik adalah energi matahari. Hal tersebut menjadi salah satu potensi penggunaan *solar cell* untuk pengisian akumulator pada mesin diesel PLTD [3]. Sehingga pada penulisan ini penulis mencoba membuat kajian eksperimen penggunaan *solar cell* sebagai alternatif pengisian akumulator 200 Ah 24 Volt mesin PLTD, dimana pada kajian tersebut diharapkan dapat mengetahui seberapa lama serta seberapa banyak jumlah *solar cell* untuk dapat digunakan menjadi salah satu media alternatif pengisian akumulator mesin PLTD [4].

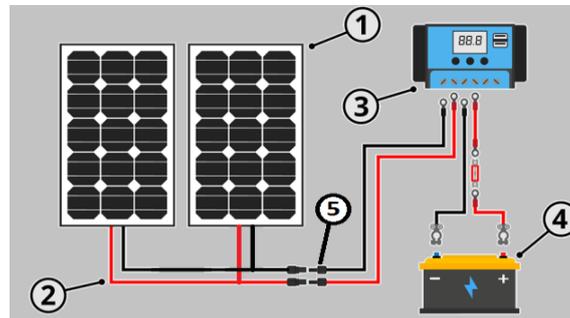
2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alir



Gambar 1. Diagram alir

2.2 Membuat Skema Rancangan dan Desain Solar Cell



Gambar 2. Skema rancangan solar cell

Pada perancangan *solar cell* serta perhitungannya, dibutuhkan beberapa peralatan dan material yang digunakan diantaranya [5] :

a. Photovoltaic

Tabel 1. Spesifikasi *Photovoltaic*

Merk/Type	Sharp/NE-080T1J
Maximum power (+10%/-5%)(Pmax)	80.0 W
Open circuit voltage (Voc)	21.6 volt
Short – circuit current (Isc)	5.15 A
Voltage point of maximum power (Vmpp)	17.3 V
Current point of maximum power (Impp)	4.63 A
Maximum system voltage	600 V
Over – current protection	10 A
Dimention (mm)	545 X 1214

b. Kabel DC

Sesuai dengan desain yang telah dibuat yaitu menggunakan 2 buah *photovoltaic* yang dirangkai secara paralel sehingga arus total yang dihasilkan sebesar 9.2 A

$$I_{\text{tot paralel}} = I_1 + I_2 \tag{1}$$

$$I_{\text{tot paralel}} = 4.63 \text{ A} + 4.63 \text{ A}$$

$$I_{\text{tot paralel}} = 9.2 \text{ A}$$

Secara perhitungan, arus maksimal yang dihasilkan 2 buah *photovoltaic* sebesar 9.2 A sehingga dibutuhkan kabel dengan penampang sebesar 1,5 mm².

