

## **ANALISA DAN ESTIMASI RADIASI KONSTAN ENERGI MATAHARI MELALUI VARIASI SUDUT PANEL FOTOVOLTAIK SHS 50 WP**

Frederik H. Sumbung dan Yohanes Letsoin

Email: [frederik\\_hs@yahoo.com](mailto:frederik_hs@yahoo.com) ; [soushan@yahoo.com](mailto:soushan@yahoo.com)

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Musamus Merauke

Jl. Kamizaun Mopah Lama Merauke

### **ABSTRAK**

Energi listrik merupakan salah kebutuhan mendasar dalam menunjang kemajuan kehidupan sosial masyarakat. Dalam penyediaannya tidak terlepas dari sumbernya yang berpotensi sebagai sumber energi untuk membangkitkan energi listrik, seperti minyak bumi, batu bara, air terjun, air panas, panas bumi, gas, angin dan matahari. Dari beberapa potensi tersebut sebelum dimanfaatkan terlebih dahulu diproses untuk digunakan sebagai sumber penggerak yang menghasilkan energi listrik.

Indonesia merupakan negara yang banyak memiliki pulau serta pesisir pantai, ada sejumlah daerah merupakan daerah terpencil yang tidak mendapatkan pasokan energi listrik PT PLN Persero. Untuk pemenuhan kebutuhan energi listrik di daerah tersebut dapat menggunakan sumber energi alternatif tenaga surya sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Penggunaan energi surya menjadi energi listrik yang maksimal menggunakan sel surya banyak dipengaruhi oleh letak dan sudut kemiringan panel Photo Voltaik (PV). Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh lingkungan terhadap kinerja PLTS.

Pengujian PLTS dilakukan di areal kampus Universitas Musamus, Kabupaten Merauke dengan melakukan pengukuran terhadap sudut kemiringan panel PV, arah sudut datang matahari, arus dan tegangan keluaran sel surya. Pengukuran dilakukan pada pukul 07:00-17:00 WIT dengan selang waktu 30 menit. Hasil pengujian PLTS didapatkan bahwa radiasi matahari maksimum berada pada jam 13.40 yaitu 2040,3. Tingginya radiasi tidak selamanya dapat menghasilkan daya maksimum terlihat pada pengukuran tanggal 29 oktober 2011 dengan sudut panel PV 10° arah utara pada jam 13.40 yaitu sebesar 11,91 watt dan waktu terjadinya daya konstan antara jam 12.00 sampai dengan 14.40 yang besarnya dari 10–14 watt. Perbandingan jumlah radiasi harian antara analisis perhitungan dan menggunakan aplikasi HOMMER terdapat selisih yang cukup besar pada bulan oktober yaitu 732 w/m<sup>2</sup>.

**Kata Kunci:** PLTS, Sudut Kemiringan, Daya Maksimum Radiasi Harian.

## PENDAHULUAN

Konsumsi listrik Indonesia setiap tahunnya terus meningkat sejalan dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi nasional. Peningkatan kebutuhan listrik diperkirakan dapat tumbuh rata-rata 6,5% per tahun hingga tahun 2020 (Muchlis, 2003).

Matahari merupakan sumber energi utama bagi sebagian besar proses-proses yang terjadi di permukaan bumi. Radiasi matahari yang diterima permukaan bumi merupakan masukan fundamental untuk banyak aspek terutama merupakan parameter penting dalam aplikasi solar sel sebagai pembangkit listrik.

*Fotovoltaik*(sel matahari) merupakan piranti yang dapat mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik. Energi matahari dapat menghasilkan daya hingga 156.486 MW, jumlah yang lebih besar jika dibandingkan dengan sumber energi terbarukan yang lainnya. Indonesia merupakan negara yang terletak dalam jalur khatulistiwa yang sepanjang tahun mendapatkan cahaya matahari yang berlimpah dengan intensitas radiasi matahari rata-rata sekitar 4.8 kWh/m<sup>2</sup> per hari di seluruh wilayah Indonesia. Pemanfaatan energi matahari sebagai PLTS sangat diminati dan mulai dikembangkan diseluruh pelosok negeri dengan melakukan banyak sekali penelitian serta pengujian.

Sebagian wilayah Indonesia yang belum terlistriki karena tidak terjangkau oleh jaringan listrik PLN, sehingga Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan sistemnya yang modular dan mudah dipindahkan merupakan salah satu solusi yang dapat dipertimbangkan sebagai salah satu pembangkit listrik alternatif. Sayangnya biaya pembangkitan PLTS masih lebih mahal apabila dibandingkan dengan biaya pembangkitan pembangkit listrik tenaga konvensional, karena sampai saat ini piranti utama untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik (modul fotovoltaik) masih merupakan piranti yang didatangkan dari luar negeri.

