

PEMANFAATAN ENERGI SURYA SEBAGAI SUPLAI CADANGAN PADA LABORATORIUM ELEKTRO DASAR DI INSTITUT TEKNOLOGI PADANG

Oleh.

Arfita Yuana Dewi, Antonov

(Dosen Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Padang)

e-mail : arfitarachman.itp@gmail.com HP : 081374088111

Abstrak

Energi surya merupakan energi terbesar di bumi yang dapat dikonversikan menjadi energi listrik. Energi ini dimanfaatkan oleh manusia dalam memenuhi kebutuhan yang sangat diperlukan pada masa sekarang dan mendatang. Sasaran pemanfaatan listrik surya adalah elektrifikasi untuk daerah terpencil sebagai pemerataan hasil pembangunan, pemanfaatan energi lokal sebagai pelaksana kebijakan pemerintah tentang penggunaan energi terutama non BBM, dan sebagai energi alternatif untuk keperluan cadangan energi pada konsumen listrik. Selain itu energi surya dapat juga dimanfaatkan untuk pembangkit listrik sebagai cadangan pada penggunaan laboratorium apabila aliran listrik tidak menyala. Penelitian terlebih dahulu melihat karakteristik energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Karakteristik ini dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya kondisi cuaca dan lamanya penyinaran pada suatu daerah yang berpengaruh terhadap nilai intensitas cahaya, tegangan (V), arus (I) dan daya yang dapat ditimbulkan. Dari penelitian didapatkan Panel surya yang terpasang dapat menghasilkan daya 431.55 Watt selama 9 jam penyinaran matahari selama satu hari.

Kata kunci : energi surya, tegangan, arus, daya

Abstract

Solar energy is the largest energy in the earth that can be converted into electrical energy . The energy used by humans to meet the needs of a very necessary on the present and future . Target utilization of solar power is for the electrification of remote areas as the distribution of the fruits of development , utilization of local energy as implementers of government policy on the use of energy , especially non-fuel , and as an alternative energy reserves for the purposes of energy on electricity consumers . Besides solar energy can also be used for power generation as a backup to lab use electricity when not lit . Research first saw karakteristik electrical energy generated by the solar power plants (SPP) . These characteristics are influenced by several factors including weather conditions and duration of exposure in an area that affects the value of the light intensity , voltage (V) , current (I) and the power that can be generated . Of research got solar panels installed can produce 431.55 watts of power for 9 hours of sunshine during the day .

Key words : solar energy , voltage , current, power

1. Pendahuluan

Energi Surya adalah sumber energi yang tidak akan pernah habis ketersediaannya dan energi ini juga dapat di manfaatkan sebagai energi alternatif yang akan di ubah menjadi energi listrik, dengan menggunakan sel surya. Sel surya atau solar cell sejak tahun 1970-an telah mengubah cara pandang kita tentang energi dan memberi jalan baru bagi manusia untuk memperoleh energi listrik tanpa perlu membakar bahan bakar fosil sebagaimana pada minyak bumi, gas alam, batu bara, atau reaksi nuklir. Sel surya juga mampu beroperasi dengan baik di hampir seluruh belahan bumi yang tersinari matahari tanpa menghasilkan polusi yang dapat merusak lingkungan sehingga lebih ramah lingkungan.

Cara kerja sel surya adalah dengan memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel, Sebagaimana diketahui bahwa cahaya baik yang tampak maupun yang tidak tampak memiliki dua buah sifat yaitu dapat sebagai gelombang dan dapat sebagai partikel yang disebut dengan photon. Penemuan ini pertama kali diungkapkan oleh Einstein pada tahun 1905. Energi yang dipancarkan oleh sebuah cahaya dengan panjang gelombang dirumuskan dengan persamaan:

$$\lambda E = h.c \quad (1.1)$$

Dengan h adalah konstanta *Plancks* (6.62×10^{-34} J.s) dan c adalah kecepatan cahaya dalam vakum (3.00×10^8 m/s). Persamaan di atas juga menunjukkan bahwa photon dapat dilihat sebagai sebuah partikel energi atau sebagai gelombang dengan panjang gelombang dan frekuensi tertentu. [1]

Indonesia berada di garis katulistiwa yang membuat kepulauan kita disinari oleh cahaya matahari selama 10 sampai 12 jam perharinya. Oleh sebab itu pemanfaatan sumber energi matahari sangat mendukung di kepulauan tropis ini, hanya saja dalam 10 atau 12 jam tidak semuanya dalam keadaan cerah, terkadang cuaca sering kali tidak stabil dalam arti kondisi mendung, berawan, dan hujan. karna kondisi seperti ini penyerapan energi yang optimal dalam satu hari bahkan tidak akan mencapai 10 jam penuh, oleh karna itu dibutuhkan data rata-rata dan berapa lama optimalnya penyerapan energi matahari yang maksimal dalam setiap harinya untuk perencanaan beban yang akan di pasang agar penggunaan listrik optimal dan tidak terjadi pemadaman atau pengosongan baterai yang terlalu cepat

dikarenakan beban yang terpasang yang terlalu berlebihan.

