

Studi Analisis Perubahan Putaran Motor Induksi 1 Fasa Akibat Output PLTS Aplikasi Kipas Angin

Ir. Fiktor Sihombing, M.T.¹⁾, Ir. Leonardus Siregar, M.T.²⁾, Angryani Novidawati Sibarani³⁾
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas HKBP Nommensen
fiktor.sihombing@uhn.ac.id

Abstrak

Zaman semakin hari semakin berkembang begitu juga dengan pola hidup manusia yang tergantung dengan teknologi dan kebudayaan modern, gaya hidup modern dapat kita lihat disekeliling. Perkembangan zaman ini membuat konsumsi listrik juga meningkat, sehingga kebutuhan energi listrik tidak sebanding dengan energi listrik yang tersedia masih banyak yang tak terpenuhi. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah salah satu alternatif yang dapat menghasilkan energi listrik. Namun, faktor cuaca sangat mempengaruhi kinerja dari PLTS. Jika panel surya mendapatkan sinar matahari pada cuaca yang sangat terik, maka tegangan dan arus yang didapat akan besar sebaliknya saat cuaca mendung atau panel surya kurang mendapatkan sinar matahari, maka tegangan dan arus yang didapat akan menurun. Dalam tulisan ini akan mengetahui dampak apa yang akan terjadi pada motor induksi 1 fasa jika output dari PLTS berubah pada waktu yang berbeda-beda. Dengan adanya penelitian ini diharapkan para pengembang selanjutnya baik dari akademis maupun non-akademis dapat mengetahui dan mempelajari pengaruh tersebut terhadap peralatan listrik.

Keywords: PLTS, Sel Surya, Pengaruh Perubahan Tegangan dan Arus, Solar Charge Controller (SCC).

Abstract

Time is growing day by day as well as the pattern of human life that depends on modern technology and culture, we can see modern lifestyles around us. The development of this era makes electricity consumption also increases, so that the need for electrical energy is not proportional to the available electrical energy, there are still many that are not met. Solar power plant (PLTS) is an alternative that can produce electrical energy. However, weather factors greatly affect the performance of PLTS. If the solar panel gets sunlight in very hot weather, then the voltage and current obtained will be large, otherwise when the weather is cloudy or the solar panel does not get enough sunlight, the voltage and current obtained will decrease. In this paper, we will find out what impact will occur on a single-phase induction motor if the output of the PLTS changes at different times. With the writing of this article, it is hoped that further developers from both academic and non-academic can know and study the effect of these on electrical equipment.

Keywords: PLTS, Solar Cells, Effect of Changes in Voltage and Current, Solar Charge Controller (SCC).

PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah salah satu alternatif yang dapat menghasilkan energi listrik. Panas dari matahari yang ditangkap menggunakan photovoltaic atau panel surya akan menghasilkan energi listrik berupa arus searah (Direct Current). Tetapi tidaklah semua beban listrik itu berupa beban arus searah (DC) ada juga beban arus bolak balik (Alternating Current). Agar energi listrik yang dihasilkan dari energi terbarukan ini harus dikonversi, maka inverter dibutuhkan untuk mengkonversinya. Energi listrik yang dihasilkan dari panas matahari dapat menggerakkan motor listrik, dimana motor listrik dapat mengubah energi listrik menjadi

energi mekanik dan dampak apa yang akan terjadi pada motor induksi 1 fasa jika output dari PLTS berubah pada waktu yang berbeda-beda.

TEORI

Energi Surya

Energi surya adalah energi yang dihasilkan dari panas surya (matahari) dengan mengubah energi panas surya menjadi energi listrik melalui peralatan tertentu. Teknik pemanfaatan energi surya muncul pada tahun 1819, ditemukan oleh A.C. Becquerel dengan penggunaan kristal silicon yaitu untuk mengkonversikan radiasi matahari menjadi energi listrik.