Walaupun pemanfaatan PLTS belum optimal, tetapi sudah cukup banyak dimanfaatkan

pada perumahan atau sering disebut Solar Home System (SHS), pompa air, televisi, komunikasi, dan lemari pendingin di PUSKESMAS di beberapa wilayah Indonesia, khususnya di wilayah terpencil yang jauh dari jaringan listrik PLN. PLTS merupakan teknologi yang ramah lingkungan karena tidak melepaskan polutan seperti halnya pembangkit listrik tenaga fosil. Untuk mendapatkan gambaran potensi penerapan PLTS di Indonesia terhadap kendala penerapan PLTS di Indonesia dengan mempertimbangkan berbagai variasi biaya investasi, dilakukan penelitian mengenai “Analisa Dan Estimasi Radiasi Konstan Energi Matahari Melalui Variasi Sudut Panel Fotovoltaik SHS 50 Wp”.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak dan biaya investasi PLTS yang bervariasi. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan pembangkit listrik alternatif terutama di daerah terpencil. Photovoltaic (selsurya) merupakan piranti yang dapat mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik.

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemanfaatan energi surya sebagai PLTS. Faktor-faktor yang mempengaruhi pengoptimalan energi surya menjadi energi listrik yaitu: pengaruh cuaca, kelembaban, temperatur, posisi sel surya serta arah angin yang terdapat pada permukaan sel surya. Apabila ada yang menutupi lapisan luar sel surya, maka cahaya yang akan diterima oleh semi konduktor akan berkurang dan akan berimbas secara langsung terhadap proses konversi energi.

## TINJAUAN PUSTAKA

Rotib (2007), bahwa pemanfaatan energi cahaya matahari pada setiap zaman semakin meningkat seiring dengan pengetahuan yang kita dapatkan. Salah satu pemanfaatan energi cahaya matahari adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang memanfaatkan energi foton cahaya matahari menjadi energi listrik. Indonesia sendiri, sebuah negara yang dilewati oleh garis khatulistiwa dan menerima panas matahari yang lebih banyak daripada negara lain, mempunyai potensi

yang sangat besar untuk mengembangkan pembangkit listrik tenaga surya sebagai alternatif batubara dan diesel sebagai pengganti bahan bakar fosil, yang bersih, tidak berpolusi, aman dan persediaannya tidak terbatas.

Sungkar (2006), bahwa sel surya (photovoltaic cell) bekerja dengan menangkap sinar matahari oleh sel-sel semikonduktor untuk diubah menjadi energi listrik. Sel-sel ini termuat dalam panel-panel yang ukurannya dapat disesuaikan dengan keperluannya, apakah untuk rumah tangga, perkantoran atau pembangkit listrik skala besar.

Yushardi (2002), menjelaskan bahwa pada pagi hari pukul 6.00 WIB tingkat kelembaban besar yaitu 88% dan terjadi pengembunan sambil menurunkan partikel-partikel padatan akibat polusi kendaraan bermotor dan industri ke permukaan bumi, sehingga pada saat ini kondisi atmosfer mempunyai kebeninganan yang tinggi dan langit biru. Fenomena tersebut mengakibatkan pada pagi hari yang cerah pukul 9.00 WIB sel surya memiliki efisiensi terbesar yaitu dengan efisiensi 10%. Pada siang hari partikel-partikel padatan akibat polusi kembali ke angkasa, dengan meningkatnya temperatur udara gerakan partikel semakin hebat, sehingga meningkatkan hamburan radiasi surya yang masuk ke bumi.

Hal ini mengakibatkan difusi ratio membesar dimana jumlah radiasi difusi lebih besar radiasi langsung, dan efisiensi sel surya pada pukul 12.00 WIB adalah sebesar 9%, lebih rendah dari pada pagi hari. Pada sore hari akibat terjadi penguapan pada siang hari dan semakin meningkatnya partikel padatan polusi di udara, sehingga indeks kecerahan terendah dimana tampak banyak awan. Selain itu radiasi surya global sangat kecil, sehingga pada sore hari sekitar pukul 17.00 WIB dengan efisiensi 3%, kemampuan sel surya menurun secara drastis.

## LANDASAN TEORI

### Distribusi Radiasi Matahari

Radiasi matahari mencapai permukaan bumi terjadi secara langsung dari matahari (radiasi sinar

langsung – direct beam radiation) dan tidak langsung setelah tersebar dan/atau terpantul oleh aerosol, molekul-molekul atmosfer dan awan (diffuse radiation). Jumlah penyinaran kedua komponen radiasi yang jatuh pada permukaan horizontal dikenal sebagai radiasi global (global radiation).

penyinaran matahari global di Indonesia berkisar antara 1700 - 1950 kWh/m<sup>2</sup>.tahun = 4.66 - 5.34 kWh/m<sup>2</sup>.hari. Berdasarkan data pengukuran yang dihimpun dari 18 lokasi, distribusi penyinaran matahari di Indonesia dapat dilihat pada tabel 1. Apabila data-data tersebut pada tabel 1 dirata-ratakan serta dikelompokkan berdasarkan kawasan barat (KBI) dan kawasan timur (KTI) Indonesia, maka dapat diperoleh gambaran sebagai berikut:

Penyinaran matahari rata-rata Indonesia

$$= 4,85 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{hari}$$

Penyinaran matahari rata-rata KBI

$$= 4,55 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{hari}$$

Penyinaran matahari rata-rata KTI

$$= 5,14 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{hari}$$

### Karakteristik Panel Fotovoltaik

Sifat-sifat listrik dari modul surya biasanya diwakili oleh karakteristik arus tegangannya, yang mana disebut juga kurva I-V (lihat gambar 2). Jika sebuah modul surya dihubungkan singkat ( $V_{\text{modul}} = 0$ ), maka arus hubung singkat ( $I_{\text{sc}}$ ) mengalir. Pada keadaan rangkaian terbuka ( $I_{\text{modul}} = 0$ ), maka tegangan modul disebut tegangan terbuka ( $V_{\text{oc}}$ ). Daya yang dihasilkan modul surya, adalah sama dengan hasil kali arus dan tegangan yang dihasilkan oleh modul surya.

