

Desain Sistem Pembangkit Tenaga Listrik Pada Mercusuar Dengan Menggunakan Tenaga Matahari

Khairul Saleh

Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro – Institut Teknologi Medan (ITM)

Abstrak

Saat ini kebutuhan akan energi listrik tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia. Ketersediaan energi listrik pada masa yang akan datang merupakan permasalahan yang senantiasa menjadi perhatian semua bangsa. Ketersediaan energi tersebut harus dapat memenuhi kebutuhan akan energi listrik itu sendiri baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Peningkatan kuantitas energi listrik sendiri didorong oleh pertumbuhan beban yang semakin meningkat. Sumber energi yang berasal dari fosil (minyak, gas dan batu bara) yang biasa digunakan persediaannya mulai di rasakan berkurang akibat kebutuhan yang terus meningkat. Dari bermacam–macam energi alternatif, energi matahari merupakan salah satu bentuk alternatif energi yang cocok untuk menggantikan sebagian kecil energi konvensional menuju konversi energi yang lebih beragam yaitu dengan solar sel atau fotovoltaik membutuhkan waktu yang sangat panjang. Dengan mempertimbangkan berbagai hal–hal, kita dapat menggunakan solar sel untuk mendapatkan energi listrik dari matahari. Dan mengakui bahwa teknik listrik sinar matahari memiliki kelayakan untuk diterapkan dan akan merupakan salah satu sumber energi yang sangat menjanjikan dimasa depan.

Kata Kunci : Energi Listrik, Solar Sel, Inverter, Baterai

Pendahuluan

latar belakang

Saat ini kebutuhan energi listrik tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia selain sandang, pangan, dan papan. Ketersediaan energi listrik pada masa yang akan datang merupakan permasalahan yang senantiasa menjadi perhatian semua bangsa karena kesejahteraan manusia dalam kehidupan modern sangat tergantung dengan ketersediaan energi listrik. Ketersediaan energi tersebut harus dapat memenuhi akan kebutuhan energi listrik itu sendiri baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Saat ini dunia tengah menghadapi krisis energi, dimana sumber energi yang berasal dari fosil (minyak, gas dan batubara) yang biasa digunakan persediaannya mulai dirasakan berkurang akibat kebutuhan yang terus meningkat. Untuk dapat memanfaatkan cahaya matahari sebagai sumber energi dan mengubahnya menjadi energi listrik diperlukan sebuah media yang bersifat semikonduktor atau disebut sel surya (*Solar Cell*) inilah yang akan mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik.

Tinjauan Pustaka

Solar Sel

Solar sel atau sering juga disebut sel *photovoltaic* (sel surya atau sel matahari) adalah sebuah alat semikonduktor yang terdiri dari *diode p-n junction*, dimana dengan hadirnya cahaya matahari mampu menghasilkan energi listrik. Proses ini disebut efek *photovoltaic*, listrik solar sel dapat digunakan sama

halnya seperti listrik yang dihasilkan sumber–sumber energi listrik yang lain.



Gambar 1. Beberapa Contoh Penerapan Solar Sel

Bentuk Energi

Menurut teori kuantum dari Plank, sinar surya terdiri dari partikel–partikel foton yang kecil sekali dan mempunyai tingkat energinya sendiri yang mana bergantung kepada frekuensi dan panjang gelombangnya. Makin tinggi frekuensi dari energi, makin besar kekuatan yang dikandung foton.

Penyerapan energi (foton) adalah sama dengan perbedaan antara keadaan energi, sebagai contoh :

$$E_f = h \cdot f$$

Dimana :

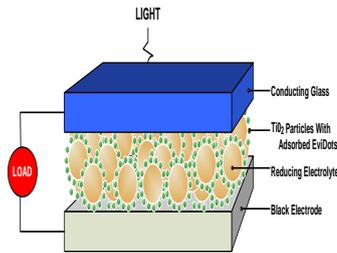
E_f = energi foton (J)

h = konstanta Plank ($6,63 \times 10^{-34}$) (Joule detik)

f = frekuensi dari pancaran (Hertz)

Sistem Dasar Solar Sel

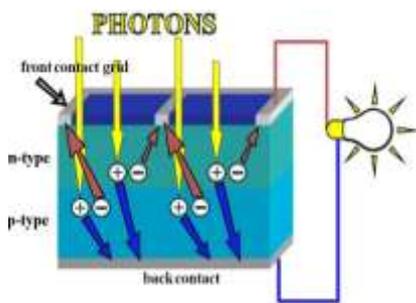
Teknologi solar sel telah lama dikenal manusia, penangkap panas yang dibawa sinar matahari untuk diubah menjadi sumber energi listrik, suplai energi surya dari matahari yang diterima oleh permukaan bumi sebenarnya sangat luar biasa besarnya yaitu mencapai 3×10^{24} Joule pertahun.



