

Perancangan dan Realisasi Kebutuhan Kapasitas Baterai untuk Beban Pompa Air 125 Watt Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya

MUHAMAD BENY DJAUFANI¹,NASRUN HARIYANTO¹,SITI SAODAH²

1. Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional
2. Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Bandung

Email :Djaufani@gmail.com

ABSTRAK

Sistem photovoltaic dengan memanfaatkan energi surya pada sistem pompa air sebagai penyuplai daya adalah salah satu contoh proyek aplikatif pengembangan potensi daya elektrik menggunakan energi surya secara luas di Indonesia. Metoda penelitian ini menggunakan panel surya yang dibebani dengan pompa air pada keadaan cuaca cerah dan mendung. Dari hasil pengukuran dan analisis, didapatkan persentase jatuh tegangan dengan beban yang sama pada sistem fotovoltaik terbesar terjadi pada saat keadaan cuaca mendung sebesar 5,06 % dan jatuh tegangan terkecil pada keadaan cuaca cerah sebesar 4,32 %. Dari hasil pengukuran kapasitas baterai, arus yang terukur pada 10 menit pertama adalah 16,1 ampere, dan 10 menit ke enam sebesar 13,25 ampere, dibandingkan dengan hasil perhitungan sebesar 37,5 Ah. Sisa kapasitas baterai setelah pemakaian adalah 13,25 Ah. Efisiensi rata-rata inverter adalah 46,7835 %. Kebutuhan kapasitas baterai untuk beban pompa air 125 watt menggunakan pembangkit listrik tenaga surya sudah tepat.

Kata Kunci : Fotovoltaik, Baterai, Pompa Air, Inverter, Jatuh Tegangan

ABSTRACT

Photovoltaic can be defined as a process of sunlight conversion directly into electrical energy with the help of solar cells. For instance, using solar energy extensively in Indonesia on water pump system as power supply, is a potential electrical supply project development application. The research method was the solar panel on the loaded water pump on sunny and cloudy condition. As trial and analysis results, the voltage drop percentage with the same debit on biggest photovoltaic system was happened on the cloudy weather, as 5.06 %, and the smallest on the sunny weather, as 4.32%. From the results of measurements of current battery capacity, it was measured in the first 10 minutes of 16.1 amperes, and sixth 10 minutes of 13.25 amperes, compared to the results of the calculation of 37.5 Ah. The remaining battery capacity after 1 hour due to the water pump loaded was 13.25 Ah. The inverter efficiency was 46,7835 % in average. The necessary battery capacity due to the water pump 125 watt loaded using solar power was proper choice.

Key word: photovoltaic, battery, water pump, inverter, drop voltage

1. PENDAHULUAN

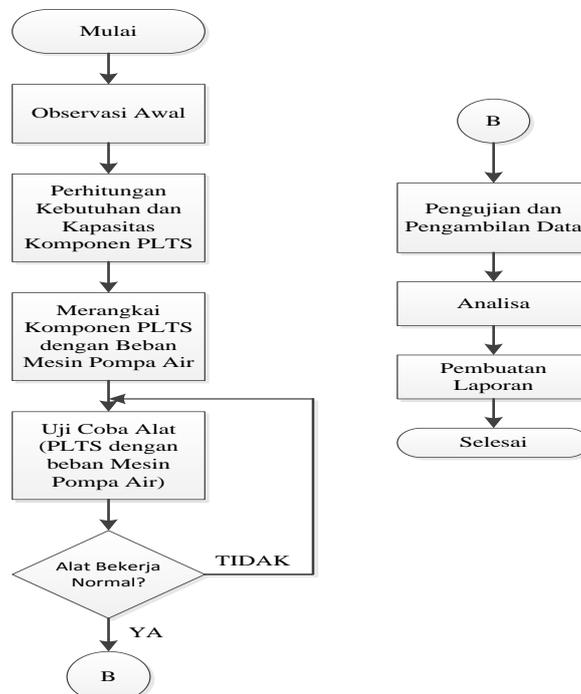
Salah satu upaya untuk mengatasi krisis energi listrik adalah mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi fosil. Hal ini dikarenakan energi fosil yang ada, jumlahnya terbatas dan energi fosil ini juga merupakan energi yang tidak dapat diperbaharui, jadi butuh jutaan tahun untuk menciptakannya. Karena kelangkaan tersebut, pompa air yang biasanya menggunakan sumber energi listrik yang bahan bakarnya berasal dari energi fosil bisa diganti menggunakan sumber energi listrik dari cahaya matahari. Aplikasi pompa air menggunakan sumber energi matahari ini sasarannya adalah daerah terpencil yang belum terjangkau listrik (**Santhiarsa, 2005**).