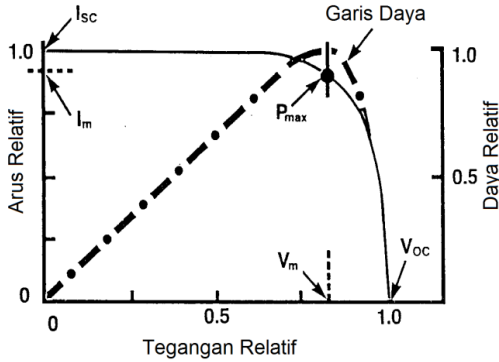
$$P = V \times I$$

dengan :

P = Daya keluaran modul (Watt)

V = Tegangan kerja modul (Volt)

I = Arus kerja modul (Ampere)



Gambar 1: Kurva Arus-Tegangan dari sebuah modul surya

Tegangan kerja dan arus modul fotovoltaik yang terjadi pada saat daya maksimum ( $P_{max}$ ) tercapai berturut-turut dinyatakan sebagai  $V_m$  dan  $I_m$ . Apabila pengukuran dilakukan pada radiasi  $1000 \text{ W/m}^2$  dan suhu  $25^\circ\text{C}$ , maka daya maksimum ( $P_{max}$ ) yang dihasilkan oleh modul disebut pula sebagai daya puncak (peak power) suatu modul fotovoltaik, dan dinyatakan sebagai  $P_{peak}$ .

$$P_{max} = I_m \times V_m \dots \dots \dots (1)$$

dengan :

- $P_{max}$  = Daya maksimum keluaran modul (Watt)
- $V_m$  = Tegangan kerja modul pada daya maksimum (Volt)
- $I_m$  = Arus kerja modul pada daya maksimum (Ampere)

Catatan: Pada kondisi penyinaran  $1000 \text{ W/m}^2$  dan temperatur  $25^\circ\text{C}$ , maka  $P_{max} = P_{peak}$

**Efisiensi Panel Fotovoltaik**

Efisiensi modul surya berdasarkan uraian diatas jelas berubah terhadap tegangan kerjanya. Karenanya efisiensi modul surya selalu ditetapkan pada daya puncaknya (*peak power*). Sedangkan daya input dari penyinaran matahari dapat dihitung berdasarkan pengukuran sebagai berikut:

$$P_{input} = f \cdot G_u \cdot A \dots \dots \dots (2)$$

dengan:

- F = faktor kalibrasi pyranometer atau solarimeter ( $\text{mV} \cdot \text{m}^2/\text{Watt}$ )
- $G_u$  = intensitas matahari terukur (mV)
- A = luasefektif dari modul fotovoltaik ( $\text{m}^2$ )

Maka efisiensi maksimum dari modul fotovoltaik dapat dihitung sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{output}}{P_{input}} = \frac{I_m \cdot V_m}{f \cdot G_u \cdot A} \dots \dots \dots (3)$$

**Estimasi Resolusi Waktu**

Satu tugas utama dalam hal rancangan sistem energi solar adalah pemodelan data radiasi. Untuk keperluan ini maka profil penyinaran harian atau rata-rata bulanan sangat diperlukan. Nilai penyinaran ekstraterrestrial (ditulis 'o') dapat dikalkulasi untuk tiap lokasi dan waktu sebagaimana akan diuraikan dibagian berikut tulisan ini.

Pola harian harus dibuat model hanya jika data insolasi tersedia. Pendekatan yang paling sederhana untuk menyimpulkan satu pola waktu harian dari jumlah-jumlah harian adalah model rata-rata radiasi (lihat gambar 3). Jumlah radiasi harian H hanya dibagi dalam 24 untuk memberikan radiasi rata-rata perjam, intensitas  $I = G = H/24 \text{ h}$ . Dengan pendekatan ini, suatu sistem pengukuran kasar sudah dapat dilakukan. Dengan nilai yang diketahui untuk kebutuhan energi harian  $E_{harian}$  dan efisiensi sistem  $\eta$ , luasan panel fotovoltaik yang dibutuhkan dapat dihitung dengan:

**Luas Panel Fotovoltaik**

$$APV = \frac{E_{harian}}{\eta H} \dots \dots \dots (4)$$

Jika perhitungan ini dilakukan pada hari yang secara relatif 'buruk', akan muncul PV area yang cukup realistis. Kesalahan-kesalahan dalam model ini merupakan konsekuensi dari:

- Ketergantungan nilai  $\eta$  pada intensitas penyinaran matahari
- Kemungkinan adanya ambang batas penggunaan - *utilizability thresholds* (yaitu: sistem membutuhkan tenaga minimum yang spesifik untuk bekerja).

Model di atas tidak cocok menghitung sistem yang layout komponen-komponen penyimpanan!