Gambar 2. Struktur Dalam Salor Sel

Cara Kerja Solar Sel.

Susunan sebuah solar sel sama dengan sebuah dioda, terdiri dari dua lapisan yang dinamakan PN junction yang jika diterpa sinar matahari maka akan terjadi aliran elektron, aliran electron inilah yang disebut sebagai aliran arus listrik. Pada saat lempengan solar sel mengkonversi energi cahaya yang diterimanya menjadi energi listrik, pada terminal output solar sel tersebut dihubungkan dengan sebuah bola lampu pijar untuk membuktikan bahwa solar sel menghasilkan energi. Lebih detail lagi dapat dijelaskan, sinar matahari yang terdiri dari foton – foton tersebut jika menimpa permukaan solar sel (*absorber*), akan diserap, dipantulkan, atau dilewati begitu saja dan hanya foton dengan level energi tertentu yang akan membebaskan elektron dari ikatan atomnya, sehingga mengalirlah arus listrik.



Gambar 3. Proses konversi cahaya menjadi energi listrik

Perumusan Arus Dan Tegangan Solar Sel

Solar sel yang dalam keadaan tanpa disinari (gelap) adalah merupakan dioda biasa, yang mempunyai persamaan arus sebagai berikut :

$$I_j = I_0 \left(\exp \frac{qV}{A \cdot K \cdot T} - 1 \right)$$

Dimana :

I_j = arus yang melewati sambungan P-N

i_0 = arus jenuh pada sambungan P-N

q = muatan electron

V = tegangan pada sambungan P-N

K = konstanta Boltzman ($1,381 \times 10^{23}$ J/K)

T = temperature dalam (Kelvin)

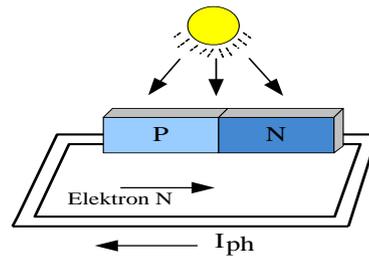
A = konstanta semikonduktor ($A=1$ untuk diode ideal)

Dalam keadaan disinari maka timbul aru photo I_{ph} , yang arahnya berlawanan dengan arus diode (I_j), dan arus total (I_t) yang mengalir dalam rangkain menjadi :

$$I_t = I_j - I_{ph}$$

Maka untuk dioda ideal $A = 1$ diperoleh :

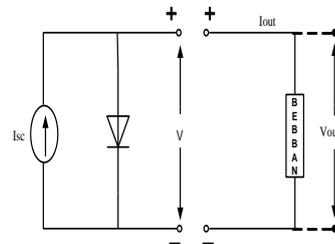
$$I_j = I_0 \left[\exp \frac{qV}{A \cdot K \cdot T} - 1 \right] - I_{ph}$$



Gambar 4. Terjadinya aliran electron pada solar sel yang disinari

Daya Maksimum Solar Sel

Keluaran solar sel berupa tegangan dan arus ditentukan oleh beban yang terhubung pada solar sel. Jika dihubung singkatkan, maka $V = V_{out} = 0$, dan $I_{out} = I_{sc}$, tetapi bila beban dibuka (hubungan terbuka), $I_{out} = I = 0$. tegangan yang berhubungan dengan keadaan ini disebut dengan rangkaian terbuka (V_{oc}).



Gambar 5. Rangkaian Solar Sel Dan Beban

Daya keluaran solar sel adalah :

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out}$$

Jika ingin diperoleh sepasang V_{out} dan I_{out} (selanjutnya disebut V_m dan I_m) yang menghasilkan P_{out} maksimun, yakni :

$$P_{out} = P_m = V_m \times I_m$$

Rangkaian Solar Sel

Rangkaian Seri Solar Sel

Hubungan seri solar sel diperoleh dengan menghubungkan terminal positif (+) sel surya pertama dengan terminal negative (-) yang baru, untuk mempermudah pemahaman, solar sel dapat diibaratkan sebagai baterai yang dihubungkan seri.