c. Solar Charge Controller

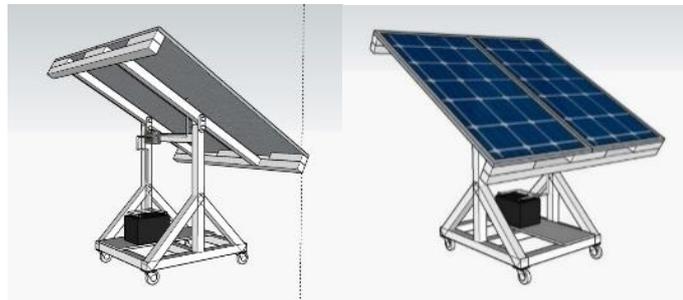
Tabel 2. Spesifikasi SCC

No	Keterangan	Satuan
1	Nilai arus maksimal	20 ampere
2	Tegangan	12 volt

d. Akumulator

e. MC connectory Y type 1

f. Rangka besi untuk dudukan *photovoltaic*



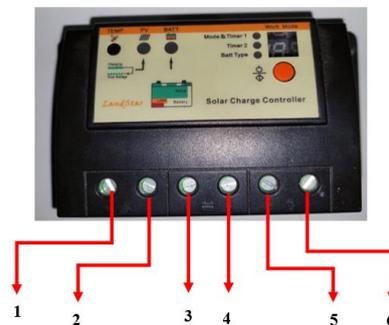
Gambar 3. Desain rancangan *solar cell*

Untuk desain *solar cell* dibuat dengan sudut kemiringan sebesar 15° sesuai dengan posisi garis lintang di Indonesia yaitu antara $0 - 15^{\circ}$ agar arus output yang dihasilkan bisa optimal. Selain itu ada beberapa peralatan bantu yang digunakan untuk mengukur hasil pengujian diantaranya yaitu [6] :

- a. Avo meter
- b. Clamp meter
- c. Alat tulis/laptop

2.3 Proses Pembuatan dan Perancangan

1. Proses pembuatan rangka dan dudukan photovoltaic
2. Proses pemasangan panel *photovoltaic* pada rangka dudukan
3. Proses parallel 2 unit *photovoltaic*
4. Pemasangan *solar charge controller (SCC)*



Gambar 4. Wiring terminal *solar charge controller*

Tabel 3. Wiring terminal *solar charge controller*

Nomor	Keterangan
1	Terminal input dari sumber <i>photovoltaic</i> (+)
2	Terminal input dari sumber <i>photovoltaic</i> (-)
3	Terminal output ke beban akumulator (+)
4	Terminal output ke beban akumulator (-)
5	Terminal output ke beban lampu DC (+)
6	Terminal output ke beban lampu DC (-)

5. Pemasangan kabel output dari *solar charge controller* ke beban (akumulator)
6. Pemasangan Akumulator

2.4 Pengujian Alat

Pengujian alat disini bertujuan untuk memastikan hasil dari kajian eksperimen terhadap perhitungan secara teoritis apakah sudah sesuai atau tidak. Pengujian alat dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut [7]:

1. Melakukan pengujian terhadap output *solar cell* yaitu mengukur tegangan output pada *solar cell* menggunakan avo meter apakah sesuai dengan spesifikasi yang tertera pada name plate.
2. Melakukan pengecekan terhadap rangkaian kabel wiring dari *solar cell* yang disusun secara parallel menuju ke *solar charge controller* kemudian ke baterai sesuai pada skema pada **Gambar 7**.
3. Lakukan pengujian pengisian, pengujian dimulai pukul 07.00 WITA hingga pukul 17.00 WITA apabila dihari tersebut masih belum penuh pengujian dilanjutkan hari selanjutnya hingga akumulator terisi penuh.
4. Catat parameter pengukuran pada *solar charge controller* maupun pada pengukuran manual menggunakan *clamp meter* dan *avo meter*.
5. Lakukan dokumentasi atau foto hasil pengukuran kemudian catat parameter menggunakan format tabel dibawah ini.

Tabel 4. Format Tabel Pengujian

Jam	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)
07.00	1.3	13.8
08.00	2.3	13.8
09.00	4.3	13.8
10.00	5.5	13.8
11.00	6.5	13.8
12.00	7.8	13.8
13.00	5.0	13.8
14.00	6.7	13
15.00	6.1	13
16.00	4.3	13
17.00	0.9	13

6. Untuk mengetahui bahwa baterai sudah penuh lakukan pengukuran arus menggunakan *clamp meter* ataupun melihat pada display *solar charge controller*. Apabila nilai arus terbaca 0 ampere berarti menunjukkan bahwa baterai sudah penuh. Hasil pengukuran terhadap nilai arus pada saat kondisi akumulator penuh dapat ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 5. Pengukuran nilai arus yang mengalir ke akumulator

7. Catat pada tabel monitoring pengukuran.
8. Hasil dari pengukuran yang menunjukkan nilai arus 0 ampere menunjukkan bahwa proses pengisian selesai atau dengan kata lain bahwa akumulator sudah terisi penuh.
9. Selain itu, lakukan perhitungan terhadap hasil pengujian untuk menentukan apakah proses pengisian akumulator menggunakan 2 unit *photovoltaic* 80 Wp selama 8 jam sudah bisa untuk digunakan proses starting dinamo starter mesin diesel PLTD.