Beberapa studi memproyeksikan bahwa biaya pembangkit listrik tenaga surya untuk masa depan akan semakin murah. Hal ini memberikan harapan untuk membuat perencanaan penggunaan energi surya dalam skala global. Meskipun secara ekonomis belum terbukti layak untuk saat ini tetapi memberikan wawasan dalam penggunaan energi surya untuk masa depan. Berdasarkan atas pemikiran dan pertimbangan di atas, dilakukan suatu perancangan alat dengan penerapan sistem photovoltaik sebagai penyedia daya dengan beban pompa air (**Harsono, 2003**).

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Langkah Penelitian

Metodologi penelitian merupakan uraian tahapan yang dilakukan dalam melaksanakan perancangan dan pengujian. Secara umum tahapan tertuang dalam Gambar 1 seperti berikut.

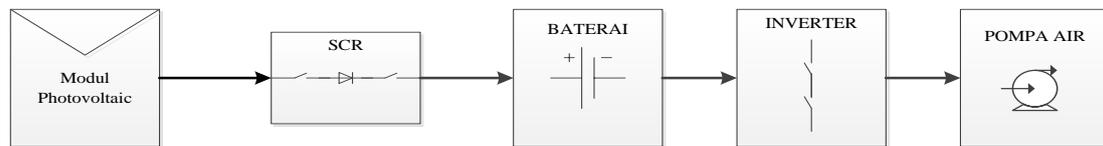


Gambar 1 Bagan Alur Pengerjaan

2.2 Perancangan Kebutuhan Kapasitas Baterai

Pada perancangan kebutuhan kapasitas baterai dengan pola pengisian menggunakan pembangkit listrik tenaga surya kali ini digunakan beban pompa air 125 watt. Maka dari itu sebelum realisasinya perlu menentukan daya per hari yang dibutuhkan, menghitung kapasitas alat yang akan digunakan, dan pengujian alat.

2.2 Diagram Blok Sistem



Gambar 2. Diagram blok sistem

Gambar 2 memperlihatkan fungsi dan kegunaan alat yang akan dirancang.

1. Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya untuk menyerap atau menyimpan energi cahaya matahari yang kemudian menjadi pembangkitan listrik sebagai sumber Untuk kebutuhan kapasitas baterai untuk beban pompa air 125 watt.
2. *Solar charge controller* digunakan sebagai kontrol pengisian baterai dari energi yang dihasilkan panel surya.
3. Baterai sebagai penyimpan energi yang dihasilkan dari panel surya untuk menyuplai daya ke beban setelah melalui konversi dari DC menjadi AC lewat inverter
4. Inverter sebagai pengubah tegangan DC menjadi tegangan AC.
5. Beban terdiri pompa air 125 watt.

2.3 Pengujian

Dalam pengujian rancang bangun ini bertujuan untuk menganalisis tegangan yang dihasilkan solar sel dan kapasitas baterai yang terpakai. Data yang penulis ambil selama 8 jam tiap satu kali pengambilan data dengan rata-rata intensitas matahari 2389 w/m^2 , data diambil sekali setiap jam nya selama 8 jam, bertujuan untuk :

1. Mengukur tegangan keluaran solar sel.
2. Mengukur tegangan keluaran inverter sebelum diberi beban dan sesudah diberi beban.
3. Mengukur arus keluaran solar sel terhadap beban AC.
4. Mengamati kinerja beban AC melalui indikasi pada mesin pompa air.
5. Mengamati faktor cuaca terhadap tegangan keluaran solar sel dan kinerja beban.
6. Mengukur arus baterai yang terpakai ketika beban bekerja selama 1 jam.