Dengan paparan diatas penulis ingin melakukan analisa dan pengukuran dari intensitas cahaya matahari terhadap tegangan yang di hasilkan oleh panel surya dan menentukan berapa jam lama tegangan maksimal yang di dihasilkan oleh panel surya dengan outputnya dalam bentuk grafik dan pemodelan.

2. Landasan Teori

2.1 Umum

Sel surya atau yang disebut juga (*Fotovoltaik*) adalah piranti semiconductor yang dapat mengubah energi matahari secara langsung menjadi energ listrik DC (arus searah) dengan menggunakan kristal Si (*silicon*) yang tipis. Sebuah kristal silindris Si diperoleh dengan cara memanaskan Si itu dengan tekanan yang diatur sehingga Si itu berubah menjadi penghantar. Bila kristal silindris itu dipotong tebal 0,3 mm, akan terbentuklah sel-sel silikon yang tipis atau yang disebut juga dengan sel surya (*fotovoltaik*). Sel-sel silikon itu dipasang dengan posisi sejajar/seri dalam sebuah panel yang terbuat dari aluminium atau baja anti karat dan dilindungi oleh kaca atau plastik. Kemudian pada tiap-tiap sambungan sel itu diberi sambungan yang berbeda potensial yang menyatu disebut dengan daerah deplesi (*depletion region*). Bila sel-sel itu terkena sinar matahari maka pada sambungan itu akan mengalir arus listrik. Besarnya arus/tenaga listrik itu tergantung pada jumlah energi cahaya yang mencapai silikon itu dan luas permukaan sel itu (wikipedia.org 2010).

Ketika seberkas cahaya dikenakan pada logam, ada elektron yang keluar dari permukaan logam. Gejala ini disebut efek fotolistrik. Efek fotolistrik diamati melalui prosedur sebagai berikut. Dua buah pelat logam (lempengan logam tipis) yang terpisah ditempatkan di dalam tabung hampa udara. Di luar tabung kedua pelat ini dihubungkan satu sama lain dengan kawat. Mula-mula tidak ada arus yang mengalir karena kedua plat terpisah. Ketika cahaya yang sesuai dikenakan kepada salah satu pelat, arus listrik terdeteksi pada kawat. Ini terjadi akibat adanya elektron-elektron yang lepas dari satu pelat dan menuju ke pelat lain secara bersama-sama membentuk arus listrik. Hasil pengamatan terhadap gejala efek fotolistrik memunculkan sejumlah fakta yang merupakan karakteristik dari efek fotolistrik.

Konsep energi yang terkuantisasi digunakan oleh Einstein untuk menjelaskan terjadinya efek fotolistrik. Konsep penting yang dikemukakan Einstein sebagai latar belakang terjadinya efek fotolistrik adalah bahwa satu elektron menyerap satu kuantum energi. Satu kuantum energi yang diserap elektron digunakan untuk lepas dari logam dan untuk bergerak ke pelat logam yang lain. Hal ini dapat dituliskan sebagai

Energi cahaya = Energi ambang + Energi kinetik maksimum elektron

$$E = W_0 + E_{km} \quad (2.1)$$

$$hf = hf_0 + E_{km} \quad (2.2)$$

$$E_{km} = hf - hf_0 \quad (2.3)$$

Persamaan ini disebut persamaan efek fotolistrik Einstein. Perlu diperhatikan bahwa W_0 adalah energi ambang logam atau fungsi kerja logam, f_0 adalah frekuensi ambang logam, f adalah frekuensi cahaya yang digunakan, dan E_{km} adalah energi kinetik maksimum elektron yang lepas dari logam dan bergerak ke pelat logam yang lain. Satuan energi dalam SI adalah joule (J) dan frekuensi adalah hertz (Hz). Tetapi, fungsi kerja logam biasanya dinyatakan dalam satuan elektron volt (eV) sehingga perlu diingat bahwa

$$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J} \quad (2.4)$$

Gerakan elektron yang ditandai sebagai arus listrik pada gejala efek fotolistrik dapat dihentikan oleh suatu tegangan listrik yang dipasang pada rangkaian. Jika pada rangkaian efek fotolistrik dipasang sumber tegangan dengan polaritas terbalik (kutub positif sumber dihubungkan dengan pelat tempat keluarnya elektron dan kutub negatif sumber dihubungkan ke pelat yang lain), terdapat satu nilai tegangan yang dapat menyebabkan arus listrik pada rangkaian menjadi nol.