2.5 Perhitungan Secara Teoritis

Pada penelitian ini perhitungan secara teoritis dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Menghitung daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan dinamo starter.

Tabel 5. Spesifikasi *dinamo starter*

Keterangan	Satuan
Tegangan	24 V
Arus	54 A

Sehingga, dapat diketahui kebutuhan daya dari dinamo starter:

$$P = I \times V \times \cos \varphi \quad (2)$$

$$P = 54 \text{ A} \times 24 \text{ V} \times 0.85$$

$$P = 1.101,6 \text{ Watt}$$

Keterangan:

$$P = \text{Daya (Watt)}$$

$$I = \text{Arus (Ampere)}$$

$$V = \text{Tegangan (Volt)}$$

$$\cos \varphi = \text{Faktor daya (0,85)}$$

Sehingga apabila melakukan pengisian akumulator dengan kapasitas 1.101,6 watt hour saja sudah cukup untuk menggerakkan dinamo starter mesin diesel.

2. Menghitung Jumlah *Solar Charge Controller*

$$T = P/V \quad (3)$$

Dimana :

T = Total *solar charge controller* yang dibutuhkan

P = Daya listrik dalam satuan watt (W)

V = Tegangan baterai (volt)

Sehingga,

$$T = n \times (\text{kapasitas solar cell}) / 12 \text{ volt} \quad (4)$$

$$T = 160 \text{ Wp} / 12 \text{ volt}$$

$$T = 13 \text{ ampere}$$

Jadi, apabila menggunakan *solar cell* dengan spesifikasi pada Tabel 2. yaitu 20 ampere maka hanya cukup menggunakan SCC satu unit saja.

3. Waktu yang dibutuhkan

$$T = P : (\text{Wp} \times \text{H}) \quad (5)$$

Dimana :

T = Total panel surya yang dibutuhkan

P = Daya listrik dalam satuan watt (W)

H = Pemakaian per jam (waktu yang dibutuhkan untuk pengisian)

Wp = watt peak

Sehingga,

$$P (\text{aki}) = V \times I \times \cos \phi$$

$$P (\text{aki}) = 12 \text{ volt} \times 200 \text{ Ah} \times 0.85$$

$$P (\text{aki}) = 2400 \text{ Wh}$$

Kemudian nilai H dapat dicari dengan persamaan

$$H = P / T / W_p$$

$$H = 2400 \text{ Wh} / 2 / 80 \text{ Wp}$$

$$H = 15 \text{ H (jam)}$$

Dari perhitungan diatas dapat diperoleh nilai H atau lamanya waktu pengisian apabila menggunakan solar cell sesuai spesifikasi table 3.4, yaitu 15 jam pengisian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Rancangan dan Desain Alat



Gambar 6. Hasil rancang bangun solar cell yang di rangkai parallel

3.2 Data Hasil Pengukuran

Tabel 6. Hasil pengujian dan pengukuran pertama

Jam	Arus (ampere)	Tegangan (volt)	Daya Output (watt)
07.00	1.3	13.8	15
08.00	2.3	13.8	26.9
09.00	4.3	13.8	50.43
10.00	5.5	13.8	64.5
11.00	6.5	13.8	76.24
12.00	7.8	13.8	91.49
13.00	5.0	13.8	58.65
14.00	6.7	13	74.035
15.00	6.1	13	67.5
16.00	4.3	13	47.5
17.00	0.9	13	9.94