Berdasarkan data penyinaran matahari yang dihimpun dari berbagai lokasi di Indonesia menunjukkan sumber daya energi surya di Indonesia dapat dikelompokkan berdasarkan wilayah yaitu kawasan barat dan timur Indonesia. Sumber daya energi surya Indonesia berdasarkan wilayah adalah sebagai berikut (IEO 2010):

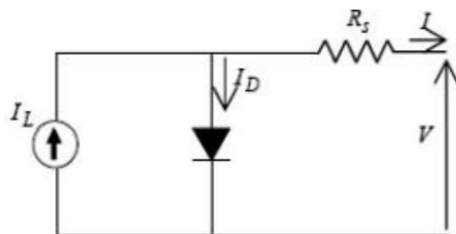
- 1) Kawasan Barat Indonesia (KBI) = 4.5 kWh/m²/hari, variasi bulanan sekitar 10%
- 2) Kawasan Timur Indonesia (KTI) = 5.1 kWh/m²/hari, variasi bulanan sekitar 9%
- 3) Rata-rata Indonesia = 4.8 kWh/m²/hari, variasi bulanan sekitar 9%

Sel Surya

Sel surya merupakan elemen aktif (semikonduktor) yang memanfaatkan efek photovoltaic untuk merubah energi surya menjadi energi listrik. Dalam proses ini sinar matahari yang menyentuh permukaan panel solar cell akan memecah elektron sehingga elektron ini bergerak. Gerakan elektron inilah yang menghasilkan energi listrik. Dengan menggunkan kabel listrik yang dihasilkan bisa disalurkan untuk digunakan berbagai peralatan listrik. Sel surya terbuat dari potongan silicon yang sangat kecil dengan dilapisi bahan kimia khusus untuk membentuk dasar dari sel surya. Sel surya umumnya memiliki ketebalan minimum 0,3 mm yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub positif dan negative. Tiap sel surya biasanya menghasilkan tegangan 0,5 volt.

1) Rangkaian Ekvivalen Sel Surya

Rangkaian ekvivalen sel surya terdiri dari sumber arus (I_L), arus dioda (I_D) dan hambatan seri (R_S).



Gambar 1. Rangkaian Ekvivalen Sel Surya

Besarnya arus output sel surya (I) adalah pengurangan dari I_L dengan arus dioda (I_D) yang dirumuskan sebagai berikut :

$$I = I_L - I_D \tag{1}$$

Dari persamaan diatas dapat diketahui bahwa :

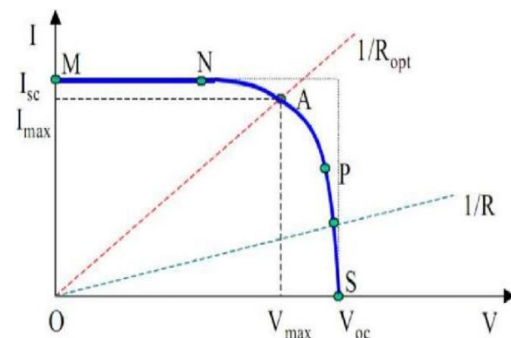
$$I = I_L - I_0 \left[\exp \left(q \frac{(V+I R_S)}{N_s A k T} \right) - 1 \right] \tag{2}$$

Dimana :

- I = Output Current (A)
- I_L = Photocurrent (A)
- I_0 = Diode saturation current (A)
- q = Electron charge ($1.6 \times 10^{-19}C$)
- V = Output voltage (V)
- R_S = Series resistance
- N_S = Number of cells in series
- A = Diode factor
- k = Boltzman constant ($1.3805 \times 10^{-23} J/K$)
- T = Cell temperature (K)

2) Karakteristik Sel Surya

Sifat elektrik dari sel surya dalam menghasilkan energi listrik dapat diamati dari karakteristik sel tersebut, yaitu berdasarkan arus dan tegangan yang dihasilkan sel surya pada kondisi cahaya dan beban yang berbeda-beda. Karakteristik panel surya dari kurva arus tegangan dan kurva daya-tegangan dapa dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Kurva Arus(I)-Tegangan(V) pada Modul Surya

Pada kurva I-V terdapat hal-hal yang sangat penting yaitu:

- 1) Maximum Power Point (V_{max} dan I_{mp})

Maximum Power Point (V_{max} dan I_{mp}) pada kurva I-V adalah titik operasi yang menunjukkan daya maksimum yang dihasilkan oleh panel surya.