Arus nol atau tidak ada arus berarti tidak ada lagi elektron yang lepas dari permukaan logam akibat efek fotolistrik. Nilai tegangan yang menyebabkan elektron berhenti terlepas dari permukaan logam pada efek fotolistrik disebut tegangan atau potensial penghenti (stopping potential). Jika V_0 adalah potensial penghenti, maka

$$E_{km} = eV_0 \quad (2.5)$$

Persamaan ini pada dasarnya adalah persamaan energi. Perlu diperhatikan bahwa e adalah muatan elektron yang besarnya $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ dan tegangan dinyatakan dalam satuan volt.

Menurut Einstein energi yang dibawa foton adalah dalam bentuk paket, sehingga energi ini jika diberikan pada elektron akan diberikan seluruhnya,

Jurnal Teknik Elektro Volume 2 No. 3; Nopember 2013

sehingga foton tersebut lenyap. Oleh karena elektron terikat pada energi ikat tertentu, maka diperlukan energi minimal sebesar energi ikat elektron tersebut. Besarnya energi minimal yang diperlukan untuk melepaskan elektron dari energi ikatnya disebut *fungsi kerja* (W_0) atau *energi ambang*. Besarnya W_0 tergantung pada jenis logam yang digunakan. Apabila energi foton yang diberikan pada elektron lebih besar dari fungsi kerjanya, maka kelebihan energi tersebut akan berubah menjadi energi kinetik elektron. Akan tetapi jika energi foton lebih kecil dari energi ambangnya ($hf < W_0$) tidak akan menyebabkan elektron foto. Frekuensi foton terkecil yang mampu menimbulkan elektron foto disebut frekuensi ambang. Sebaliknya panjang gelombang terbesar yang mampu menimbulkan elektron foto disebut *panjang gelombang ambang*. Sehingga hubungan antara energi foton, fungsi kerja dan energi kinetik elektron foto dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$E = W_0 + E_k \text{ atau } E_k = E - W_0 \quad (2.6)$$

$$E_k = hf - hf_0 = h(f - f_0) \quad (2.7)$$

Untuk menghitung efisiensi konversi daya yang diserap oleh sel surya menggunakan persamaan PCE(

$$\text{PCE} = \frac{\text{Voc Isc FF}}{\text{P out}} \times 100 \% \quad (2.8)$$

efficiency)

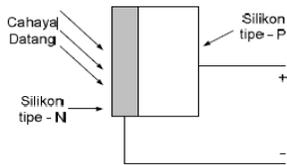
Dengan nilai factor pengisi FF (*fill factor*) dihitung menggunakan persamaan

$$\text{FF} = \frac{V_m I_m}{\text{Voc Isc}} \quad (2.9)$$

2.2 Teori Dasar Sel Surya

Sigalingging (1994:1) menyatakan bahwa pada umumnya sel surya memiliki ketebalan minimum 0.3 mm, yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub Positif dan Negatif. Wasito (1995:164) menyatakan bahwa dioda listrik surya / sel surya merupakan suatu dioda yang dapat mengubah energi surya / matahari secara langsung menjadi energi listrik (berdasarkan sifat foto elektrik yang ada pada setengah penghantar). Sel surya ini biasanya berbentuk dioda pertemuan P – N yang memiliki luas penampang tertentu. Semakin luas permukaan atau penampang sel, semakin besar arus yang akan diperoleh. Satu sel surya dapat menghasilkan beda potensial sebesar 0.5V DC (dalam keadaan cahaya penuh). Beberapa

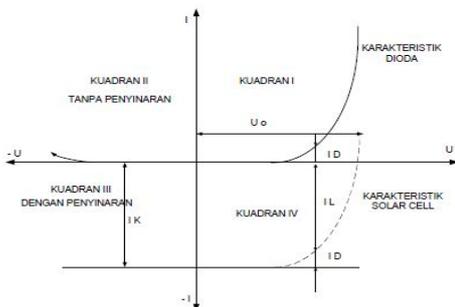
sel dapat dideretkan guna memperoleh tegangan 6, 9, 12, 24V, dan seterusnya. Sel surya dapat pula diijarkan guna memperoleh arus keluaran lebih besar. Bahan dasar dari sel surya adalah Silikon, dimana Fosfor digunakan untuk menghasilkan Silikon tipe - N dan Boron digunakan sebagai pencemar untuk memperoleh bahan tipe - P. Untuk struktur dari sel surya dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Struktur Sel Surya.

2.3 Karakteristik Sel Surya dan Dioda

Sigalingging (1994:10) menyatakan bahwa sel surya pada keadaan tanpa penyinaran, mirip seperti permukaan penyearah setengah gelombang dioda. Ketika sel surya mendapat sinar akan mengalir arus konstan yang arahnya berlawanan dengan arus dioda seperti pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Karakteristik Suatu Sel Surya dan Dioda.