3. PENGUJIAN DAN ANALISIS

3.1 Beban

Dengan menentukan beban pemakaian pompa air 125 watt selama 1 jam, dapat dilihat pada Tabel 1, beban pemakaian dari sistem PLTS yang dirancang perhari.

Tabel 1 Beban pemakaian dari sistem PLTS yang dirancang perhari

Jenis Beban	Jumlah	Tegangan (Volt)	Daya (Watt)	Arus (Ampere)	Waktu (H/Jam)	WattJam (WH)	Ampere (Ah)
Pompa Air	1	220	125	1,3	1	125	1,3

3.2 Menentukan Kapasitas Panel Surya

Untuk sistem PLTS dengan daya 1000 Watt ke bawah, faktor 20% harus ditambahkan ke pembebanan sebagai pengganti rugi-rugi sistem dan untuk faktor keamanan (**Dunlop, 1997**). Oleh karena itu ampere-jam beban yang sudah ditentukan dikalikan dengan 1,20 sehingga.

$$\begin{aligned}
 E_T &= E_B \times \text{Rugi dan safety factor} \\
 &= E_B \times 1,20
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

$$= 125 \text{ wh} \times 1,20$$

$$= 150 \text{ wh}$$

Keterangan :

E_B = Energi beban (watt jam perhari)

E_T = Energi total beban (watt jam perhari)

Faktor penyesuaian pada kebanyakan instalasi PLTS adalah 1,1(**Hankins, 1991**). Kapasitas daya modul surya yang dihasilkan adalah:

$$C_{\text{panel surya}} = \frac{E_T}{IM} \times FP \tag{2}$$

$$C_{\text{panel surya}} = \frac{150}{2,389} \times 1,1 = 69,1 \text{ wp}$$

Keterangan :

E_T = Energi total beban (watt jam perhari)

IM = Insolasi Matahari (Kwh/m²)

FP = Faktor Penyesuaian

3.3 Pemilihan Baterai

Untuk baterai lead acid SLI untuk truck dengan kapasitas nominal 60 Ah, kapasitas yang dapat digunakan diperoleh.

$$C_{\text{baterai}} = C_{\text{nominalbaterai}} \times DOD : 100\% \tag{3}$$

$$= 60 \text{ Ah} \times 80\% : 100\%$$

$$= 48 \text{ Ah}$$

dan kapasitas yang dapat digunakan sampai umur daur adalah.

$$C_{\text{baterai umur daur}} = C_{\text{baterai}} \times UD \tag{4}$$

$$= 48 \text{ Ah} \times 500$$

$$= 24000 \text{ Ah}$$

Keterangan :

UD = Usia Daur

$C_{\text{baterai umur daur}}$ = Kapasitas baterai sampai umur daur (Ah)

C_{baterai} = Total kapasitas baterai yang dapat digunakan (Ah pada 12 volt)

Bila ditetapkan periode penyimpanan selama 3 hari maka total kapasitas baterai yang dapat digunakan adalah.

$$C_{\text{baterai}} = E_T \times A : V_s \tag{5}$$

$$= 150 \text{ Wh/hari} \times 3 \text{ hari} : 12 \text{ volt}$$

$$= 37,5 \text{ Ah pada 12 volt}$$

Tabel 2 menjelaskan estimasi penggunaan pompa air selama 1 jam per hari maka didapat energi pemakaian sebesar.