**Estimasi dari Komponen Radiasi**

Perbedaan antar radiasi langsung dengan radiasi tersebar akan sangat mendasar pada saat berurusan dengan suatu aplikasi yang hanya menggunakan komponen langsung, seperti: penggunaan konsentrator. Untuk permukaan miring, juga penting untuk mengetahui *fraction* sebaran dari radiasi global seperti yang akan terlihat di bahasan berikut.

Hanya jika radiasi global pada suatu lokasi spesifik diketahui, kita harus menggunakan sebuah model dalam tujuan mengestimasi seberapa besar radiasi langsung dan seberapa besar yang tersebar. Suatu kuantitas penting untuk melakukan analisis ini adalah *clearness index* (*clearness index*) -  $k_T$ , yang di definisikan sebagai:

**Rumus *clearness index***

$$k_T = \frac{G}{G_o} = \frac{G}{G_{on} \cdot \cos \theta_z} \dots \dots \dots (5)$$

dimana kuantitas  $G_o \cdot \cos \theta_z$  dapat dihitung secara tepat untuk tiap lokasi dan waktu. Hal ini tergantung pada sudut zenith matahari  $\theta_z$ , *berawan* atau tidaknya langit dan *altitude* dari lokasi. Untuk fraksi sebaran dari radiasi global hubungan empirik dengan  $k_T$  telah ditemukan oleh *Orgill* dan *Hollands*:

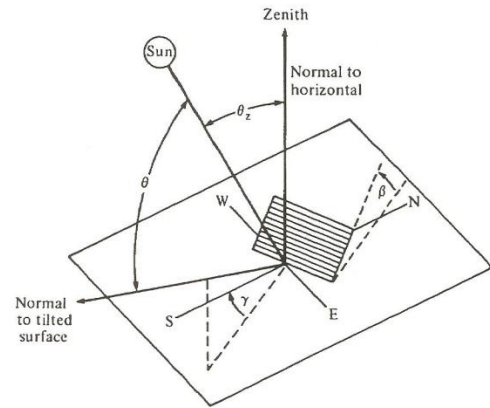
$$\frac{G_d}{G} = \begin{cases} 1.0 - 0.249k_T & \text{untuk } 0 \leq k_T \leq 0.35 \\ 1.557 - 1.84k_T & \text{untuk } 0.35 < k_T \leq 0.75 \\ 0.177 & \text{untuk } k_T > 0.75 \end{cases}$$

**Estimasi Radiasi pada Permukaan Miring**

Umumnya, piranti pengubah energi matahari (seperti modul PV dan kolektor termal) dipasang dengan orientasi azimuth dan sudut kemiringan tertentu, yang dioptimasi untuk suatu pertimbangan tertentu. Namun demikian, kebanyakan data radiasi yang ada diberikan untuk permukaan horizontal saja sehingga untuk suatu keperluan harus dianalisa dan diestimasi besaran energinya untuk permukaan dengan orientasi dan sudut kemiringan berbeda.

Model estimasi untuk kalkulasi radiasi global pada bidang miring (*inclined planes*) pada dasarnya adalah dari data penyinaran yang

datang pada bidang horizontal. Hal yang umum pada semua model adalah dilakukan pemisahan radiasi global menjadi komponen-komponen radiasi langsung, dan radiasi tersebar/diffuse dan radiasi terpantul oleh permukaan tanah di depan bidang miring.



Gambar 2: Geometri Matahari

**Penentuan Kapasitas Daya**

Energi yang diterima oleh panel PV adalah perkalian intensitas radiasi yang diterima dengan luasan panel PV, dinyatakan dengan persamaan:

$$E = I_r \times A \dots \dots \dots (6)$$

Dengan :

$I_r$  = intensitas radiasi matahari ( $W/m^2$ )

$A$  = luas permukaan ( $m^2$ )

Besarnya daya sesaat yaitu perkalian tegangan dan arus yang dihasilkan oleh sel PV dapat ditentukan dengan persamaan :

$$P = V \times I \dots \dots \dots (7)$$

Radiasi matahari yang mengenai sel PV diukur dengan menggunakan alat pyranometer adalah dalam satuan mV sehingga harus dikonversikan menjadi  $W/m^2$  (Solar power meter), persamaan yang digunakan adalah:

$$I_r = \frac{I_r(mV)}{21,13} \times 1000 \text{ (} W/m^2 \text{)} \dots \dots \dots (8)$$

**METODE PENELITIAN**

**Waktu dan lokasi Penelitian**

Waktu pengumpulan data dalam penelitian ini berlangsung selama satu bulan dari bulan oktober sampai dengan Nopember 2011, dan waktu pengambilan data setiap hari cuaca cerah dari jam 09.00 – 16.00 WIT. Lokasi penelitian Laboratorium Teknik Elektro UNMUS Jl. Kamizaun Mopah Lama Kelurahan Rimba Jaya RT 33 / RW.33 dengan letak geografis  $08^{\circ} 31.964' LS$  dan  $140^{\circ} 25.008' BT$  atau terletak di sebelah utara Propinsi Papua dengan jarak lintang dan bujur masing-masing  $137^{\circ}30' - 141^{\circ}00'$  sebelah Timur dan  $6^{\circ}00' - 9^{\circ}00'$  sebelah Selatan.