Dari Gambar 2.3 dapat dilihat bahwa grafik sel surya tidak tergantung dari sifat-sifat dioda. Jika diselidiki pada kuadran IV akan ditemukan tiga titik penting, yaitu :

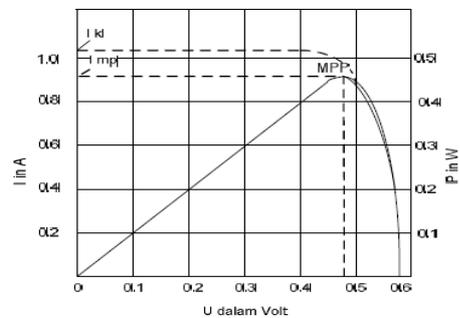
- Tegangan beban nol U_0 diukur tanpa beban tanpa dipengaruhi penyinaran.
- Arus hubungsingkat I_K diukur saat sel hubungsingkat dan disini arus hubungsingkat berbanding lurus dengan kuat penyinaran.
- Titik daya maksimum (*Maximum Power Point* = MPP) dari sel surya didapatkan dari hasil arus dan tegangan yang dibuat pada setiap titik.

Dalam hal U_0 dan I_K maksimum, daya yang dihasilkan oleh suatu sel surya sama dengan nol.

Pada suatu titik tertentu daya sel surya mencapai titik maksimum dan titik ini disebut dengan titik MPP (*Maximum Power Point*), yang pada prakteknya selalu diusahakan agar pemakaian berpatokan dari titik MPP ini. Keadaan ini dapat dilihat pada Gambar 2.4 Konversi energi dari sel surya ke konsumen akan maksimum apabila tahanan pemakai (R_L) dan tahanan sel surya memenuhi persamaan, berikut :

$$R_L = R_i \quad (2.10)$$

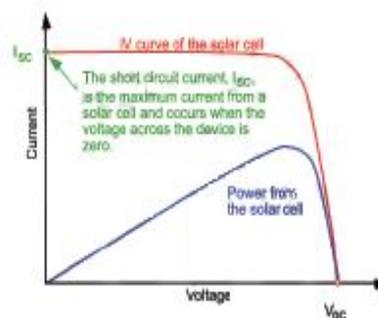
Keadaan ini pada teknik listrik disebut dengan istilah *beban pas*. Dengan bantuan pengubah tegangan searah khusus atau sering disebut MPT (*Maximum Power Tracker*) memungkinkan *beban pas* ini tercapai.



Gambar 2.4 Karakteristik Suatu Sel Surya Monokristal dengan Luas 40cm², pada Penyinaran 1000 W/m²

2.4 Arus Short Circuit

Arus short circuit adalah arus yang di ukur ketika tegangan dari solar cell bernilai nol dan solar cell dalam keadaan dishort. Ini terjadi ketika jumlah carier yang dikumpulkan pada PN-junction bergerak kerangkaian luar, sehingga bisa dikatakan bahwa arus short circuit adalah arus maksimum yang dapat dihasilkan oleh solar cell.



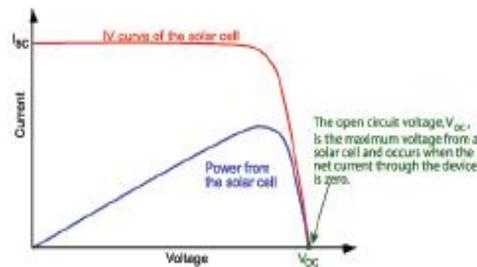
Gambar.2.10 Kurva I-V solar cell yang menunjukkan arus short circuit

Arus solar cell tergantung pada beberapa factor diataranya (Device Honsberg) :

- Luas dari solar cell
- Jumlah foton (yaitu daya dari sumber cahaya yang jatuh). Isc dari solar cell secara langsung bergantung pada intensitas cahaya.
- Sifat optikal (penyerapan dan pemantulan) solar cell
- Probalitas pengumpulan solar cell, yang bergantung terutama pada surface passivation dan lifetime dari minority carrier pada base.

2.5 Tegangan Open Circuit

Tegangan open circuit adalah tegangan yang diukur ketika rangkaian solar cell dalam keadaan terbuka, sehingga tidak ada arus yang mengalir kerangkaian luar, dan arus bernilai nol. Tegangan open circuit ini merupakan tegangan terbesar yang dapat dibangkitkan oleh suatu solar cell.



Gambar.2.11 Kurva I-V solar cell yang menunjukkan tegangan open circuit

Persamaan untuk V_{oc} adalah

$$V_{oc} = \frac{nkT}{q} \ln \left(\frac{I_L}{I_0} + 1 \right) \quad (2.11)$$

Keterangan : I_L dan I_0 = adalah arus yang dibangkitkan cahaya dan arus saturasi dioda.