- 2) Open Circuit Voltage (V_{oc})

Open Circuit Voltage (V_{oc}) adalah kapasitas tegangan maksimum yang dapat dicapai pada saat tidak adanya arus.

$$V_{oc} = kT/q \ln(I_{sc}/I_s + 1) \quad (3)$$

Dimana :

- k = konstan boltzmann (1.30×10^{-16} erg)
 - q = konstan muatan elektron (1.602×10^{-19} C)
 - T = suhu dalam Kelvin
 - I_s = Arus saturasi
- 3) Short Circuit Current (I_{sc})

Short Circuit Current (I_{sc}) adalah maksimum arus keluaran dari panel sel surya yang dapat dikeluarkan dibawah kondisi dengan tidak ada resistansi atau hubung singkat. Untuk mengetahui arus hubung singkat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4)

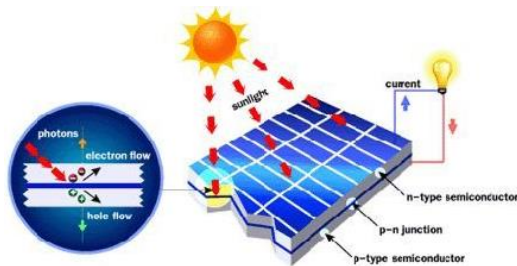
$$I_{sc} = qG(L_n=L_p) \quad (4)$$

Dimana :

- G = tingkat generasi
- L_n = panjang difusi elektron
- L_p = panjang difusi hole

3) Cara Kerja Sel Surya

Prinsip atau efek yang menjadi dasar dari proses konversi energi secara langsung ini dikenal sebagai efek photovoltaic.



Gambar 3. Cara Kerja Sel Surya Dengan Prinsip p-n Junction

Sel photovoltaic dibuat dari bahan silikon ditambah sedikit boron. Cahaya dapat dipandang sebagai aliran partikel kecil energi yang disebut photon. Apabila photon yang berasal dari cahaya dengan panjang gelombang tertentu yang sesuai mengenai permukaan sel photovoltaic (yang pada umumnya dibuat dari bahan dasar silikon) photon tersebut memindahkan beberapa energinya kepada beberapa elektron di dalam bahan (material) sehingga energi elektron

tersebut meningkat. Secara normal elektron tersebut membantu bahan itu menyatu dengan membentuk ikatan valensi dengan menyambung atom-atom dan tidak dapat bergerak. Akan tetapi, di dalam status terksistasi (excited state), elektron itu menjadi bebas untuk menjalankan (melakukan konduksi) arus listrik dengan bergerak di dalam bahan. Oleh karena itu, pada permukaan bahwa ada muatan listrik statik positif, sedang pada permukaan atas yang menghadap ke matahari, bermuatan listrik statik negatif, apabila sel surya tersebut terkena cahaya matahari. Dengan satu sisi menjadi negatif (n), dan sisi lain menjadi positif (p), dan apabila tiap sisi dihubungkan melalui sambungan di luar terbentuklah suatu rangkaian listrik (electrical circuit) dan sel tersebut menghasilkan (membangkitkan/generate) listrik.