Tabel 2 Optimasi beban terhadap baterai

Hari	Energi dalam baterai 60 Ah (wh)	Pemakaian energi (wh)	Energi baterai akhir (wh)
1	720	150	570
2	570	150	420
3	420	150	270
4	270	150	120
5	120	150	defisit

Untuk beban 150 wh per hari maka maka kapasitas baterai 60 Ah hanya dapat men-suplai dengan aman selama 4 hari.

Telah ditentukan dalam sub bab penentuan baterai, baterai yang dipilih untuk perencanaan ini adalah Lead Acid SLI untuk truck 48 Ah 12 volt. Dapat ditentukan jumlah baterai yang diperlukan yaitu:

$$\begin{aligned} \Sigma_{\text{baterai}} &= C_{\text{baterai}} \times 100 \% : C_{\text{nom}} : \text{DOD} \\ &= 37,5 \text{ Ah} \times 100\% : 48 \text{ Ah} : 80\% \\ &= 0,98 \approx 1 \text{ buah baterai} \end{aligned} \quad (6)$$

3.4 Pengambilan Data Primer Intensitas Cahaya Matahari Untuk Wilayah Sekitar ITENAS

Pengambilan data primer ini bertujuan untuk sebagai pembanding dengan data dari bmkg terkait radiasi sinar matahari di Bandung khususnya di lingkungan kampus ITENAS.

Dari data pada Tabel 3 didapatkan nilai rata-rata selama 3 hari yaitu 2389 w/m². Dengan perhitungan nilai rata-rata dijumlahkan dan dibagi lamanya pengukuran.

Tabel 3 Data primer intensitas cahaya matahari

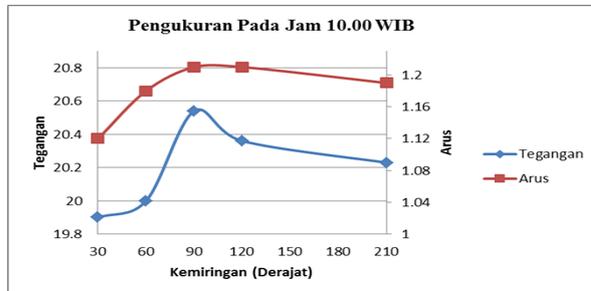
No	Kondisi Matahari						JAM	Hari 1 (w/m ²)	Hari 2 (w/m ²)	Hari 3 (w/m ²)	Nilai Rata-rata (w/m ²)
	Cerah			Berawan							
	1	2	3	1	2	3					
1.	✓	✓	✓				07.00	2203	2366	2355	2308
2.	✓	✓	✓				08.00	2465	2435	2478	2459
3.	✓	✓	✓				09.00	2547	2563	2559	2556
4.	✓	✓	✓				10.00	2618	2546	2600	2588
5.	✓	✓	✓				11.00	2564	2603	2612	2593
6.			✓	✓	✓		12.00	2218	2253	2742	2404
7.			✓	✓	✓		13.00	2465	2120	2662	2415
8.	✓		✓		✓		14.00	2633	2145	2454	2410
9.				✓	✓	✓	15.00	2181	2108	2339	2209
10.				✓	✓	✓	16.00	2175	2103	2303	2193
11.				✓	✓	✓	17.00	2165	2134	2133	2144

Keterangan :

- Cerah/Berawan 1 = Hari pertama
- Cerah/Berawan 2 = Hari kedua
- Cerah/Berawan 3 = Hari ketiga

3.5 Pengukuran Tegangan dan Arus dengan Sudut Kemiringan yang Berbeda

Pengukuran tegangan dan arus dilakukan pada pukul 10.00 WIB, 12.00 WIB, dan pukul 14.00 WIB. Dengan sudut kemiringan sel surya 30°, 60°, 90°, 120°, 210°. Hasil pengukuran tegangan dan arus diperlihatkan pada Gambar 3 pada pukul 10.00 WIB, Gambar 4 pada pukul 12.00 WIB dan Gambar 5 data pada pukul 14.00 WIB.