Dan dapat dilihat dari persamaan diatas menunjukkan V_{oc} bergantung pada arus yang dibangkitkan cahaya dan arus saturasi. Arus saturasi I_0 bergantung pada jumlah recombinasi dalam solar cell.

2.6 Perhitungan Kebutuhan Baterai

Satuan energi (dalam Watt/jam) dikonversikan menjadi ampere/jam yang sesuai dengan satuan kapasitas baterai, sehingga kapasitas baterai dapat dihitung:

$$AH = \frac{E_B}{V_s} \quad (2.17)$$

Contoh :

$$AH = \frac{E_B}{V_s} = \frac{212,5 \text{ Wattjam}}{12V} = 17,7 \text{ Amper/jam}$$

Satuan hari untuk menyimpan dan menyalurkan energi ke beban ditentukan satu hari, jadi baterai hanya menyimpan energi dan menyalurkannya pada hari itu juga. Besarnya *deep of discharge* (DOD) pada baterai adalah 80% (Bien, Kasim, & Wibowo, 2008:43 dalam bukunya Mark Hankins, 1991: 68). Kapasitas AKKI yang dibutuhkan adalah:

$$C_b = \frac{AH \times d}{DOD} \quad (2.18)$$

Contoh :

$$C_b = \frac{AH \times d}{DOD} = \frac{17,7 AH \times 1}{0,8} = 22,1 \text{ Amper/jam}$$

Karena dipasaran tidak ada baterai dengan kapasitas 22,1Ah maka baterai yang biasa digunakan dengan kapasitas terdekatnya yaitu sebesar 35Ah 12V maka baterai mampu menyimpan daya sebesar

Daya baterai = Ampere x Voltase (2.19)

Contoh :

$$\text{Daya baterai} = \text{Ampere} \times \text{Voltase} = 35Ah \times 12V = 420 \text{ Watt/jam.}$$

Jika digunakan untuk mensuplai beban sebesar 212,5 Wattjam, baterai mampu melayani listrik selama :

$$\text{Lama pemakaian} = \frac{420 \text{ Watt/jam}}{212,5 \text{ Watt/jam}} \quad (2.20)$$

Contoh :

$$\text{Lama pemakaian} = \frac{420 \text{ Watt/jam}}{212,5 \text{ Watt/jam}} = 1,97 \text{ jam.}$$

Maksimum jumlah daya listrik ini tidaklah semuanya digunakan oleh peralatan listrik karena kurang lebih 20% akan digunakan oleh inverter untuk beroperasi, sehingga daya listrik dari baterai yang bersih dapat digunakan oleh peralatan listrik adalah sebesar. $780 - (20\% \times 450) = 360$ Watt/jam.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif, yaitu melakukan penyelidikan yang tertuju pada pemecahan masalah yang ada pada masa sekarang yaitu melakukan pengamatan pengambilan data dan pengukuran pada panel surya.

Menurut (Travers 1978), metode deskriptif bertujuan untuk menggambarkan sifat sesuatu yang tengah berlangsung pada saat riset dilakukan dan memeriksa sebab-sebab dari suatu gejala tertentu. Hal itu dilakukan dengan menghimpun data dan fakta (fact finding) sesuai dengan keadaan sebenarnya.

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro Institut Teknologi Padang.

3.3 Metode dan Alat Pengumpulan Data

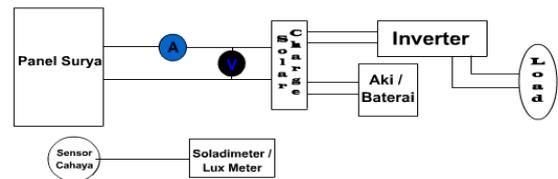
Pengambilan data dilakukan dengan cara melakukan pengukuran pada terminal-terminal keluaran panel surya. Untuk mendapatkan tegangan keluaran panel surya pengukuran nya dengan menggunakan multimeter yang terhubung secara paralel pada keluaran terminal positif (+) terhadap terminal negatifnya (-), sementara untuk melakukan pengambilan arus keluaran dari panel surya dengan cara langsung menghubungkan alat ukur multimeter secara seri terhadap terminal positif (+) keluaran panel surya. Untuk pengukuran intensitas cahaya matahari pengukuran dilakukan diluar rangkaian atau terpisah dari rangkaian pengukuran yaitu dengan langsung mengukur intensitas cahaya matahari dengan menggunakan alat ukur lux meter atau soladimeter.