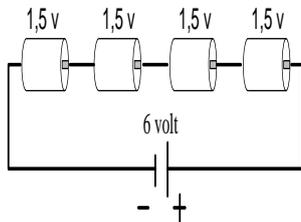
Dari hubungan seri ini didapat :

- Tegangan solar sel dijumlahkan apabila terhubung seri (untuk mendapatkan jumlah tegangan yang lebih besar)
 $V_{total} = V_{sel_1} + V_{sel_2} + V_{sel_3}$

- Arus solar sel seri adalah tetap

$$I_{total} = I_1 = I_2 = I_3$$

$$P \text{ (watt)} = V \text{ (volt)} \times I \text{ (ampere)}$$



Gambar 6. Rangkaian Seri Solar sel

Rangkaian Paralel Solar Sel

Untuk rangkaian yang tersambung secara parallel seperti diperlihatkan gambar dibawah ini, Kircoft Current Law menyatakan bahwa arus (I) yang akan memasuki titik simpul utama adalah sama dengan jumlah dari ketiga arus yang meninggalkan simpul melalui cabang – cabangnya.

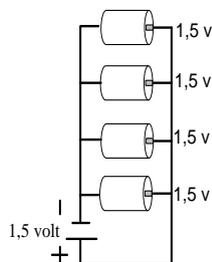
Apabila ketiga elemennya adalah resistansi, maka :

$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

Untuk ketiga hambatan parallel,

$$\frac{I}{R_{eq}} = \frac{I}{R_1} + \frac{I}{R_2} + \frac{I}{R_3}$$

Pada rangkaian ini terminal kutub positif solar sel dihubungkan satu sama lain, maka diperoleh jumlah tegangan dan arus. Gambar 7 diperlihatkan pengukuran tegangan pada solar sel yang terhubung parallel.



Gambar 7. Rangkaian Paralel Solar Sel

Komponen Pendukung

Baterai

Dikarenakan cahaya matahari tidak terdapat selama 24 jam penuh, sebuah solar cell yang di beri tugas untuk menyediakan energi pada waktu tidak ada cahaya harus mengikut sertakan sebuah baterai penyimpan muatan. Fungsi baterai dalam suatu system solar cell adalah ganda. Baterai harus menyediakan daya kepada beban diwaktu tidak ada cahaya matahari dan harus pula meratakan perubahan – perubahan pada beban. Jadi, dapat kita ketahui bahwa fungsi baterai pada rancangan pembangkit tenaga surya ini adalah untuk menyimpan energi yang dihasilkan solar sel pada siang hari, tujuannya adalah untuk menyimpan energi listrik cadangan ketika cuaca mendung atau hujan serta pada malam hari. Dengan demikian dapat bekerja sesuai dengan kebutuhan. Baterai yang dipergunakan dalam rancangan ini adalah jenis asam timbale (baterai basah) yang dapat diisi ulang cairan kimia dan energi listrik.



Gambar 9. Baterai Sekunder Model 12V,7.5/20HR

Tabel 1. Spesifikasi Baterai

Auto Mobil Standar	35 – 60 Ah
Auto Mobil Menengah	70 – 90 Ah
Auto Mobil Berat	180 – 200 Ah
Sepeda Motor	3 – 20 Ah

Jumlah ampere hour hanya dapat dikeluarkan oleh baterai, di si oleh arus listrik dari luar atau dengan kata lain yaitu dicas (*charger*).

Sebagai contoh:

Sebuah baterai dengan kode 7,5 Ah/20Hr artinya baterai mampu bekerja selama 20 jam dengan jumlah arus yang dikeluarkan sekitar 0.37 ampere dalam setiap jam, hal ini dapat diperoleh dengan $\frac{7.5 \text{ ah}}{20 \text{ Hr}} = 0.37 \text{ A}$ setiap jam selama 20 jam. Dengan demikian diperkirakan baterai dengan kondisi penuh dapat menyuplai beban sebesar $0.37 \text{ A} \times 12 \text{ V} = 4.5 \text{ watt}$ selama 20 jam.

Mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroler saat ini tidak asing lagi didalam dunia elektronika. Hampir semua peralatan elektronika dewasa ini menggunakan perangkat.

Mikrokontroler merupakan pengendali utama dalam peralatan elektronika saat ini. Maka mikrokontroler merupakan suatu hal yang penting dipelajari bagi mereka yang berkecimpung dalam dunia elektronika.