Gambar 3. Grafik pengukuran tegangan open circuit dan arus short circuit dengan berbagai kemiringan sel surya pada pukul 10.00 WIB

Gambar 3 memperlihatkan kurva pengukuran tegangan *open circuit* dan arus *short circuit* dengan berbagai kemiringan sel surya pada Pukul 10.00 WIB



Gambar 4 Grafik pengukuran tegangan open circuit dan arus short circuit dengan berbagai kemiringan sel surya pada Pukul 12.00 WIB

Gambar 4 memperlihatkan kurva pengukuran tegangan *open circuit* dan arus *short circuit* dengan berbagai kemiringan sel surya pada Pukul 12.00 WIB



Gambar 5 Grafik pengukuran tegangan open circuit dan arus short circuit dengan berbagai kemiringan sel surya pada pukul 14.00 WIB

Gambar 5 memperlihatkan kurva pengukuran tegangan *open circuit* dan arus *short circuit* dengan berbagai kemiringan sel surya pada Pukul 14.00 WIB.

Tabel 4 menunjukkan hasil pengukuran tegangan dan arus kemiringan sel surya

Tabel 4 Pengukuran tegangan dan arus kemiringan sel surya

Kemiringan	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)
30 ⁰	19,90	1,12
60 ⁰	20,20	1,18
90 ⁰	20,54	1,21
120 ⁰	20,36	1,21
210 ⁰	20,23	1,19

Tabel 5 menunjukkan hasil pengukuran tegangan dan arus kemiringan sel surya

Tabel 5 Pengukuran tegangan dan arus kemiringan sel surya

Kemiringan	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)
30 ⁰	20,05	1,18
60 ⁰	20,98	1,27
90 ⁰	21,00	1,32
120 ⁰	20,22	1,10
210 ⁰	19,75	1,03

Tabel 6 menunjukkan hasil pengukuran tegangan dan arus kemiringan sel surya

Tabel 6 Pengukuran tegangan dan arus kemiringan sel surya

Kemiringan	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)
30 ⁰	20,85	1,11
60 ⁰	20,90	1,14
90 ⁰	20,96	1,26
120 ⁰	20,27	1,15
210 ⁰	19,7	1,10

3.6 Pengujian Modul Surya Pada Saat Berbeban

Untuk mengetahui persentase jatuh tegangan. Pada percobaan pertama modul surya dibebani pompa air, percobaan dimulai dari pukul 09.00 WIB sampai pukul 16.00 WIB dengan dua keadaan cuaca yaitu cerah dan mendung, dengan sudut kemiringan modul surya 60°. Persentase jatuh tegangan (V_R) didefinisikan (**Timotius, 2009**).

$$V_R (\%) = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100\% \quad (7)$$

Dimana :

V_{NL} = Tegangan pada saat beban nol

V_{FL} = Tegangan pada saat berbeban

Dari perhitungan jatuh tegangan kita mengambil salah satu data dari tabel 7 yaitu pada pukul 09.00 WIB pada keadaan cerah, yaitu:

Jatuh tegangan (V_d) saat modul surya saat dibebani pompa air.

$$\begin{aligned} V_d &= \frac{V_m - V_p}{V_p} \times 100\% \\ &= \frac{13,41 - 12,85}{12,85} \times 100\% \end{aligned} \quad (8)$$

$$V_d = 4,36 \%$$

Tabel 7 menunjukkan hasil pengukuran modul surya pada saat berbeban pada keadaan cerah.

Tabel 7 Hasil percobaan modul surya pada saat berbeban pada keadaan cerah

Jam	V _m (Volt)	V _p (Volt)	I _p (Ampere)	V _d (%)	Cuaca
09.00	13,41	12,85	1,80	4,36	cerah
10.00	13,46	12,90	1,83	4,34	cerah
11.00	13,49	12,93	1,80	4,33	cerah
12.00	13,52	12,96	2,27	4,32	cerah
13.00	12,61	12,05	2,23	4,65	cerah
14.00	12,66	12,10	2,10	4,63	cerah
15.00	13,51	12,95	1,88	4,32	cerah
16.00	13,46	12,90	1,85	4,34	cerah

Keterangan Tabel:

V_m = Tegangan modul surya saat tanpa beban

V_p = Tegangan modul saat dibebani

I_p = Arus saat dibebani

V_d = Prosentase jatuh tegangan saat dibebani pompa air

Tabel 8 menunjukkan hasil pengukuran modul surya pada saat berbeban pada saat keadaan mendung.