3.3.1 Peralatan yang digunakan :

Peralatan yang digunakan untuk melakukan pengumpulan data dalam pembuatan Penelitian ini diantaranya :

1. Panel surya
2. Multimeter
3. Laptop
4. Alat ukur intensitas cahaya
5. Terminal / kabel
6. Peralatan pendukung lainnya

3.3.2 Rangkaian pengukuran :



Gambar 3.1 Rangkaian pengukuran panel surya

3.4 Metode Analisa Data

Data-data yang telah didapat dari observasi, pengamatan dan pengukuran secara langsung selanjutnya dianalisis. Adapun teknik pengolahan datanya adalah sebagai berikut:

1. Data intensitas cahaya matahari diambil rata-ratanya setelah dilakukan beberapa kali pengukuran pada saat hari cerah, berawan, dan mendung
2. Data dari tegangan yang dihasilkan oleh panel surya 100 WP diambil rata-ratanya setelah dilakukan beberapa kali pengukuran, kemudian diperoleh kesimpulan tentang jumlah tegangan yang dihasilkan oleh panel surya.
4. Mempersentasikan jumlah data yang didapat setelah melakukan penelitian dan analisa.
5. Memberi gambaran tentang hasil pengukuran arus, tegangan dan intensitas cahaya matahari dalam bentuk grafik.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASA

4.1 Pengukuran Intensitas Cahaya Matahari

Pengukuran intensitas cahaya ini dilakukan dengan menggunakan soladimeter yang ditampilkan dalam bentuk digital pada alat ukur thermometer digital dalam satuan W/m^2 yang setelah itu di conversikan dalam satuan lux, karna $1 w/m^2 = 179 lux$ maka jika hasil pengukuran di conversikan ke dalam bentuk lux pada pengukuran jam 09:00 dengan hasil pengukuran sebesar $907.8212 w/m^2$ jika di conversi ke satuan lux maka :

Karna $1 w/m^2 = 179 lux$ maka $907.8212 w/m^2$ adalah $907.8212 \times 179 = 162499.9948 lux$ Yang dibulatkan menjadi $162500 lux$ dapat dilihat pada tabel 4.1 dengan data yang sudah di conversi kedalam bentuk lux, saat hari hujan pada 10 September 2013 :

Tabel 4.1 Data intensitas cahaya matahari pada 20 September 2013

NO	Waktu	Intensitas Cahaya (lux)	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (W)
1	9:00	162500	14,02	2,632	36,90064
2	9:30	185900	14,33	3,302	47,31766
3	10:00	183500	14,28	3,241	46,28148
4	10:30	172300	14,31	3,15	45,0765
5	11:00	186500	14,39	3,291	47,35749
6	11:30	107200	14,22	2,22	31,5684
7	12:00	112300	14,4	2,936	42,2784
8	12:30	57200	14,31	2,273	32,52663
9	13:00	15590	14,18	1,451	20,57518
10	13:30	3780	13,67	0,255	3,48585
11	14:00	2030	13,55	0,227	3,07585
12	14:30	1970	13,41	0,067	0,89847
13	15:00	2360	13,47	0,095	1,27965
14	15:30	2970	13,49	0,114	1,53786
15	16:00	4190	13,51	0,123	1,66173
16	16:30	4970	13,63	0,162	2,20806
17	17:00	1060	12,47	0,071	0,88537
Tegangan rata-rata			13,86117647		
Arus rata-rata			1,506470588		
Daya rata-rata			21,46560118		

Dari besarnya intensitas yang diterima oleh sel surya yaitu berupa energi yang berupa foton tidak seluruhnya di serap oleh sel surya sebagian ada yang langsung di serap ada juga yang dipantulkan tergantung besarnya energi dan frekuensi foton yang dibutuhkan untuk pelepasan suatu elektron dari ikatannya. Energi kinetik elektron (E_k) yang terlepas dari permukaan logam dapat di tentukan dengan rumus $E_k = h \times f - h \times f_0$, karna cahaya memiliki frekuensi 1015 Hz, Frekuensi ambang suatu logam sebesar $8,0 \times 10^{14}$ Hz dan tetapan

Planck (h) $6,6 \times 10^{-34}$ Js maka E_k dapat di tentukan dengan persamaan (2.7).

$$E_k = h \times f - h \times f_0$$

$$= 6,6 \times 10^{-34} \{ 1015 - (8,0 \times 10^{14}) \}$$

$$= 1,32 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Untuk menentukan berapa besarnya energi cahaya yang mampu diserap oleh sel surya dengan intensitas cahaya yang paling besar saat pengukuran pada tanggal 27 juli 2013 yang terukur 185900 lux dengan arus output 3.302 Ampere dan tegangan 14.33 jam 09:30 dengan persamaan (2.9) adalah :

$$FF = \frac{V_m I_m}{V_{oc} I_{sc}}$$

$$FF = \frac{14.33 \times 3.302}{22.20 \times 6.09} \times 100\%$$

$$FF = \frac{47.317}{135.198} = 0.3499 \%$$

Dengan diketahui nilai faktor pengisi maka akan dapat diketahui PCE (*power conversion efficiency*) dengan persamaan (2.8) :