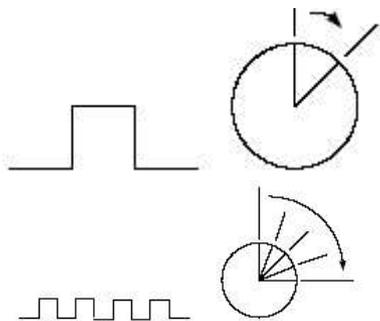
Mikrokontroler AT89S51 merupakan mikrokontroler yang diproduksi oleh Armel yang memiliki memori program internal yang dikenal dengan Ferom (*Flash Progam Mobile and Erasable Read Only Memory*). Mikrokontroler AT89S51 juga terdapat instruksi timer yang nantinya dapat diprogram sebagai PWM (*Pulsa Widh Moduktor*), sebagai suatu sistem kontrol, dalam mikrokontroler terdapat RAM dan ROM. Mikrokontroler AT89S51 mempunyai 40 kaki, 32 kaki, diantaranya adalah kaki keperluan I/O port. Satu port I/O terdiri 8 kaki sehingga totalnya terdapat 4 buah port I/O yang masing – masing dikenal sebagai port 1, port2 dan prot 3.



Gambar 10. Konstruksi AT89S51

Motor Stepper

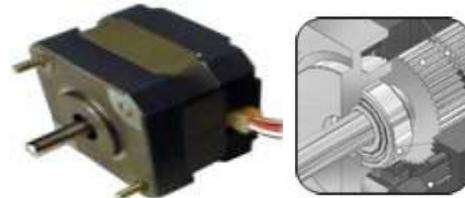
Motor stepper adalah motor listrik yang dikendalikan dengan pulsa-pulsa digital, bukan dengan memberikan tegangan yang terus-menerus. Deretan pulsa diterjemahkan menjadi putaran shaft, dimana setiap putaran membutuhkan jumlah pulsa yang ditentukan. Satu pulsa menghasilkan satu kenaikan putaran atau step, yang merupakan bagian dari satu putaran penuh. Oleh karena itu, perhitungan jumlah pulsa dapat diterapkan untuk mendapatkan jumlah putaran yang diinginkan. Perhitungan pulsa secara otomatis menunjukkan besarnya putaran yang telah dilakukan, tanpa memerlukan informasi balik (*feedback*).



Gambar 11. Jumlah Step Tiap Putaran

Ketepatan kontrol gerak motor stepper terutama dipengaruhi oleh jumlah step tiap putaran.

Semakin banyak jumlah step, semakin tepat gerak yang dihasilkan. Untuk ketepatan yang lebih tinggi, beberapa driver motor stepper membagi step normal menjadi setengah step(*half step*) atau mikro step.



Gambar 12. Wujud Motor Stepper

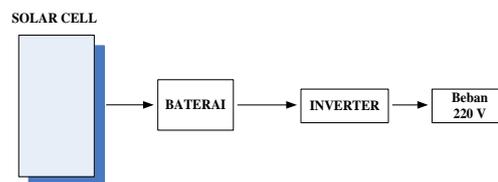
Berdasarkan metode perancangan rangkaian pengendalinya, motor stepper dapat dibagi menjadi jenis unipolar dan bipolar, rangkaian pengendali motor stepper unipolar lebih mudah dirancang karena hanya memerlukan satu switch / transistor setiap lilitannya. Untuk menjalankan dan menghentikan motor ini cukup dengan menerapkan pulsa digital yang hanya terdiri atas tegangan positif dan nol (*ground*) pada salah satu terminal lilitan (*wound*) motor sementara terminal lainnya dicatu dengan tegangan positif konstan (VM) pada bagian tengah (*center tap*) dari lilitan.

Sensor Inframerah

Rangkaian sensor inframerah menggunakan foto transistor dan led infra merah, foto transistor akan aktif apabila terkena cahaya dari led infra merah. Antara Led dan foto transistor dipisahkan oleh jarak, jauh dekatnya jarak mempengaruhi besar intensitas cahaya yang diterima oleh foto transistor, apabila antara Led dan foto transistor tidak terhalang oleh benda, maka foto transistor akan aktif.

Perancangan Alat

Sistem pembangkit listrik pada mercusuar dengan tenaga matahari yang terdiri dari empat blok utama, gambar blok diagram rangkaian diperlihatkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Blok Diagram Umum Rancangan

Rancangan Sistem Pembangkit

Perancangan sistem pembangkit listrik pada mercusuar dengan tenaga matahari memiliki beberapa bagian utama yaitu :

Sistem penghasil atau pengubah energi, sistem penyimpan energi, sistem pengubah atau konversi listrik, dan sistem distribusi.

Proses konversi energi matahari dimulai dari penyinaran sinar matahari yang kemudian diserap oleh panel surya untuk di konversi ke energi listrik, energi listrik yang dihasilkan akan disimpan pada sistem penyimpanan yang berupa baterai.

Untuk dapat menghasilkan tegangan bolak – balik (AC) maka diperlukan inverter sebagai pengubah tegangan, untuk mengamankan sistem rangkaian maka tegangan yang dihasilkan disalurkan ke sistem pengamanan yaitu berupa sekering atau MCB sebelum didistribusikan ketitik – titik beban melalui panel distribusi.