### Alat Penelitian

1. Panel PV 50 Wp, ukuran : 60 x 40 cm
2. Solar Power Meter = 1 unit
3. Multimeter Digital = 2 unit
4. Multimeter Analog = 1 unit
5. Tang Ampere = 1 unit
6. Busur Derajat = 1 buah
7. GPS Oredon 300 = 1 unit

### Tahapan Pengujian

1. Penentuan Titik Zenith
2. Penentuan Garis Lintang dan Garis Bujur
3. Pengaturan Arah dan Sudut Panel PV
4. Pengukuran radiasi matahari ( $w/m^2$ ),
5. Pengukuran arus hubung singkat panel PV ( $I_{sc}$ ) (ampere),
6. Pengukuran tegangan hubung singkat panel PV ( $V_{sc}$ ) (volt),
7. Pengukuran arus batterai ( $I_{bat}$ ) (ampere),
8. Pengukuran tegangan baterai ( $V_{bat}$ ) (volt),
9. Pengukuran arus beban ( $I_L$ ) (ampere) dan tegangan beban ( $V_L$ ).

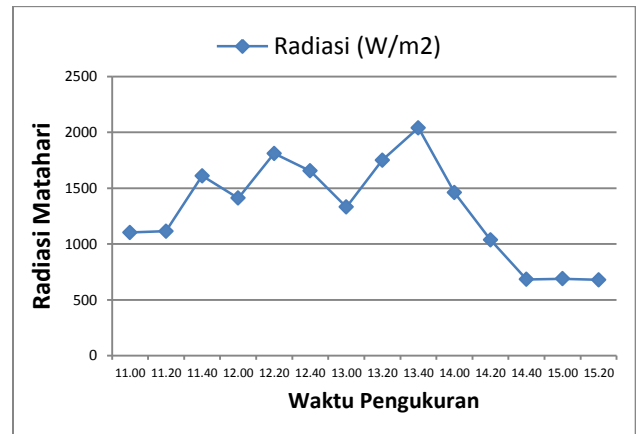
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan kebutuhan analisis seharusnya data hasil pengukuran diambil selama satu bulan, namun terdapat permasalahan teknik seperti cuaca selama penelitian maka data yang dapat dikumpulkan hanya data pengukuran selama 2 (dua) minggu. Adapun hasil pengukuran tersebut dapat dilihat pada bawah ini.

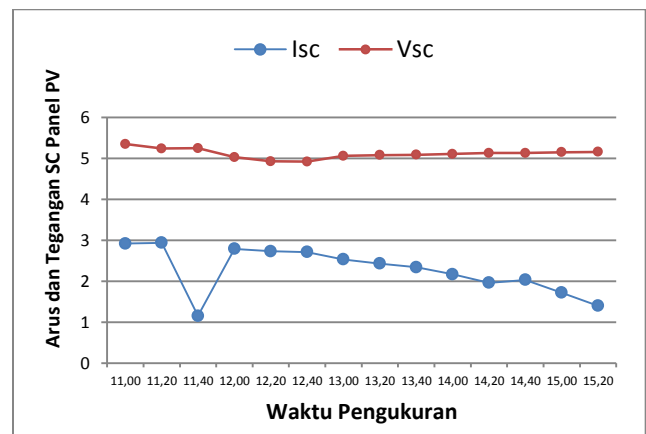
Tanggal : 29 Oktober 2011  
Lokasi : Depan Lab. Teknik

Elektro

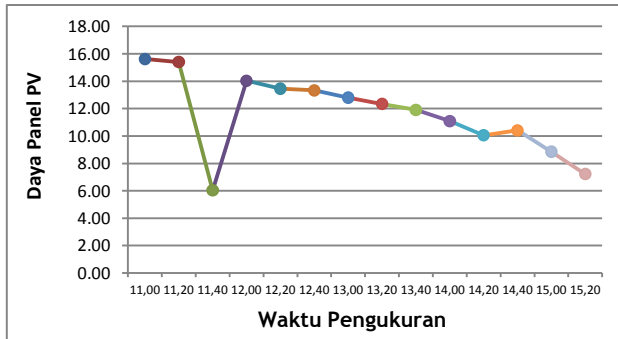
G. Lintang (S) :  $08^{\circ} 31.964'$   
G. Bujur (E) :  $140^{\circ} 25.008'$   
Sudut PV :  $10^{\circ}$  (Menghadap Utara)



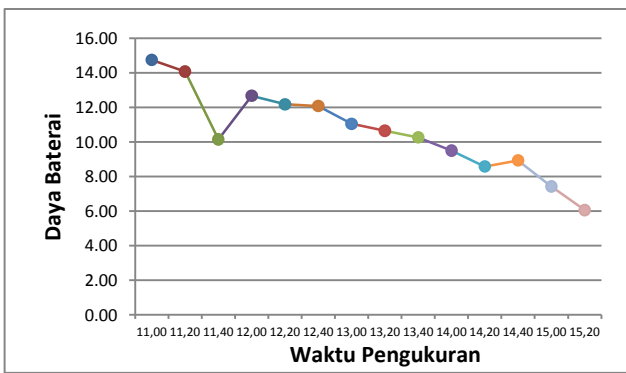
Gambar 3 Karakteristik radiasi harian energi matahari yang terpancar pada Panel PV 50 WP (Sudut :  $10^{\circ}$  arah utara)