4) Jenis-jenis Panel Surya

a) Monokristal

Panel surya yang terbuat dari sel surya monokristalin merupakan panel yang paling efisien yang saat ini diproduksi dengan teknologi muthair. Panel jenis ini menghasilkan daya listrik per satuan luas yang paling tinggi.

b) Polykristal

Panel surya yang terbuat dari sel surya polykristal memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Namun demikian, efisiensi dan harganya lebih rendah dari panel monokristal.

c) Semikristal

Sel surya semikristal memiliki struktur kristal dengan permukaan batas kristal yang sejajar dengan arah aliran listrik yang ditimbulkan oleh pasangan muatan positif dan negatif

d) Amorf

Disebut pula sebagai panel surya lapisan tipis (thin film). Panel surya jenis ini dapat difabrikasi secara otomatis dan dapat dipasang pada permukaan yang fleksibel (tidak datar), missal pada permukaan plastic atau bahan fleksibel. Bahan baku sel surya amorf tidak mahal. Tetapi luas permukaan yang diperlukan

per watt panel surya amorf memiliki harga yang rendah, dan sangat menarik untuk dipakai pada bangunan baru. Harga panel surya yang lebih rendah harus disertai dengan pertimbangan harga bahan atau atap bangunan. Panel amorf memiliki efisiensi konversi hingga 5%.

Solar Charge Controller (SCC)/Battery Charge Reguler (BCR)

Solar Charge Controller (SCC) adalah sebuah rangkaian control yang mempunyai tugas mengatur regulasi pengisian dan pengosongan baterai. Pengaturan ini dilakukan dengan cara memutuskan hubungan sumber (modul photovoltaic) dengan baterai ketika tegangan pada baerai telah mencapai titik LVD (Low Voltage Disconnected). Fungsi utama dari Solar Charge Controller (SCC) adalah proses pengisian dan pengosongan baterai terhindar dari kerusakan. Beberapa fungsi detail dari Solar Solar Charge Controller (SCC) adalah sebagai berikut :

- Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari overcharging dan overvoltage.
- Mengatur arus yang dibebaskan/diambil dari baterai agar baterai tidak 'full discharge', dan overloading.
- Monitoring temperature baterai.

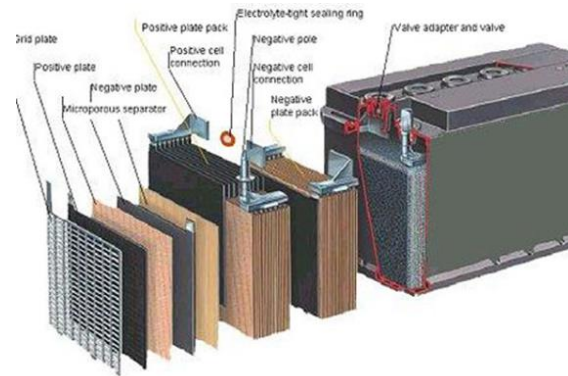
Untuk membeli Solar Solar Charge Controller (SCC) yang harus diperhatikan adalah :

- Voltage 12 Volt DC / 24 Volt DC
- Kemampuan (dalam arus searah) dari controller. Misalnya 5 Ampere, 10 Ampere, dsb.
- Full charger dan low voltage cut.

Baterai

Baterai merupakan sebuah peralatan terdiri dari 2 atau lebih sel elektrokimia yang mengubah energi kimia yang tersimpan menjadi energi listrik. Tiap sel memiliki kutub positif (katoda) dan kutub negatif (anoda). Kutub yang bertanda positif menandakan bahwa memiliki energi potensial yang lebih tinggi daripada kutub bertanda negatif. Kutub bertanda negatif adalah sumber elektron yang ketika disambungkan dengan rangkaian eksternal akan mengalir dan memberikan

energi ke peralatan eksternal. Ketika baterai dihubungkan dengan rangkaian eksternal, elektrolit dapat berpindah sebagai ion di dalamnya, sehingga terjadi reaksi kimia pada kedua kutubnya. Perpindahan ion dalam baterai akan mengalirkan arus listrik keluar dari baterai sehingga menghasilkan kerja.