Sistem penghasil atau pengubah energi

Berupa susunan sel – sel surya sehingga membentuk suatu panel terbuka untuk menyerap energi matahari dan mengubah menjadi energi listrik, sel – sel tersusun sedemikian rupa yaitu : secara seri atau paralel untuk mendapatkan tegangan kerja yang diinginkan .

Panel surya yang digunakan mempunyai kapasitas 10 W, 12 V dengan arus lebih kecil dari 1 A, panel surya tersebut akan menghasilkan tegangan yang sesuai dengan intensitas cahaya matahari pada keadaan intensitas yang kurang tinggi, tegangan keluaran juga akan lebih rendah bila dibandingkan dengan intensitas yang lebih tinggi.

Arah panel surya mempengaruhi tegangan keluaran dari panel tersebut, terdapat dua terminal keluaran dari panel yaitu : terminal positif dan terminal negatif, sebagaimana umumnya peralatan listrik.



Gambar 14. Panel Surya

Prosedur Perancangan

Asumsi awal

Untuk menentukan hasil yang diharapkan agar sempurna perlu dibuat suatu tahapan asumsi awal dalam membuat suatu rancangan sistem pembangkit tenaga listrik, sebagai berikut :

Menentukan Daya Keseluruhan Yang digunakan

- Lampu penerangan sebesar 5 watt sebanyak 6 buah.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah daya lampu} &= 5 \text{ watt} \times 6 \text{ buah} \\ &= 30 \text{ watt} \end{aligned}$$

- Pemakaian daya pada rangkaian keseluruhan (pengendali motor stepper, lampu Led dan sensor infra merah), yaitu sebesar 12 watt

Menentukan Pemilihan Baterai

Tegangan pada baterai 12 volt dan kebutuhan arus sesuai dengan pemakaian daya total,

$$\begin{aligned} I &= \frac{P}{V} = \frac{50,4 \text{ V}}{12 \text{ A}} \\ I &= 4,2 \text{ ampere} \end{aligned}$$

Maka baterai yang sesuai dengan kebutuhan adalah 12V / 4,2 AH

Menentukan Pemilihan Solar Sel

Untuk memenuhi kebutuhan baterai digunakan Solar Sel 12 volt, 10 watt, dan dapat diketahui lama pengisian baterai dengan arus yang dihasilkan oleh solar sel, yaitu sebesar : $I = \frac{10 \text{ w}}{12 \text{ v}} = 0,83 \text{ A}$.

Maka lama pengisian baterai adalah,

$$t = \frac{4,2 \text{ AH}}{0,83 \text{ A}} = 5,06 \text{ H}$$

Solar sel dapat mengisi (*charger*) baterai hingga penuh selama 5 Jam.

Spesifikasi solar sel (12 volt, 10 watt) yang di gunakan.

- Panjang modul solar sel = 28,5 cm
- Lebar modul solar sel = 28 cm
- Tebal solar sel = 2,5 cm
- Jumlah sel = 39 buah
- Panjang tiap sel = 7,8 cm
- Lebar tiap sel = 1,9 cm

Pemakaian Inverter

Menentukan Arus pada keluaran inverter sesuai dengan kebutuhan beban yang digunakan pada saat menghidupkan lampu

- 1 lampu = 5 watt

$$I = \frac{P}{V} = \frac{5}{220} = 0,02 \text{ ampere}$$

- 2 Lampu = 10 watt

$$I = \frac{P}{V} = \frac{10}{220} = 0,04 \text{ ampere}$$

- 3 Lampu = 15 watt

$$I = \frac{P}{V} = \frac{15}{220} = 0,07 \text{ ampere}$$

- 4 Lampu = 20 watt

$$I = \frac{P}{V} = \frac{20}{220} = 0,09 \text{ ampere}$$

- 5 Lampu = 25 watt

$$I = \frac{P}{V} = \frac{25}{220} = 0,11 \text{ ampere}$$
- 6 Lampu = 30 watt

$$I = \frac{P}{V} = \frac{30}{220} = 0,14 \text{ ampere}$$

Tahap Perancangan

Tahap perancangan sistem pembangkit energi listrik tenaga surya adalah sebagai berikut :

1. Analisis masalah yang timbul yaitu masalah – masalah tentang kebutuhan suatu energi pada suatu tempat atau daerah tertentu, yaitu untuk menghasilkan atau menemukan suatu bentuk energi yang efektif dan efisien serta ekonomis. Misalnya pada daerah terpencil yang tidak mempunyai jaringan listrik akan membutuhkan biaya yang besar bila memasang instalasi dari PLN khusus untuk daerah tersebut oleh karena itu hendaknya ditemukan solusi yang lebih efisien dengan memanfaatkan pembangkit sendiri seperti genset, micro hydro, maupun energi matahari.