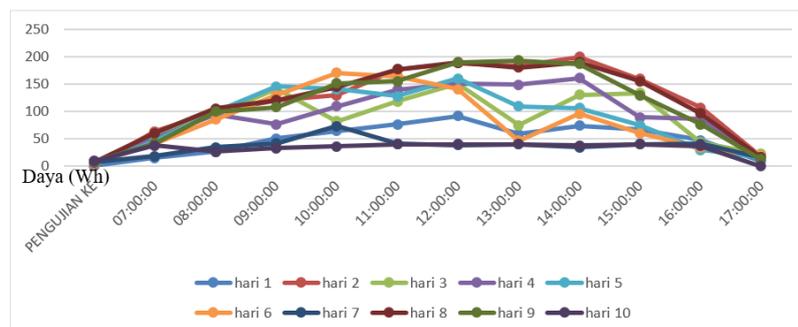
Tabel 7. Hasil pengujian dan pengukuran kedua

Jam	Arus Total (ampere)	Tegangan (volt)	Daya Output (watt)
07.00	4,6	13.8	63.48
08.00	6.8	14.6	99.28
09.00	7.8	15.5	120.9
10.00	8.2	15.8	129.56
11.00	10.8	16.4	177.12
12.00	11.2	16.8	188.16

13.00	11.2	16.4	183.68
14.00	11.8	16.9	199.42
15.00	9.7	16.4	159.08
16.00	6.9	15.5	106.95
17.00	1.2	14.41	17.292

Kondisi pada pengujian pertama pada Tabel 6. diatas masih jauh dari data spesifikasi *solar cell* dikarenakan kondisi saat pengujian pertama sedang mendung dan hujan sehingga berdasarkan pengujian diatas dapat diperoleh nilai daya pengisian akumulator sebesar $\pm 582,47$ Wh, dimana seharusnya kebutuhan energi listrik untuk pengisian pada akumulator berkapasitas 200 Ah adalah sebesar 2400 Wh maka apabila proses pengisian dilakukan dengan kondisi diatas baterai akan terisi penuh selama ± 5 hari.

Sedangkan pada pengujian Tabel 7. diatas, hasil pengujian sudah mendekati perhitungan secara teoritis dimana secara perhitungan hasil pengujian diperoleh nilai Wh sebesar 1.444,92 Wh. Berikut grafik perbandingan hasil pengujian pertama dengan ke dua dimana kondisi cuaca pada pengujian ke dua dalam kondisi cerah.



Gambar 7. Grafik hasil pengujian pengisian akumulator

3.3 Analisa Hasil Perhitungan dengan Pengujian

Berdasarkan hasil perhitungan secara teoritis dan pengujian dilapangan, diperoleh hasil pengujian yang ke 2 dengan kondisi cuaca yang bagus mendekati hasil perhitungan teoritis, dimana pada perhitungan secara teoritis pengisian akumulator 200 Ah 12 volt dapat dilakukan selama 15 jam hingga penuh atau sebesar 2400 Wh, sedangkan pada pengujian dilapangan dengan material serta peralatan yang sesuai dengan spesifikasi terdaftar pengisian akumulator 200 Ah 12 volt yang dilakukan selama 8 jam dengan kondisi cuaca bagus dihasilkan pengisian sebesar 1.444,92 Wh. Sehingga penggunaan 2 unit solar sel dengan kapasitas 80 Wp tidak cukup untuk melakukan pengisian akumulator secara penuh dalam waktu 8 jam pengisian. Akan tetapi pada hasil pengisian akumulator pada pengujian ke dua yaitu sebesar 1.444,92 Wh sudah cukup untuk digunakan proses starting dinamo starter pada mesin diesel PLTD yang membutuhkan daya sebesar **1.101,6 watt**.

