




Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Tegangan Dan Arus Yang Dihasilkan Panel Surya

Sepannur Bandri^{1*}, Rafika Andari², Ferdi Nanda Tias³

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Padang

E-mail: sepannurbandria@yahoo.com

Informasi Artikel	Abstrak
Diserahkan tanggal: 11 Juni 2021	Karena telah terjadinya krisis energi di Indonesia sudah mulai terasa, maka perlu untuk mencari energi terbarukan yang bias menggantikan energi yang bersumber dari minyak bumi yang tidak dapat di perbaharui. Indonesia berada pada garis katulistiwa dengan energi matahari yang melimpah, untuk itu pemanfaatan energi matahari akan lebih efektif. Karna penyinaran pada masing-masing daerah tidak sama maka diperlukan pengukuran daya optimum pada kondisi cuaca yang bervariasi. Untuk menentukan beban terpasang menggunakan data pengukuran daya keluaran panel surya saat cuaca yang tidak bagus (hujan), sementara untuk kapasitas baterai dengan data pengukuran daya keluaran panel surya saat cuaca yang cerah. Dikalangan umum ataupun masyarakat masih banyak yang belum memahami cara pemanfaatan energi matahari dan cara kerja sel surya sebagai sumber energi listrik, untuk itu penulis mencoba menjelaskan prinsip kerja sel surya yang dilengkapi animasi menggunakan Macromedia Flash MX agar lebih mudah dipahami.
Direvisi tanggal: 2 Juli 2021	
Diterima tanggal: 22 Juli 2021	
Dipublikasikan tanggal: 31 Juli 2021	
Digital Object Identifier: 10.21063/JTE.2021.31331016	
	Kata kunci: Sel surya, intensitas cahaya matahari, arus, tegangan

1. PENDAHULUAN

Di zaman yang sudah modern ini semua peralata-peralatan yang dipergunakan oleh perindustrian maupun fasilitas umum dan sebagainya semua nya membutuhkan sumber energi terutama energi listrik, seiring berkembangnya teknologi maka krisis energi pun semakin dirasa. Oleh sebab itu para ilmiawan berlomba untuk mencari dan memanfaatkan sumber energi alternatif untuk menjaga keamanan ketersediaan sumber energinya [1]. Krisis energi ini terjadi disebabkan beberapa faktor di antaranya yang paling berpengaruh adalah ketersediaan sumber daya alam minyak bumi yang makin menipis ditambah lagi jumlah sarana industri yang terus bertambah yang membutuhkan sumber energi yang cukup besar pula [2].

Semakin berkembangnya teknologi di dunia, kebutuhan akan energi di dunia juga ikut meningkat. Kebutuhan energi ini akan terus meningkat seiring kenaikan angka pertumbuhan penduduk di dunia. Sebagian besar energi yang digunakan merupakan energi fosil yang tidak dapat diperbaharui (*irenewable resources*) [2, 4]. Ketersediaan energi fosil sebagai sumber energi utama sangat terbatas dan terus mengalami ancaman kelangkaan kerana penggunaan energi tersebut dalam skala besar dan secara terus menerus. Oleh sebab itu perlu bagi kita untuk mencari sumber energi alternatif baru yang dapat diperbaharui (*renewable resources*) untuk menggantikan sumber energi fosil.

Energi matahari 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

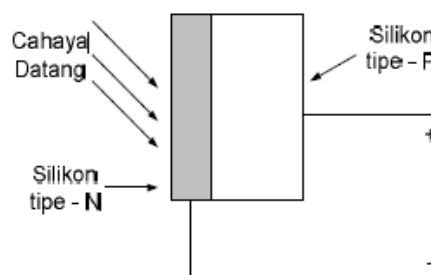
menghasilkan polusi yang dapat merusak lingkungan sehingga lebih ramah lingkungan [3 – 5]. Cara kerja sel surya adalah dengan memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel, Sebagaimana diketahui bahwa cahaya baik yang tampak maupun yang tidak tampak memiliki dua buah sifat yaitu dapat sebagai gelombang dan dapat sebagai partikel yang disebut dengan photon [6, 8]. Penemuan ini pertama kali diungkapkan oleh Einstein pada tahun 1905.

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 [7]. 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 listik optimal dan tidak terjadi pemadaman atau pengosongan baterai yang terlalu cepat dikarenakan beban yang terpasang yang terlalu berlebihan. Paper ini menjelaskan tentang analisis yang dilakukan pada intensitas cahaya matahari terhadap tegangan yang di hasil kan oleh panel surya dan menentukan berapa jam lama tegangan maksimal yang di dihasilkan oleh panel surya dengan outputnya dalam bentuk grafik dan pemodelan.