Gambar 4. Skema Kedudukan Elemen Baterai

Baterai untuk solar cell sendiri mempunyai dua tujuan penting dalam sistem photovoltaic; pertama adalah untuk memeberikan daya listrik kepada sistem ketika daya tidak disediakan oleh array panel-panel surya, kedua adalah untuk menyimpan kelebihan daya yang ditimbulkan oleh panel-panel setiap kali daya melebihi beban.

Inverter

Inverter adalah sebuah alat yang mengubah listrik DC (Direct Current) dari baterai atau panel sel surya menjadi AC (Alternating Current). Pada PLTS, inverter berfungsi sebagai pengkondisi tenaga listrik yang (power condition) dan sistem control yang merubah arus listrik searah (DC) yang dihasilkan oleh solar modul menjadi listrik bolak-balik (AC), yang nantinya akan mengontrol kualitas daya listrik yang dikeluarkan untuk dikirim ke baban atau jaringan listrik.



Gambar 5. Inverter

Terdapat dua macam sistem inverter pada PLTS yaitu :

- a) Inverter 1 fasa untuk sistem PLTS yang bebannya kecil.
 - b) Inverter 3 fasa untuk sistem PLTS yang besar dan terhubung dengan jaringan PLN.
- Berdasarkan karakteristik dari performa yang dibutuhkan, inverter untuk sistem PLTS berdiri sendiri (stand-alone) dan PLTS grid-connected memiliki karakteristik yang berbeda, yaitu:
- a) Pada PLTS stand-alone, inverter harus mampu mensuplai tegangan AC yang konstan pada variasi produksi dari modul surya dan tuntutan beban (load demand) yang dipikul.
 - b) Pada PLTS grid-connected, inverter dapat menghasilkan kembali tegangan yang sama persis dengan tegangan jaringan pada waktu yang sama, untuk mengoptimalkan dan memaksimalkan keluaran energi yang dihasilkan oleh modul surya.

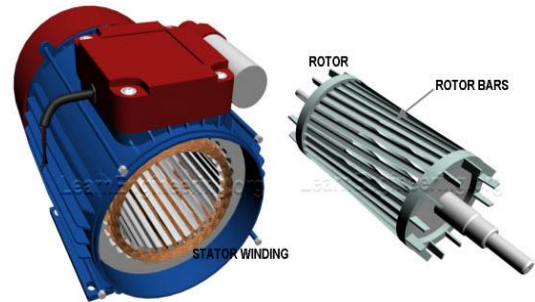
Beban

Beban merupakan suatu peralatan yang mengonsumsi daya yang dihasilkan oleh sumber daya.

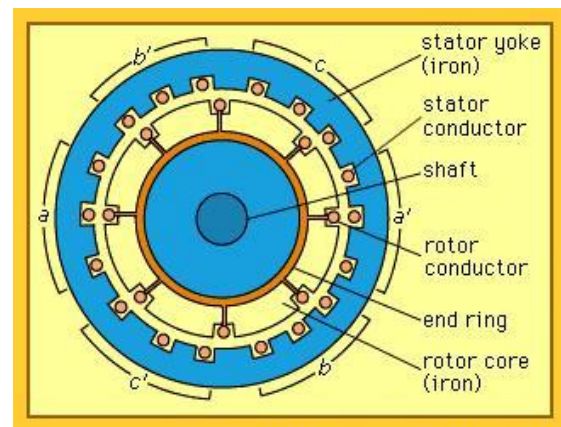
Motor Induksi 1 Fasa

Motor induksi satu fasa adalah satu jenis dari motor-motor listrik yang bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik. Motor induksi terdiri atas kumparan stator dan kumparan rotor yang berfungsi membangkitkan gaya gerak listrik akibat dari adanya arus listrik bolak-balik satu fasa yang melewati kumparan-kumparan tersebut sehingga terjadi suatu interaksi induksi medan magnet antara stator dan rotor.