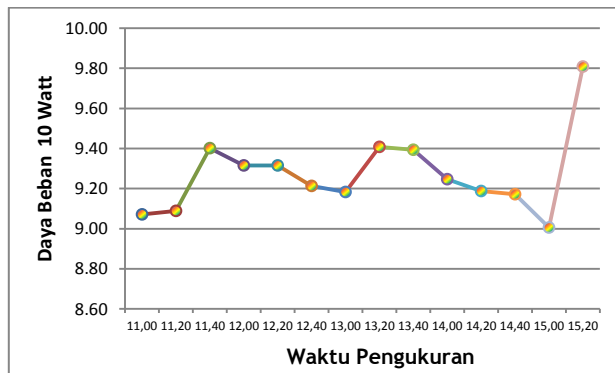
Gambar 4 Karakteristik  $I_{sc}$  dan  $V_{sc}$  yang dibangkitkan oleh panel PV



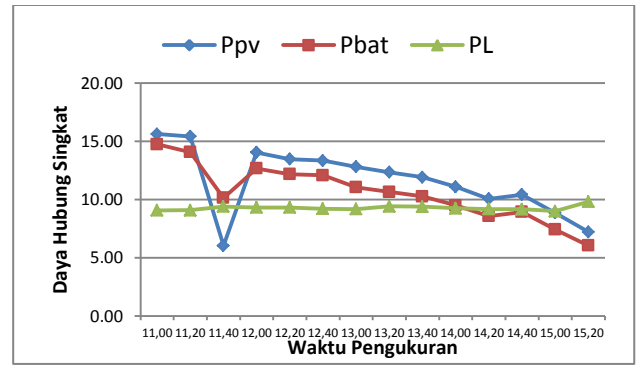
Gambar 5 Karakteristik daya hubung singkat ( $P_{sc}$ ) yang dibangkitkan oleh panel PV



Gambar 6 Karakteristik Daya Baterai ( $P_{bat}$ ) pada kondisi berbeban

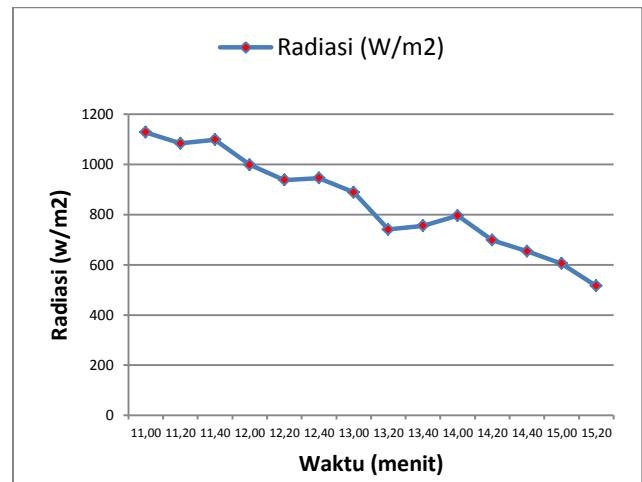


Gambar 7 Karakteristik Daya Beban ( $P_L$ ) dengan beban lampu DC 10 watt

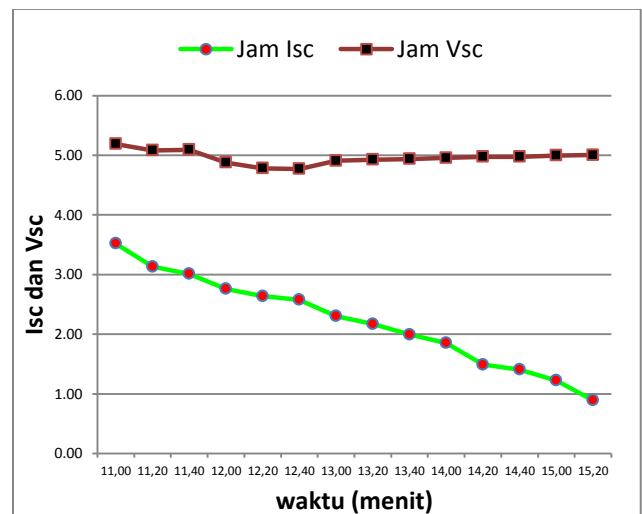


Gambar 8 Karakteristik daya hubung singkat pada rangkaian panel PV 50 WP

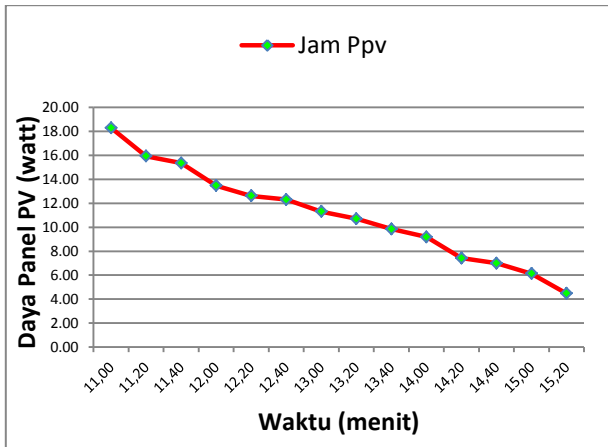
Tanggal : 29 Oktober 2011  
Lokasi : Depan Lab. Teknik Elektro  
Sudut PV :  $-10^\circ$  (Menghadap Selatan)