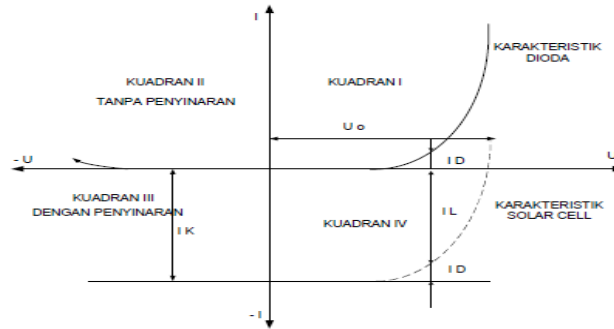
2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam [6] dinyatakan bahwa pada umumnya sel surya memiliki ketebalan minimum 0.3 mm, yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub Positif dan Negatif. Sementara itu [4, 5] 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 dijumparkan 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 1.

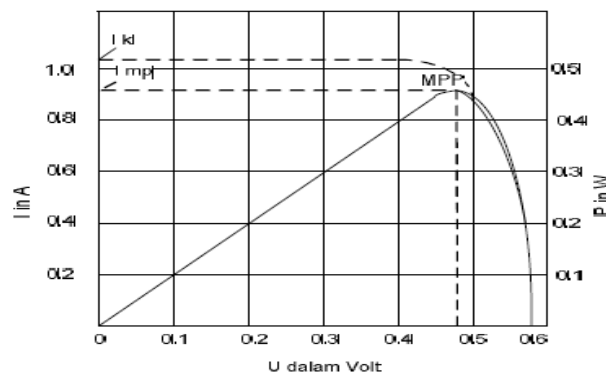
Sel surya pada keadaan tanpa penyinaran, mirip seperti permukaan penyearah setengah gelombang dioda [6]. Ketika sel surya mendapat sinar akan mengalir arus konstan yang arahnya berlawanan dengan arus dioda seperti pada Gambar 2. Dari gambar dapat dilihat bahwa grafik sel surya tidak tergantung dari sifat-sifat dioda. Jika diselidiki pada kuadran IV akan ditemukan tiga titik penting, yaitu tegangan beban nol U_0 diukur tanpa beban tanpa dipengaruhi penyinaran, arus hubung singkat I_K diukur saat sel hubungsingkat dan disini arus hubungsingkat berbanding lurus dengan kuat penyinaran, dan titik daya maksimum (*Maximum Power Point* = MPP) dari sel surya didapatkan dari hasil arus dan tegangan yang dibuat pada setiap titik.



Gambar 1. Struktur sel surya



Gambar 2. Karakteristik suatu sel surya

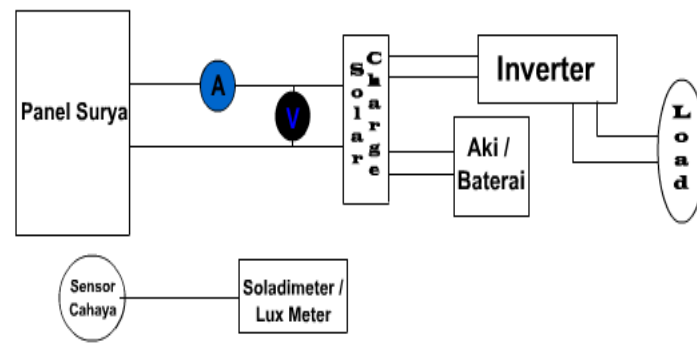


Gambar 3. Karakteristik suatu sel surya monokristal pada penyinaran 1000 W/m²

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 3. 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.

Pengambilan data dilakukan dengan cara melakukan pengukuran pada terminal-terminal keluaran panel surya. Untuk mendapatkan tegangan keluaran panel surya pengukurannya 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. 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.
6. Membuatkan animasi dengan menggunakan macromedia flash.