Berhubung daerah yang akan di eksplorasi berada pada daerah tropis sehingga ketersediaan energi matahari cukup memadai untuk menghasilkan listrik, maka perancang mencoba merancang suatu sistem yang dapat menghasilkan dari tenaga yang tersedia.

2. Tahap kedua adalah menemukan komponen – komponen yang mendukung sistem pembangkit energi listrik dengan tenaga matahari, misalnya sel – sel surya, media penyimpanan atau baterai, alat pengubah tegangan DC – AC, serta sistem pengamanan dan komponen pendukung lainnya.
3. Analisis secara teori tentang kebutuhan energi listrik pada daerah tersebut sehingga dapat ditentukan kapasitas pembangkit yang akan dibangun.
4. Perancangan blok diagram sistem serta analisis apakah sistem dapat bekerja dan berguna sesuai dengan kebutuhan.
5. Realisasikan kebentuk nyata, yaitu: perakitan komponen–komponen menjadi suatu sistem pembangkit tenaga surya.
6. Melakukan pengukuran dan analisis apakah sistem bekerja sesuai rencana.
7. Melakukan pengujian terhadap hasil rancangan secara periodik dan teratur.



Gambar 15. Gambar flow chart prosedur perancangan

Hasil Dan Analisa

Untuk menghindari kesalahan – kesalahan yang terjadi pada peralatan Elektronika, diperlukan suatu pengujian dan pengukuran pada peralatan yang di rencanakan, pengujian dilakukan dengan menguji tiap-tiap modul. Jika berjalan dengan baik, maka peralatan ini di anggap telah berjalan sesuai dengan yang diinginkan.

Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mendapatkan suatu informasi dari sistem, sehingga kita dapat mengetahui spesifikasi dari peralatan tersebut. Pengukuran dilakukan terlebih dahulu pada tiap-tiap modul. Setelah masing-masing modul menghasilkan suatu output sesuai dengan keinginan, maka dapat dilanjutkan dengan menggabungkan modul-modul tersebut sampai sistem dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

Pengukuran Solar Sel

Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mengetahui tegangan dan Arus yang dihasilkan oleh modul solar sel, dalam keadaan ruang tertutup (tanpa cahaya) dan dalam keadaan ruang terbuka (ada cahaya matahari).



Gambar 16. Pengukuran Arus dan tegangan solar sel

Pengukuran Lama Waktu Pengisian Baterai

Pengukuran ini dilakukan pada saat pengisian berlangsung selama empat hari dan pada tiap harinya pengujian dilakukan pada pukul 09:00 – 17:00 WIB, lama waktu pengisian baterai tergantung pada besar arus yang mengalir ke baterai. Maka selama 31 jam, jumlah arus yang dihasilkan oleh solar sel adalah 7,57 A. Dan rata – rata arus yang mengalir pada tiap jamnya adalah sebesar 0,24 A

Perhitungan Sistem Solar Sel

Menentukan tegangan setiap sel dalam 1 modul

Untuk mengetahui tegangan setiap sel dalam suatu modul dengan solar sel 12 volt 10 watt (39 buah sel). Dapat di tentukan dengan rumus berikut ini :

$$V_{sel} = \frac{V_{maks}}{N_{sel}}$$

$$V_{sel} = \frac{22 \text{ volt}}{39 \text{ sel}}$$

$$V_{sel} = 0,56 \text{ volt / sel}$$

Menentukan arus tiap sel

Besar arus maksimum dalam 1 modul solar sel sebesar 0,33 ampere, dengan jumlah sel 39 buah, maka didapat arus/sel sebesar :

$$I_{sel} = \frac{I_{maks}}{N_{sel}}$$

$$I_{sel} = \frac{0,33 \text{ Ampere}}{39 \text{ sel}}$$

$$I_{sel} = 0,008 \text{ A / sel}$$

Mencari daya input pada solar sel

Karena luas penampang dari tiap sel adalah persegi panjang, maka luas penampang tiap sel adalah :

$$A = \text{Panjang sel} \times \text{Lebar sel}$$

$$A = 7,8 \text{ cm} \times 1,9 \text{ cm}$$

$$A = 14,82 \text{ cm}^2/\text{sel}$$

Dalam satu modul solar sel terdiri dari 39 sel, maka :

$$A = 39 \text{ sel} \times 14,82 \text{ cm}^2/\text{sel}$$

$$A = 577,98 \text{ cm}^2$$

$$A = 0.058 \text{ m}^2$$

Di Indonesia intensitas sinar surya berada diantara 400 w/m², maka bila

$$I_n = 400 \text{ w/m}^2, \text{ didapat :}$$

$$P_{in} = I_n \times A$$

$$P_{in} = 400 \text{ w/m}^2 \times 0,058 \text{ m}^2 = 23,2 \text{ watt}$$

Jadi besar daya input pada modul solar sel dengan jumlah sel 39 buah adalah sebesar 23,2 watt