Tabel 8 Hasil percobaan modul surya pada saat berbeban pada keadaan mendung

Jam	V _m (Volt)	V _p (Volt)	I _p (Ampere)	V _d (%)	Cuaca
09.00	12,41	11,85	1,20	4,7	cerah
10.00	12,46	11,90	1,23	4,71	cerah
11.00	12,49	11,93	1,25	4,69	cerah
12.00	12,52	11,96	1,80	4,68	cerah
13.00	11,61	11,05	1,78	5,06	cerah
14.00	11,66	11,10	1,72	5,04	cerah
15.00	12,51	11,95	1,79	4,68	cerah
16.00	12,46	11,90	1,29	4,71	cerah

Nilai daya nominal modul sebesar 100 wp, dan nilai radiasi nya adalah 2,389 Kwh/m²/hari, keluaran harian minimum modul adalah

$$T_{\text{nominal}} = \frac{JSG}{MSG 1000} \quad (9)$$

$$T_{\text{nominal}} = \frac{2389 \text{ wh/m}^2/\text{hari}}{1000 \text{ w/m}^2/\text{hari}}$$

$$= 2,389 \text{ h (jam)}$$

Keterangan:

T_{nominal} = Lamanya modul mendapatkan sinar global (jam)

JSG = Jumlah Sinar Global (Wh/m^2)

MSG = Maksimum Sinar Global 1000 ($\text{Watt/m}^2/\text{hari}$)

Energi yang dihasilkan oleh modul surya (E_{modul}) adalah:

$$E_{\text{modul}} = P_{\text{nom}} \times T_{\text{nom}} \quad (10)$$

$$= 100 \times 2,389 = 238,9 \text{ Wh/hari}$$

Keterangan :

E_{modul} = Energi yang dihasilkan modul surya (Wh/hari)

P_{nom} = Daya nominal modul (Watt)

T_{nom} = Lamanya modul mendapatkan sinar global (jam)

Jumlah minimum modul dapat ditentukan. Dengan keluaran harian minimum 238,9 Wh/hari pada 12 volt dan DOD (Deep of Discharge) baterai Lead acid pada umumnya sebesar 80% (**Taufiq, 2010**). Jumlah minimum modul yang diperlukan adalah.

$$\begin{aligned} \Sigma_{\text{Modul surya}} &= E_T \times 100\% : E_{\text{modul}} : \text{DOD} \quad (11) \\ &= 150 \text{ Wh} \times 100\% : 238,9 \text{ Wh/hari} : 80\% \\ &= 0,740 \approx 1 \text{ modul} \end{aligned}$$

Solar modul terdiri dari 36 keping sel surya dengan diameter 12,45 cm jadi luas keseluruhan sel surya adalah

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= (\frac{1}{4} \pi d) \times 36 \quad (12) \\ &= 0,438435642 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Pada radiasi 1000 W/m² (intensitas sinar global saat radiasi maksimum), modul menghasilkan daya maksimum sebesar 100 wp., maka total daya foton (P_{in}) yang diterima modul = 0,438435642 m² x 1000 W/ m² = 438,435642 Watt.

Factor pengisian (*fill factor*, FF) adala ratio daridaya keluaran maksimum yang diperoleh dari hasil kaliparameter-parameter yang terdapat pada modul surya yaitu tegangan *open circuit* (V_{oc}), arus *short circuit* (I_{sc}), tegangan nominal modul (V_{m}) dan arus nominal modul.