$$PCE = \frac{V_{oc} I_{sc} FF}{P_{out}} \times 100 \%$$

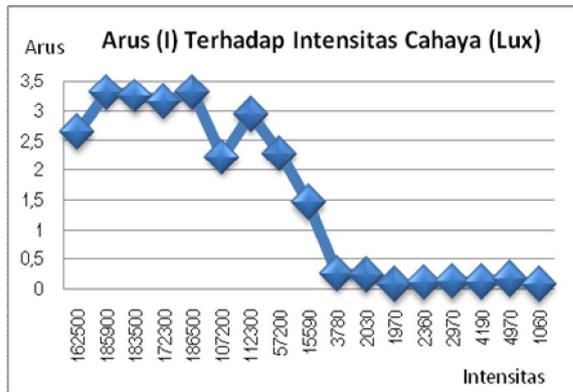
$$PCE = \frac{22.20 \times 6.09 \times 0.3499}{14.33 \times 3.302} \times 100 \%$$

$$PCE = \frac{47.305}{47.317} \times 100 \%$$

$$PCE = 0.99 \%$$

4.2 Nilai Arus Terhadap Intensitas Cahaya

Pengukuran arus dilakukan dengan menggunakan multimeter digital yang dihubung secara seri terhadap rangkaian pengukuran, dibawah ini akan ditampilkan grafik perubahan arus terhadap perubahan intensitas cahaya yang terukur pada hari rabu 17 juli 2013.



Gambar 4.4 Grafik arus terhadap intensitas cahaya (lux) rabu 17 juli 2013

4.3 Analisa Pencatuan Aki / Baterai Pada Kondisi Cuaca Yang Bervariasi

4.3.1 Saat kondisi hujan

Dari tabel 4.1 diatas dapat dilihat arus yang dihasilkan oleh panel surya sangat kecil dengan arus rata-rata hanya sebesar 1.50 Ampere dan daya yang dihasilkan hanya sebesar 21.46 Watt. untuk pengisian penuh dalam satu hari dengan lama pengisian 9 jam pada kondisi hujan adalah :

- Karna daya rata-rata yang diperoleh selama 9 jam pengukuran diperoleh 21.46 watt maka daya yang dihasilkan oleh panel surya selama 9 jam itu adalah (9 jam x 21.46 watt = 193.14 watt/jam)
- Dari besarnya daya yang dihasilkan panel surya bisa diketahui besarnya berapa daya maksimal yang dapat digunakan beban. Panel surya yang terpasang dapat menghasilkan daya 193.14 Watt selama 9 jam penyinaran matahari selama satu hari. Untuk suatu pembangkit listrik dari energi matahari rugi-rugi (*losses*) dari system dianggap 15% maka

$$E_B = E_P - \text{rugi-rugi system}$$

$$= E_P - (15 \% \times E_P)$$

$$= 193.14 - (15\% \times 193.14)$$

$$= 193.14 - 28.971 = 164.16 \text{ Watt/jam}$$

Kapasitas baterai yang dibutuhkan dalam Satuan energi dalam Watt/jam dikonversikan menjadi Ampere/Jam yang sesuai dengan satuan kapasitas baterai, sehingga kapasitas baterai dapat dihitung

dengan persamaan (2.17) :

$$AH = \frac{Eb}{Vs} = \frac{164.16 \text{ W}}{12 \text{ V}} = 13.68 \text{ Ampere/jam}$$

4.3.2 Saat kondisi cuaca cerah

Tabel 4.2 Data pengukuran saat kondisi cuaca cerah pada hari selasa 23 juli 2013

NO	Jam	Intensitas Cahaya (lux)	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (W)	Kesimpulan
1	9:00	185051	14,71	2,133	31,37643	Cerah
2	9:30	196700	14,75	1,862	27,4645	Cerah
3	10:00	234900	14,31	3,142	44,96202	Cerah
4	10:30	244500	14,71	3,381	49,73451	Cerah
5	11:00	258750	14,77	3,521	52,00517	Cerah
6	11:30	194600	14,76	3,383	49,93308	Cerah
7	12:00	266000	14,39	3,76	54,1064	Cerah
8	12:30	195020	14,51	3,649	52,94699	Cerah
9	13:00	291430	14,23	3,831	54,51513	Cerah
10	13:30	271100	14,43	3,712	53,56416	Cerah
11	14:00	248900	14,44	3,683	53,18252	Cerah
12	14:30	294510	14,27	3,827	54,61129	Cerah
13	15:00	198643	14,51	3,786	54,93486	Cerah
14	15:30	178000	14,46	3,692	53,38632	Cerah
15	16:00	100560	14,44	3,411	49,25484	Cerah
16	16:30	99120	14,2	3,192	45,3264	Cerah
17	17:00	98100	13,41	2,512	33,68592	Cerah
Tegangan rata-rata					14,42941176	
Arus rata-rata					3,322176471	
Daya rata-rata					47,94062	