Daya output solar sel

Keluaran solar sel berupa tegangan dan arus ditentukan oleh beban yang terhubung pada solar sel. Jika dihubung singkatkan, maka $V = V_{out} = 0$, dan $I = I_{out} = I_{sc}$. Tetapi bila beban dibuka maka $I = 0$, tegangan yang berhubungan dengan keadaan ini disebut dengan rangkaian terbuka (V_{oc}). Daya output solar sel dapat dinyatakan dengan persamaan berikut ini :

$$P_{out} = V_m \times I_m$$

$$P_{out} = 22 \text{ volt} \times 0,33 \text{ ampere}$$

$$P_{out} = 7,26 \text{ watt}$$

Mencari daya keluaran pada baterai

Dari spesifikasi teknis pada baterai yang dipakai bias dilihat arus maksimum baterai adalah sebesar 7,5 A, ini artinya bahwa arus maksimal yang bias digunakan adalah sebesar 7,5 ampere. Karena tegangan yang dihasilkan oleh baterai adalah 12 volt, maka daya pada baterai yaitu :

$$\text{Daya baterai} = \text{Tegangan baterai} \times \text{Arus baterai}$$

$$\text{Daya baterai} = 12 \text{ volt} \times 7,5 \text{ ampere}$$

$$\text{Daya baterai} = 90 \text{ watt}$$

Menghitung waktu pengisian baterai

Untuk menghitung lamanya waktu pengisian baterai, maka total daya total yang disimpan oleh baterai tadi yaitu 90 watt dibagi dengan tegangan baterai :

$$I = \frac{90 \text{ watt}}{12 \text{ volt}}$$

$$I = 7,5 \text{ ampere}$$

Dari data yang diperoleh diketahui bahwa arus rata-rata pada tiap jam pengisian baterai adalah sebesar 0,24 ampere, maka waktu pengisiannya adalah :

$$t = \frac{\text{Arus maksimum baterai}}{\text{Arus solar sel}}$$

$$t = \frac{7,5 \text{ AH}}{0,24 \text{ A}}$$

$$t = 31,25 \text{ H atau } t \approx 31 \text{ Jam}$$

Perhitungan Beban

Dalam penggunaan solar sel sebagai sumber pembangkit energi listrik, data – data diperoleh berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan dari modul solar sel dapat memenuhi energi listrik sepanjang tahun pada kondisi yang baik dengan peralatan yang normal.

Menghitung daya pada Inverter

Untuk menghitung daya yang keluar (P_{out}) dari inverter, tegangan dan arus telah diperoleh dari data hasil pengukuran berdasar kan jumlah beban yang dipakai (jumlah lampu yang dihidupkan), maka besar daya pada tiap pemakaian beban adalah :

$$P_{out} = \text{tegangan keluar (V)} \times \text{ arus keluar (I)}$$

Maka :

$$\text{Tanpa beban, } P_{out} = 230 \text{ v} \times \text{ -- A} = \text{ -- watt}$$

$$\text{Dengan 1 lampu, } P_{out} = 223 \times 0,02 \text{ A} = 4,91 \text{ watt}$$

$$\text{Dengan 2 lampu, } P_{out} = 225 \times 0,04 \text{ A} = 9,9 \text{ watt}$$

$$\text{Dengan 3 lampu, } P_{out} = 226 \times 0,06 \text{ A} = 14,98 \text{ watt}$$

$$\text{Dengan 4 lampu, } P_{out} = 226 \times 0,08 \text{ A} = 19,8 \text{ watt}$$

$$\text{Dengan 5 lampu, } P_{out} = 227 \times 0,11 \text{ A} = 24,93 \text{ watt}$$

$$\text{Dengan 6 lampu, } P_{out} = 227 \times 0,13 \text{ A} = 29,97 \text{ watt}$$

Tabel 2. Data hasil perhitungan daya yang keluar dari inverter

Beban	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
Tanpa beban	230	--	--
1 Lampu	223	0,02	4,91
2 Lampu	225	0,04	9,9
3 Lampu	226	0,06	14,98
4 Lampu	226	0,08	19,8
5 Lampu	227	0,11	24,93
6 Lampu	227	0,13	29,97

Menghitung daya pada lampu LED

Lampu LED yang digunakan sebanyak 8 buah dan memiliki spesifikasi tegangan 3 V, arus 50 mA, dan tahanan 60 ohm, yang terpasang secara seri. Untuk menghidupkan 8 buah lampu LED diberikan tegangan masukkan sebesar 12 Volt dari baterai.