3.4 Rekomendasi

Untuk melakukan starting mesin diesel dengan menggunakan dinamo starter sesuai tabel 3.2 maka dibutuhkan daya sebesar 1.101,6 Watt, dimana pada hasil perhitungan serta pengujian ke dua yang telah dilakukan selama 8 jam dari pukul 07.00 sampai dengan 17.00 diperoleh pengisian sebesar 1.444,92 watt hour sehingga hasil pengujian menggunakan

prototype yaitu 2 unit *photovoltaic* berkapasitas 80 Wp ini sudah dapat digunakan untuk proses starting dinamo starter pada mesin diesel PLTD.

Selain itu dapat diketahui luasan lokasi/lahan yang dibutuhkan untuk meletakkan *solar cell* dengan spesifikasi pada tabel 3.4 yaitu sebesar.

$$\begin{aligned}\text{Luasan solar cell keseluruhan} &= 2 \text{ unit solar cell} \times \text{dimensi solar cell} \\ &= 2 \text{ unit solar cell} \times 0,66163 \text{ m}^2 \\ &= 1,3 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Sehingga total luasan area/wilayah yang dibutuhkan untuk meletakkan *solar cell* yaitu sebesar 1,3 m².

3.5 Saving

Berdasarkan tabel pemakaian bahan bakar spesifik satuan pembangkit diesel pada (lampiran 1), diketahui rata-rata nilai SFC (*specific fuel consumption*) PLTD kecil berkapasitas 250-100- kW adalah sebesar 240-290 gr / kWh atau sebesar 0,285 liter/kWh (berat jenis HSD 0.84 sesuai SPLN 79:1987) dan harga solar HSD B30 untuk wilayah III sulawesi per april 2022 adalah Rp. 17.600,00 / liter (lampiran 2). Jadi dapat diketahui biaya untuk memproduksi 1 kWh pada mesin diesel PLTD kecil yaitu sebesar :

$$\begin{aligned}\text{Biaya produksi 1 kWh} &= \text{Harga solar HSD B30 per liter} \times \text{nilai SFC (specific fuel consumption)} \\ &= \text{Rp } 17.600,00 / \text{liter} \times 0,285 \text{ liter/kWh} \\ &= \text{Rp. } 5.016,00 / \text{kWh}\end{aligned}$$

Sehingga, untuk melakukan pengisian 1 unit akumulator berkapasitas 200 Ah 12 Volt atau sebesar 2400 Wh membutuhkan biaya sebesar:

$$2400 \text{ Wh} = 2,4 \text{ kWh}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya untuk mengisi akumulator 1 hari} &= 2,4 \text{ kWh} \times \text{Rp } 5.016,00/\text{kWh} \\ &= \text{Rp } 12.038,00\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya untuk mengisi akumulator 1 tahun} &= \text{Rp } 12.038,00 \times 30 \text{ hari} \times 12 \text{ bulan} \\ &= \text{Rp } 4.333.824,00\end{aligned}$$

Sehingga penghematan yang dapat diperoleh setiap tahunnya untuk 1 akumulator adalah sebesar Rp 4.333.824,00.

Penghematan yang dapat diperoleh setiap tahunnya untuk 1 akumulator adalah sebesar Rp 4.333.824,00. Dimana biaya yang dibutuhkan dalam membuat satu *prototype solar cell* sesuai Tabel 7. adalah sebesar Rp 9.762.000,00 maka butuh waktu selama 2 tahun untuk dapat menutup biaya investasi awal.

$$\text{Break event point} = \frac{\text{Biaya yang dibutuhkan untuk investasi}}{\text{Biaya penghematan yang diperoleh}}$$

$$\text{Break event point} = \frac{\text{Rp. } 9.762.000,00}{\text{Rp. } 4.333.824,00}$$

$$\text{Break event point} = 2,2 \text{ tahun}$$

Sehingga diperoleh break event point selama 2,2 tahun untuk mengembalikan modal biaya investasi.