Bentuk dan konstruksi motor tersebut dapat dilihat pada gambar 6 dan gambar 7.



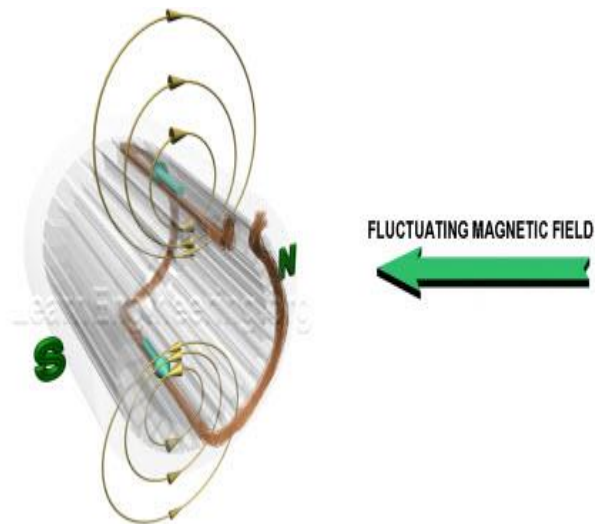
Gambar 6. Bagian-bagian Utama Motor Induksi 1 Fasa



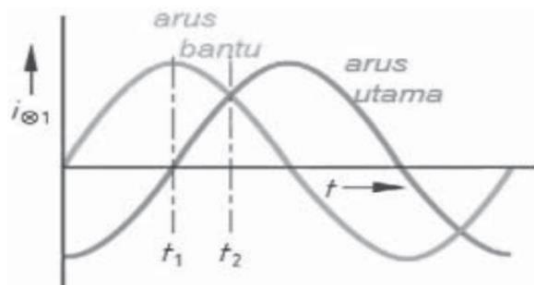
Gambar 7. Konstruksi Motor Induksi 1 Fasa

Motor induksi satu fasa berbeda cara kerjanya dengan motor induksi tiga fasa. Pada motor induksi tiga fasa, kumparan stator mempunyai tiga belitan yang sedemikian berbeda fasa 120 derajat listrik. Perbedaan ini akan menghasilkan medan putar pada stator yang dapat memutar rotor. Pada motor induksi 1 fasa hanya memiliki dua belitan atau kumparan stator, yaitu kumparan utama (belitan U1-U2) dan kumparan bantu (belitan Z1-Z2).

Pada sebuah motor induksi 1 fasa diaman motor ini disuplai oleh sebuah sumber AC 1 fasa. Ketika sumber AC diberikan pada stator winding dari motor, maka arus dapat mengalir pada stator winding. Fluks yang dihasilkan oleh sumber AC pada stator winding tersebut disebut sebagai fluks utama. Karena munculnya fluks utama ini maka fluks medan magnet dapat dihasilkan oleh stator.



Gambar 8. Dampak Adanya Arus pada Stator



Gambar 9. Gelombang Srus Kumpanan Bantu dan Kumpanan Utama

Grafik arus belitan bantu I bantu dan arus belitan utama berbeda fasa sebesar ϕ , hal ini disebabkan karena perbedaan besar impedansi kedua belitan tersebut. Perbedaan fasa arus ini akan menghasilkan torsi pada motor yang dapat memutar rotor motor induksi 1 fasa.

METODE PENELITIAN

Tempat

Penelitian dilaksanakan dengan melakukan percobaan di Laboratorium Teknik Tenaga Listrik Universitas HKBP Nommensen Medan

Alat Yang Dibutuhkan

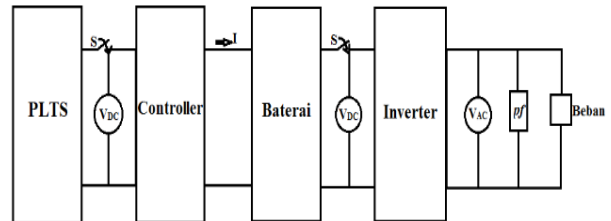
Dalam percobaan dibutuhkan peralatan sebagai berikut:

1. Panel percobaan
2. Panel PLTS
3. Solar Charge Controller
4. Baterai
5. Inverter
6. Voltmeter Dc

7. Amperemeter Dc
8. Tachometer
9. Kabel
10. Lampu pijar

Rangkaian Percobaan

Dalam percobaan dibutuhkan rangkaian sebagai berikut:



Gambar 10. Rangkaian Percobaan

Panel Surya

Tabel 1. Spesifikasi Panel Surya	
Solar Module	
Module Type	SP-20
Rated max power (Pmax)	20W
Current at Pmax (Imax)	1.15A
Voltage at Pmax (Vmp)	17.4V
Short-circuit current (Isc)	1.23A
Open circuit voltage (Voc)	22.4V
Dimension (mm)	350*490*25
Number of cells	36
Max. system Voltage	700V
Temperature range	-45-+80°C

Baterai

Beban dalam penelitian ini menggunakan beban AC sehingga baterai yang digunakan adalah baterai 12 volt.

Inverter

Inverter yang digunakan memiliki tegangan masuk 12 volt DC menjadi 220 volt AC

Beban

Beban yang digunakan adalah kipas angin Maspion EF-30 P3 Desk Fan dengan spesifikasi :

- Tipe : EF-30
- Ukuran : 12 inch (30 cm)
- Daya max : 40 watt
- Tegangan : 220 volt
- Dimensi : 39.5 cm x 29 cm x 50.0 cm

HASIL dan ANALISIS

Pengambilan Data

1) Pengisian Baterai

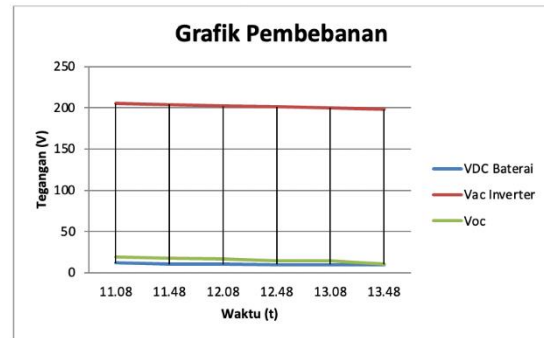
Pada saat pengukuran tegangan yang masuk atau pengisian baterai, tegangan baterai dikosongkan hingga 9 V. Hal ini dilakukan agar dapat mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk menambah tegangan di baterai hingga 12 V. Berikut ini adalah data energi yang dihasilkan oleh panel surya, yakni pukul 11:08-13.48 WIB, dengan menggunakan interval pengukuran setiap 30 menit.

Waktu (t)	V _{oc} (V)	V _{DC} (V)	Temp (°C)
11:08	17.8	9	26
11:48	17.2	9.9	29
12:08	16.8	10.5	30
12:48	14.2	11	31
13:08	14.6	11.8	31
13:48	13.2	12	30

Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui bahwa tegangan yang dihasilkan oleh panel sel surya tidak konstan tiap waktunya. Energi yang dihasilkan dari pagi hingga siang cenderung mengalami kenaikan.

2) Pembebanan

Beban yang dihasilkan oleh kipas angin Maspion EF-30 P3, sebagai berikut:



Gambar 11 Grafik Pembebanan

Pembahasan

Dari data pengisian baterai dapat dilihat keluaran dari panel surya sekitar 10.2 V – 17.8 V. Namun tegangan yang masuk kedalam baterai tidak melebihi 12 V karena adanya Solar Charge Controller yang sudah terdapat rangkaian pengaturan tegangan dan arus oleh karena itu pengisian baterai pada setiap jamnya akan selalu stail sehingga pengisian muatan yang berlebihan tidak akan terjadi.