Gambar 4. Rangkaian pengukuran Sistem

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

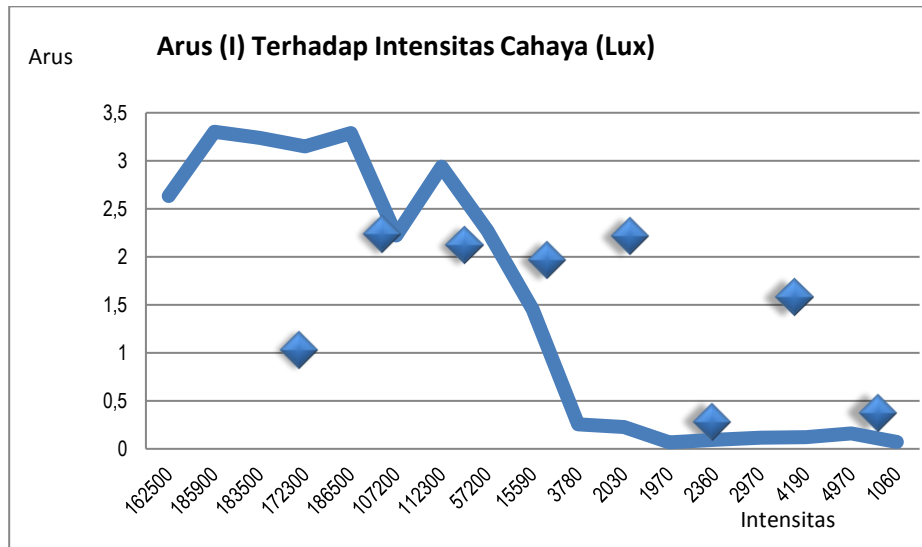
Pengukuran intensitas cahaya dilakukan dengan menggunakan soladimeter yang ditampilkan dalam bentuk digital pada alat ukur thermometer digital dalam satuan W/m^2 yang setelah itu di conversikan dalam satuan lux, karna $1 w/m^2 = 179 lux$ maka jika hasil pengukuran di conversikan ke dalam bentuk lux pada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

Tabel 1. Data intensitas cahaya matahari

No	Waktu	Intensitas Cahaya (lux)	Keterangan
1	9:00	162500	Cerah
2	9:30	185900	Cerah
3	10:00	183500	Cerah
4	10:30	172300	Cerah
5	11:00	186500	Cerah
6	11:30	107200	Cerah
7	12:00	112300	Cerah
8	12:30	57200	Berawan
9	13:00	15590	Berawan
10	13:30	3780	Hujan
11	14:00	2030	Hujan
12	14:30	1970	Hujan
13	15:00	2360	Hujan
14	15:30	2970	Hujan
15	16:00	4190	Hujan
16	16:30	4970	Hujan
17	17:00	1060	Hujan

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. Berdasarkan data di atas diketahui bahwa besarnya nilai energi cahaya yang mampu diserap yakni 0,3499% dengan efisiensi konversi sebesar 0,99%.

Pengukuran arus dilakukan dengan menggunakan multimeter digital yang dihubungkan secara seri terhadap rangkaian pengukuran, pada Gambar 5 ditampilkan grafik perubahan arus terhadap perubahan intensitas cahaya yang terukur.



Gambar 5. Grafik arus terhadap intensitas cahaya

Tabel 2 Data pengukuran saat kondisi hujan

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

Dari tabel diatas dapat dilihat arus yang dihasilkan oleh panel surya sangat kecil degan 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

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

$$= 164.16\text{Watt/jam}$$

Maka 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) :

$$AH = \frac{Eb}{Vs} = \frac{164.16 \text{ W}}{12 \text{ V}}$$

$$= 13.68 \text{ Ampere/jam}$$

Tabel 3. Data pengukuran saat kondisi cuaca cerah

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 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)
- Dari 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% maka dari persamaan (2.16):

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

Maka 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 :

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

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 :

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

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

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

4. KESIMPULAN

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 jam 09.00 dalam kondisi cerah adalah 185051 lux sedangkan disore hari jam 17:00 sebesar 98100 lux. Penyerapan energy matahari yang optimal dalam satu hari penuh saat kondisi cerah dapat mencapai 9 jam sedangkan pada kondisi cuaca yang mendung atau hujan penyerapan yang optimalnya kurang dari 5 jam untuk satu harinya. Untuk menentukan nilai beban dan kapasitas baterai menggunakan data pengukuran yang berbeda yakni Perhitungan nilai kapasitas aki atau baterai yang terpasang menggunakan data pengukuran saat kondisi cuaca

yang cerah, dan sementara perhitungan beban yang terpasang menggunakan data pengukuran saat kondisi cuaca hujan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Field, H., 1997. *Solar Cell Spectral Response Measurement Errors Related to Spectral Band Width and Chopped Light Waveform*. National Renewable Energy Laboratory. Colorado, USA
- [2] 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
- [3] Holladay, April. *Solar Energi*. Microsoft Encarta 2006 [DVD]. Redmond, WA: Microsoft Corporation, 2005.
- [4] 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
- [6] Publikasi Ilmiah "Peranan energi dalam menunjang pembangunan berkelanjutan", Direktorat teknologi energi BPPT, Mei 1995, Jakarta.
- [7] Paltridge and Platt, 1976. *Radiative Processes in Meteorology and Climatology*. Elsevier Scientific Publishing Company, New York, USA
- [8] Wikipedia.org. *Solar Cell*. http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cell. Disunting tanggal 22 November 2007.