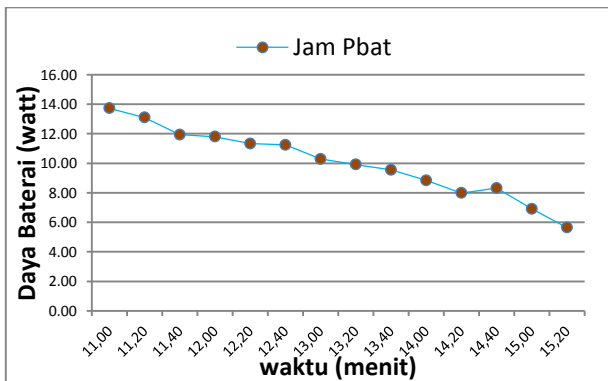
Gambar 9 Karakteristik radiasi harian energi matahari yang terpancar pada Panel PV 50 WP (sudut  $-10^\circ$  arah Selatan)



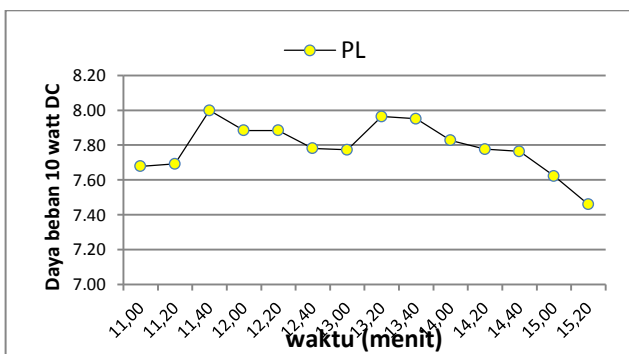
Gambar 10 Karakteristik Isc dan Vsc yang dibangkitkan oleh panel PV



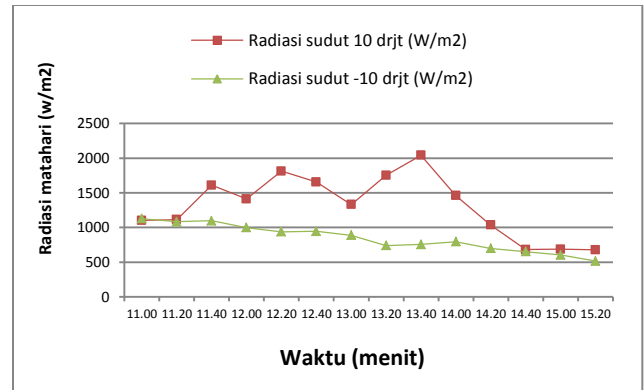
Gambar 11 Karakteristik daya hubung singkat (Psc) yang dibangkitkan oleh panel PV



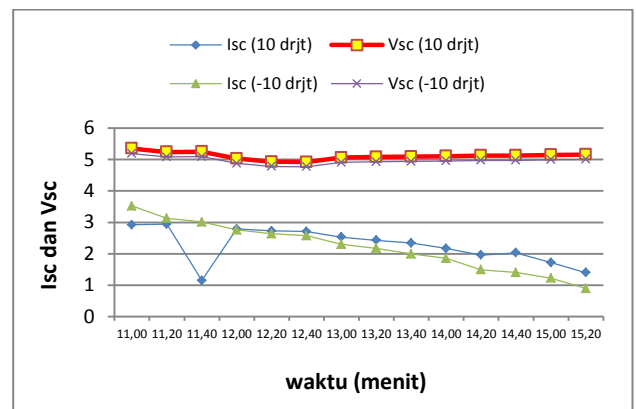
Gambar 12 Karakteristik Daya Beban ( $P_L$ ) dengan beban lampu DC 10 watt



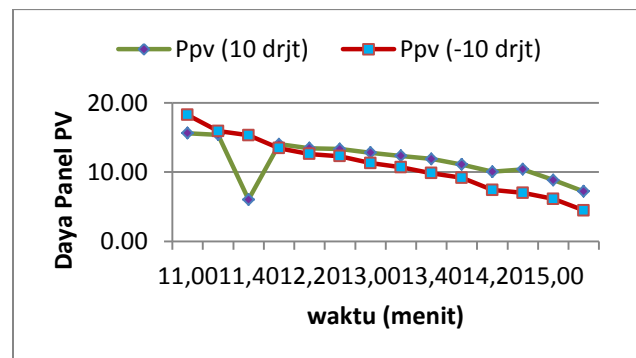
Gambar 13 Karakteristik daya hubung singkat pada rangkaian panel PV 50 WP



Gambar 14 Karakteristik perbandingan radiasi matahari pada sudut  $10^\circ$  dan  $-10^\circ$  panel PV 50 WP

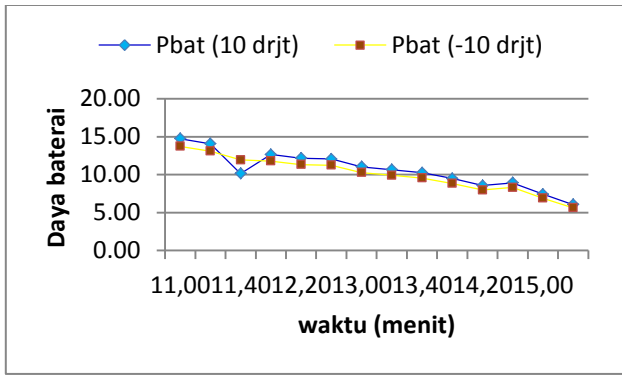


Gambar 15 Karakteristik perbandingan arus dan tegangan hubung singkat pada sudut  $10^\circ$  dan  $-10^\circ$  panel PV 50 WP