4. KESIMPULAN

Dari hasil evaluasi data dan pembahasan, bisa diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Kajian eksperimen penggunaan *solar cell* sebagai alternatif pengisian akumulator 200 Ah 12 volt menghasilkan *prototype solar cell* 2 x 80 Wp yang bisa digunakan untuk pengisian akumulator dimana *prototype* dapat digunakan secara *mobile* bisa dipindahkan sesuai kebutuhan.
 2. Pada pengujian pengisian akumulator 200 Ah 12 volt yang telah dilaksanakan menggunakan 2 unit *photovoltaic* berkapasitas 80 Wp selama 8 jam dari pukul 7.00 sampai dengan 17.00
-

menghasilkan energi listrik sebesar 1.444,92 Wh yang cukup untuk proses starting mesin diesel diwaktu sore harinya.

3. Dari hasil pengujian dengan kondisi cuaca mendung dan cuaca cerah diperoleh perbedaan hasil yang signifikan, maka pengisian akumulator menggunakan *prototype solar cell* baiknya dilakukan saat kondisi cuaca cerah.
4. Dengan adanya alternatif pengisian akumulator mesin diesel PLTD maka akan diperoleh saving atau penghematan sebesar Rp 4.333.824,00 per tahun.

5. SARAN

Adapun saran yang dapat disampaikan dari Proyek Akhir ini adalah :

1. Menggunakan bahan atau peralatan dengan harga yang murah dipasaran.
2. Untuk memaksimalkan hasil pengujian dilakukan saat kondisi cuaca bagus dengan kata lain bukan musim hujan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Setiawan, I. A., Kumara, I. S., & Sukerayasa, I. W. (2014). Analisis Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Satu MWP Terinterkoneksi Jaringan di Kayubih, Bangli. *Teknologi Elektro*, 13(1).
- [2] Rahayuningtyas, A., Kuala, S. I., & Apriyanto, I. F. (2014). Studi Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Skala Rumah Sederhana Di Daerah Pedesaan Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Untuk Mendukung Program Ramah Lingkungan Dan Energi Terbarukan. *Prosiding SNaPP: Sains, Teknologi*, 4(1), 223-230.
- [3] Rohmana, R. A. (2014). *Analisa Performansi dan Monitoring Solar Photovoltaic System (SPS) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Tuban Jawa Timur* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- [4] Darma, S. (2017). Analisa Perkiraan Kemampuan Daya Yang Dibutuhkan Untuk Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). *Jurnal Ampere*, 2(1), 39-53.
- [5] Gustiawan, R., Susanti, E., & Gunoto, P. (2019). PERANCANGAN SOLAR CELL SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK ALTERNATIF UNTUK PENERANGAN LOBBY FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS RIAU KEPULAUAN. *SIGMA TEKNIKA*, 2(2), 151-157.
- [6] Iqtimal, Z., Sara, I. D., & Syahrizal, S. (2018). Aplikasi sistem tenaga surya sebagai sumber tenaga listrik pompa air. *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*, 3(1).
- [7] Mahardika, I. G. N. A., Wijaya, I. W. A., & Rinas, I. W. (2016). Rancang Bangun Baterai Charge Control Untuk Sistem Pengangkat Air Berbasis Arduino Uno Memanfaatkan Sumber PLTS. *E-Journal SPEKTRUM*, 3(1).
- [8] Rif'an, M., Pramono, S. H., Shidiq, M., Yuwono, R., Suyono, H., & Suhartati, F. (2012). Optimasi pemanfaatan energi listrik tenaga matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya. *Jurnal EECCIS*, 6(1), 44-48.
- [9] Setiono, I. (2015). Akumulator, pemakaian dan perawatannya. *METANA*, 11(01).
- [10] Asy'ari, H., Rozaq, A., & Putra, F. S. (2014). Pemanfaatan solar cell dengan pln sebagai sumber energi listrik rumah tinggal.
- [11] PUSDIKLAT. PT PLN (Persero). Kinerja Perusahaan PLTD. Hal 1-27
- [12] Smith, R. J., & Dorf, R. C. (2009). *Circuits, devices and systems*. John Wiley & Sons.