Tabel 9 Spesifikasi Modul Surya (I_{m})

V_{mp}	I_{mp}	I_{sc}	V_{oc}
16,05 V	6,29 A	7,42 A	21,8 V

Persamaan yang digunakan untukmenentukan faktor pengisian (FF) berdasarkan Tabel 9 sebagai berikut.

$$FF = \frac{V_{mp}.I_{mp}}{V_{oc}.I_{sc}} \quad (13)$$

$$FF = \frac{16,05 \times 6,29}{21,8 \times 7,42}$$

$$FF = 0,62$$

Keterangan:

V_{oc} = Tegangan open circuit (volt)

I_{sc} = Arus short circuit (Ampere)

V_m = Tegangan nominal (volt)

I_m = Arus (Ampere)

Dengan mengetahui luasan modul dan faktor pengisian maka efisiensi modul dapat diketahui yaitu.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{V_{oc}.I_{sc}.FF}{S.F} \quad (14)$$

$$= \frac{21,8 \times 7,42 \times 0,62}{438,435642} \times 100 \%$$

$$= 22,87 \%$$

Keterangan:

V_{oc} = Tegangan open circuit (Volt)

I_{sc} = Arus Short Circuit (Ampere)

S = Luas permukaan modul (m^2)

F = Intensitas radiasi matahari yang diterima (watt/ m^2)

Jadi Efisiensi maksimum modul surya yang dapat digunakan adalah = 22,87 %

3.6 Penentuan Solar Charge Controller

Beban pada sistem PLTS mengambil energi dari charge controller. Kapasitas arus yang mengalir pada charge controller dapat ditentukan dengan mengetahui beban maksimal yang terpasang. Maka arus kapasitas arus yang mengalir pada charge controller yaitu :

$$I_{max} = \frac{P_{max}}{V_s} \quad (15)$$

$$= \frac{125 \text{ watt}}{12 \text{ volt}}$$

$$= 10,42 \text{ Ampere}$$

Keterangan :

I_{max} = Arus maksimum (Ampere)

P_{max} = Daya maksimum (Watt)

V_s = Tegangan Sistem (Volt)

3.7 Penentuan Pemilihan Inverter

Spesifikasi inverter harus sesuai dengan charge controller yang digunakan. Berdasarkan tegangan sistem dan perhitungan charge controller, maka tegangan masuk (*input*) dari inverter 12 V DC. Tegangan keluaran (*output*) dari inverter yang tersambung ke beban adalah 220 V AC. Arus yang mengalir melewati inverter juga harus sesuai dengan arus yang melalui charge controller. Dengan cara menggunakan perhitungan solar charge controller, sudah dapat ditentukan kapasitas arus inverter yang diperlukan.

3.8 Pengaplikasian Inverter Pada Sistem Pompa Air Fotovoltaik

Untuk pengujian durasi pembebanan dengan pompa air didapat data yang ditunjukkan pada Tabel 10 sebagai berikut.

Tabel 10 Data Pengukuran pembebanan dengan beban pompa air

10 menit ke-	V_{dc} (Volt)	I_{dc} (Ampere)	V_{ac} (Volt)	I_{ac} (Ampere)	$\cos \phi$	Ket
1	12,66	29,60	222	1,08	0,72	-
2	12,49	28,15	220	0,98	0,80	-
3	12,33	27,74	221	0,99	0,76	-
4	12,14	29,8	218	0,89	0,82	-
5	12,19	28,40	220	0,94	0,79	-
6	12,13	29,79	221	0,97	0,78	-
7	12,08	-	-	-	-	Relay aktif

Pengujian efisiensi dilakukan dengan membebani inverter dengan beban induktif dalam hal ini pompa air. Untuk perhitungan efisiensi pada beban induktif digunakan data pada Tabel 11.