Tabel 4.2 diatas menunjukkan data hasil pengukuran terhadap panel surya pada saat cuaca yang cerah dengan rata-rata daya yang dihasilkan sebesar 47.94 Watt. Dari data tabel tersebut dapat ditentukan nilai baterai atau aki yang terpasang dengan cara :

- Karna daya rata-rata yang diperoleh selama 9 jam pengukuran diperoleh 47.94 watt maka daya yang dihasilkan oleh panel surya selama 9 jam itu adalah (9 jam x 47.95 watt = 431.55 wattjam)
- Besarnya daya yang dihasilkan panel surya bisa diketahui besarnya berapa daya maksimal

yang dapat digunakan beban. Panel surya yang terpasang dapat menghasilkan daya 431.55 Watt selama 9 jam penyinaran matahari selama satu hari. Untuk suatu pembangkit listrik dari energi matahari rugi-rugi (*losses*) dari sistem dianggap 15% ,

$$\begin{aligned} E_B &= E_P - \text{rugi-rugi sistem} \\ &= E_P - (15\% \times E_P) \\ &= 431.55 \text{Wattjam} - (15\% \times 431.55 \text{ Wattjam}) \\ &= 431.55 \text{ wattjam} - 64.73 \\ &= 366.82 \text{ Wattjam} \end{aligned}$$

Kapasitas baterai yang dibutuhkan dalam Satuan energi (dalam Watt/jam) dikonversikan menjadi Ampere/Jam yang sesuai dengan satuan kapasitas baterai, sehingga kapasitas baterai dapat dihitung :

$$AH = \frac{EB}{V_s} = \frac{366.82 \text{ W}}{12 \text{ V}} = 30.56 \text{ Amper/jam}$$

Jadi kapasitas baterai atau aki yang harus terpasang adalah sebesar 30.56 AH, karna dipasaran tidak ada nilai baterai yang berkapasitas 30.56 AH 12 V maka nilai yang di pakai adalah nilai yang mendekati yaitu 35 AH 12V. Jadi baterai atau aki dapat menyimpan daya sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Daya baterai} &= \text{Ampere} \times \text{Voltase} \\ &= 35 \text{ AH} \times 12 \text{ V} \\ &= 420 \text{ Wattjam.} \end{aligned}$$

Maka didapatlah daya yang dapat di pakai sebesar 420 Watt. Jika digunakan untuk mensuplai beban sebesar 100 Watt maka akan mampu melayani listrik selama :

$$T (\text{waktu}) = \frac{420 \text{ W}}{100 \text{ W}} = 4.2 \text{ Jam}$$

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Intensitas cahaya yang masuk dan terserap oleh panel surya setiap waktu selalu berubah-ubah, umumnya intensitas cahaya matahari pada pagi dan sore hari rendah, intensitas cahaya matahari pada pagi hari dalam kondisi cerah adalah 185051 lux pada jam 09:00 sedangkan disore hari jam 17:00 sebesar 98100 lux.

2. Panel surya yang terpasang dapat menghasilkan daya 431.55 Watt selama 9 jam penyinaran matahari selama satu hari.

5.2 Saran

1. Untuk pemakaian panel surya yang berkapasitas 100 Wp sebaiknya membatasi beban seperti yang telah di tentukan dalam pengukuran untuk pemakaian lama waktu yang diperlukan.
2. Untuk penggunaan panel surya pada daerah tertentu diperlukan data pengukuran di daerah tersebut, dikarenakan pada daerah tertentu memiliki perbedaan lama penyinaran matahari yang sangat berpengaruh terhadap kemampuan penyerapan energi oleh panel surya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Green MA., Emery K, King DL, Hisikawa Y, Warta W, 2006. *Solar Cell Efficiency Tables (Version 27)*, Progress Photovoltaics : Research and Applications, 2006; 14:45-51
- [2]. Holladay, April. *Solar Energi*. Microsoft Encarta 2006 [DVD]. Redmond, WA: Microsoft Corporation, 2005.
- [3]. Keogh, M. William and Blackers, W. Andrew, 2001. *Accurate Measurement, Using Natural Sunlight, of Silicon Solar Cells*, Research and Applications 2001; 12;1-19, Centre for Sustainable Energy Systems, The Australian National University, Canberra, Australia
- [4]. Publikasi Ilmiah "Peranan energi dalam menunjang pembangunan berkelanjutan", Direktorat teknologi energi BPPT, Mei 1995, Jakarta.
- [5]. Paltridge and Platt, 1976. *Radiative Processes in Meteorology and Climatology*. Elsevier Scientific Publishing Company, New York, USA
- [6]. Wikipedia.org. *Solar Cell*. http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cell. Disunting tanggal 22 November 2007.