Kapasitas baterai adalah jumlah Ampere hour (Ah) artinya baterai dapat memberikan atau menyuplai sejumlah isinya secara rata-rata sebelum tiap selnya menyentuh tegangan turun (drop voltage) yaitu sebesar 1,5 V. Baterai yang digunakan pada penelitian ini memiliki tegangan 12 V dan 3,5 Ah. Baterai ini bisa memberikan arus sebesar 3,5 Ampere dalam satu jam artinya memberikan daya rata-rata sebesar 42 Wh.

$$W = V \times I$$

$$W = 12 \text{ V} \times 3,5 \text{ Ah}$$

$$W = 42 \text{ Wh}$$

Cara menghitung berapa lama baterai dapat memback up beban

Rumus dasar :

$$P = V \times I$$

$$V = \frac{P}{I}$$

$$I = \frac{P}{V}$$

Dimana :

- I = Kuat Arus (Ampere)
- P = Daya (Watt)
- V = Tegangan (Volt)

Diketahui beban 40 Watt dan baterai yang digunakan 12 V / 3,5 Ah

Maka didapat :

$$I = \frac{40 \text{ Watt}}{12 \text{ V}}$$

$$I = 3,33 \text{ Ampere}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu pemakaian} &= \frac{3,5 \text{ Ah}}{3,3 \text{ A}} \\ &= 1.05 \text{ jam} \end{aligned}$$

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan dapat dituliskan :

- 1) Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah suatu pembangkit listrik yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik menggunakan panel surya dengan tegangan keluaran dari panel surya sebesar 20 V.
- 2) Prinsip kerja PLTS yaitu dengan cara panel surya menangkap cahaya matahari lalu mengubahnya menjadi energi listrik, sebelum disimpan ke dalam baterai daya yang diperoleh dari panel surya harus terlebih dahulu akan melewati Solar Charge Controller agar baterai tidak mudah rusak. Setelah melewati Solar Charge Controller, daya yang dihasilkan oleh panel surya di simpan ke dalam baterai. Daya yang disimpan ke dalam baterai mempunyai tegangan 12 V DC. Agar dapat digunakan oleh beban kipas angin harus diubah menggunakan inverter dengan keluaran 220 V AC.
- 3) Daya yang dihasilkan panel surya maksimal pada jam 11:08 sebesar 17.8 V dan minimal dan pada jam 13:48 sebesar 13.2 V.
- 4) Lama waktu panel surya mengisi baterai agar baterai dapat terisi penuh 12 V dimana baterai semula bertegangan 9 V membutuhkan waktu 2 jam 30 menit.
- 5) Daya penggunaan beban maksimal berada pada pukul 11:08 sebesar 856 rpm dimana tegangan baterai masih full yaitu 12 V dan minimal berada pada pukul 13:48 sebesar 716 rpm dimana tegangan baterai sudah berkurang menjadi 9.9 V.
- 6) Saat pembebanan tegangan baterai terus menurun. Jika tegangan pada baterai menurun tegangan yang dikeluarkan oleh inverter juga turun, dengan itu putaran kipas angin juga akan menurun dari waktu ke waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Herry, Z. Kotta, dan W. Djoko. 2015. Energi Terbarukan Konsep Dasar Menuju Kemandirian Energi. Yogyakarta: GadjahMada University Press
- [2] Bird, B.M., dan King K.G.1985.Power Electronics. Bangalore: The Bath Press
- [3] Rashid, Muhammad H. 1999. ElektronikaDaya. Jakarta: PT Prenhallindo
- [4] Wibawa, Unggul. 2017. Pendekatan Praktis Pembangkit EnergiBarudan Terbarukan. Malang: UB Press
- [5] Administrator2. 2017. "Bagaimana Cara Menghitung Kebutuhan Panel Surya?", <https://infopromodiskon.com/news/detail/277/bagaimana-cara-menghitung-kebutuhan-panel-surya.html>, diakses pada 15 Juli 2020 pukul 20.12.