Tabel 11 Perhitungan efisiensi inverter

P_{ac} (watt)	P_{dc} (watt)	Efisiensi Inverter (%)
172,6272	374,736	46,0666
172,48	351,5935	49,0566
166,2804	342,0342	48,6151
159,0964	361,772	43,9769
163,372	346,196	47,1906
167,2086	361,3527	45,7953

Tabel 11 terlihat bahwa energi yang tersimpan dalam baterai setelah diisi dengan modul fotovoltaik mampu untuk menyuplai pompa air selama 1 jam. Kerja inverter berhenti ketika tegangan baterai mencapai 12,08 V memutuskan suplai ke pompa air.

Dan dari data Tabel 11 di sub bab sebelumnya terlihat nilai rata-rata efisiensi inverter adalah 46,7835 % Efisiensi inverter dipengaruhi oleh adanya rugi-rugi pada trafo *step-up* dan pada rugi-rugi pensaklaran.

3.9 Pengukuran Kapasitas Baterai

Pada pengukuran kapasitas baterai kali ini yang akan dilakukan adalah dengan menghidupkan beban yaitu berupa pompa air 125 watt selama satu jam dengan keadaan baterai atau aki kondisi kapasitasnya penuh setelah di isi oleh sistem fotovoltaik. Pada Tabel 12 ditunjukkan hasil pengukuran kapasitas baterai.

Tabel 12 Pengukuran kapasitas baterai

10 menit ke-	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)
1	16,1	12,10
2	15,8	11,80
3	15,0	11,20
4	14,2	11,02
5	13,88	10,78
6	13,25	10,60

4. Kesimpulan

1. Dengan radiasi matahari sekitar kampus ITENAS sebesar 2,389 Kwh/m²/hari dapat menghasilkan energi keluaran modul sebesar 238,9 Wh/hari. Dan efisiensi maksimum modul surya yang digunakan sebesar 22, 87 %.
2. Dari hasil pengukuran kapasitas baterai arus yang terukur pada 10 menit pertama sebesar 16,1 ampere, dan 10 menit ke enam sebesar 13,25 ampere. Sedangkan hasil perhitungan yang didapat menurut periode penyimpanan yang sudah ditetapkan selama 3 hari sebesar 37,5 Ah. Maka kapasitas baterai yang terpakai selama 1 jam beban pompa air hidup adalah 2,85 Ah, dan sisa kapasitas baterai setelah pemakaian 1 jam beban pompa air adalah 13,25 Ah.
3. Persentase jatuh tegangan dengan beban yang sama pada sistem fotovoltaik terbesar terjadi pada saat keadaan cuaca mendung pada jam 13.00 WIB yaitu sebesar 5,06 % dan jatuh tegangan terkecil terjadi pada saat keadaan cuaca cerah pada jam 15.00 WIB yaitu sebesar 4,32%.
4. Dari hasil pengukuran kemiringan modul surya didapat data bahwa modul surya diletakkan dengan kemiringan kurang lebih 60⁰ terhadap posisi horizontal agar diperoleh energi listrik yang maksimum.
5. Sistem pompa air photovoltaic dengan inverter yang digunakan memiliki efisiensi rata-rata adalah 46,7835 %.

Daftar Rujukan

- Harsono, H., (2003). Photovoltaic water pump system, Disertasi, Kochi University of Technology.
- Dunlop, J. P., (1997). Batteries in Stand-Alone Photovoltaic Systems Fundamentals and Application, Florida Solar Energy Center, 1997
- Taufiq, A., Hendre, A. P. (2010). Penggunaan Solar Cell Untuk Sumber Energi Kursi Roda Otomatis Dan Monitoring Aki. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Timotius, C., Ratnata, I.W., Mulyadi, Y., Mulyana, E., (2009), Perancangan dan Pembuatan Listrik Tenaga Surya, Laporan Penelitian Hibah Kompetitif, Perancangan dan Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya.
- Santhiarsa, I. N., Kusuma, I. W., (2005), Kajian Energi Surya untuk Pembangkit Energi Listrik, Teknologi Elektro, Vol(4) Januari-Juni.
- Hankins, M., (1991). Small Solar Electric Systems for Africa. Motif CreativeArts, Ltd. Kenya.