Untuk mencari besar tahanan adalah :

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_8$$

$$R_t = 60 + 60 + 60 + 60 + 60 + 60 + 60 + 60$$

$$R_t = 480 \text{ Ohm}$$

Untuk mencari besar arus adalah :

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

$$I = \frac{12}{480}$$

$$I = 0,025 \text{ Ampere}$$

Untuk mendapatkan daya yang diperlukan adalah :

$$\text{Daya pada beban (watt)} = \text{Tegangan (volt)} \times \text{ Arus beban (ampere)}$$

Jadi daya yang diserap oleh lampu LED adalah :

$$\text{Tegangan} = 12 \text{ Volt}$$

$$\text{Daya beban} = 12 \text{ volt} \times 0,025 \text{ Ampere}$$

$$\text{Daya beban} = 0,3 \text{ watt}$$

Menghitung energi pada lampu pijar dan LED

Jumlah keperluan energi setiap hari pada sebuah alat dispesifikasikan dalam Wh dan kWh. Pemakaian energi listrik dihitung dalam harian/watt, yaitu :

$$\text{Energi yang dipakai (Wh/hari)} = \text{Daya beban (W)} \times \text{Pemakaian (Jam/hari)}$$

Tabel Perbandingan Analisa

Tabel 3 menunjukkan pemakaian beban pada alat yang telah selesai dibuat tidak melewati total pemakaian beban pada analisa awal rancangan.

Tabel 3. Perbandingan Beban Keseluruhan

Beban	Analisa dasar	Analisa hasil pengukuran
Beban Rangkaian Keseluruhan	12 watt	6,6 watt
Beban Lampu Ruangan	30 watt	29,97 watt
Total pemakaian beban	42 watt	36,57 watt

Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian ini, maka penulis mengambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Besarnya arus, tegangan dan daya suatu solar sel ditentukan oleh volume solar sel dan intensitas cahaya matahari.
2. Penggunaan solar sel dapat dipergunakan untuk pengisian baterai dan mengurangi ketergantungan akan kebutuhan daya energi listrik pada saat jaringan listrik PLN tidak ada atau tidak berfungsi, demikian solar sel ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber catu daya.
3. Daya input solar sel yang berasal dari cahaya matahari sebesar 32,2 watt, sedangkan daya output solar sel sebesar 7,26 watt. Hal ini dikarenakan hanya sebagian cahaya matahari yang dapat masuk pada modul solar sel.
4. Pada baterai dalam pengisian (*Charger*) waktu selama 31 jam mampu menyimpan daya sebesar 90 watt.
5. Pada pemakaian baterai mampu melayani beban sebesar 36,57 watt selama 11 jam.
6. Penggunaan inverter sebagai suatu pengubah tegangan arus searah menjadi arus bolak-balik sangat bermanfaat untuk memaksimalkan tegangan yang dihasilkan oleh solar sel yang hanya sebesar 22 volt dc, sedangkan kebutuhan beban yaitu lampu penerangan 220 volt ac.

Daftar Pustaka

- Efvy Zamidra Zam, 2002, *Mudah Menguasai Elektronika*, Indah, Surabaya
- LAMEL, 2006, *Pemrograman Mikrokontrolle AT89s51 Dengan C/C++ Dan assembler*, Andi, Yogyakarta
- Nur Azman. Drs, 1983, *Fisika Modern*, Sinar Wijaya, Surabaya
- Suryatmo F, 1999, *Teknik Pengukuran Listrik Dan Elektronika*, Bumi Aksara, Jakarta
- [http:// www.evidenttech.com/Application of Semiconductor Nanocrystals to Photo voltaic Energy Conversion Devices](http://www.evidenttech.com/Application_of_Semiconductor_Nanocrystals_to_Photo_voltaic_Energy_Conversion_Devices).
- [http:// www.energyefficiencyasia.org/Pedoman Efisiensi Energi Untuk Industri di Asia](http://www.energyefficiencyasia.org/Pedoman_Efisiensi_Energi_Untuk_Industri_di_Asia)
- [http:// www.plnntt.co.id/ Energi Surya dan Prospek Pengembangannya di Indonesia](http://www.plnntt.co.id/Energi_Surya_dan_Prospek_Pengembangannya_di_Indonesia)