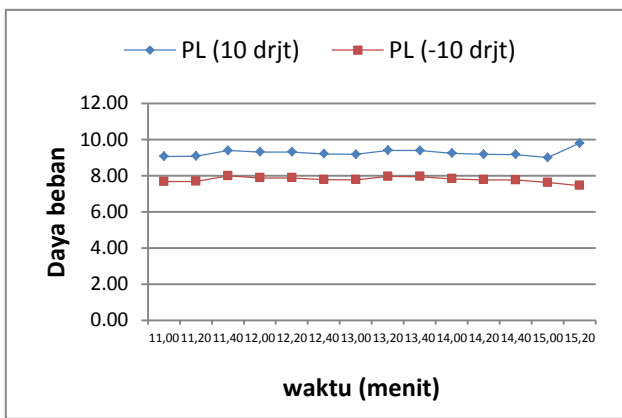


Gambar 16 Karakteristik perbandingan daya hubung singkat panel PV pada sudut  $10^\circ$  dan  $-10^\circ$  panel PV 50 WP





Gambar 17 Karakteristik perbandingan daya hubung singkat baterai pada sudut  $10^\circ$  dan  $-10^\circ$  panel PV 50 WP



Gambar 18 Karakteristik perbandingan daya hubung singkat beban lampu DC 10 watt pada sudut  $10^\circ$  dan  $-10^\circ$  panel PV 50 WP

## PEMBAHASAN

### 1. Perhitungan daya terpasang pada panel PV 50 wp

$$\begin{aligned} I_{\text{panel}} &= 3,77 \text{ ampere} \\ V_{\text{panel}} &= 17,4 \text{ volt} \\ P_{\text{panel}} &= V_{\text{panel}} \times I_{\text{panel}} \\ &= 17,4 \times 3,77 \\ &= 65,60 \text{ watt} \end{aligned}$$

### 2. Perhitungan daya input panel PV

Berdasarkan data tanggal 29 oktober pada jam 11.00 sudut  $10^\circ$

$$\begin{aligned} G_u &= 1102,5 \text{ W/m}^2 \\ A &= 2,4 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maka daya input adalah :

$$P_{\text{input}} = f \cdot G_u \cdot A$$

Karena sudah menggunakan solar power meter maka faktor kalibrasi pyranometer diganti dengan kalibrasi solar power meter dengan

resolusinya yaitu  $0,1 \text{ W/m}^2$ , maka persamaan yang digunakan adalah :

$$\begin{aligned} P_{\text{input}} &= 0,1 \times 1102,5 \times 24 \\ &= 264,6 \text{ Watt} \end{aligned}$$

### 3. Perhitungan efisiensi panel pv

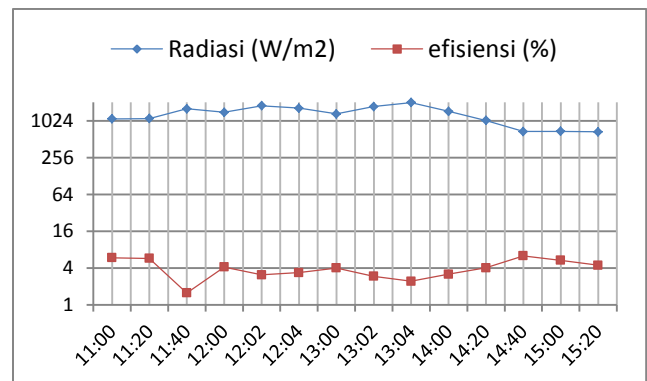
$$\eta = \frac{P_{\text{output}}}{P_{\text{input}}} = \frac{V_m \cdot I_m}{f \cdot G_u \cdot A}$$

$$\eta = \frac{15,62}{264,6} \times 100 \%$$

$$\eta = 5,90 \%$$

Tabel 1. Hasil Perhitungan efisiensi berdasarkan daya input dan daya output panel PV 50 WP pada tanggal 29/10/11 dengan sudut  $10^\circ$

Jam Pengukuran	Radiasi (W/m <sup>2</sup> )	P <sub>input</sub>	P <sub>output</sub> (V <sub>m</sub> × I <sub>m</sub> )	Efisiensi (%)
11:00	1102,5	264,60	15,62	5,90
11:20	1115	267,60	15,41	5,76
11:40	1610	386,40	6,04	1,56
12:00	1412	338,88	14,03	4,14
12:02	1812	434,88	13,46	3,09
12:04	1655,3	397,27	13,33	3,36
13:00	1331,2	319,49	12,80	4,01
13:02	1751,8	420,43	12,34	2,94
13:04	2040,3	489,67	11,91	2,43
14:00	1460,4	350,50	11,09	3,16
14:20	1036,8	248,83	10,05	4,04
14:40	683,2	163,97	10,41	6,35
15:00	688,5	165,24	8,86	5,36
15:20	678	162,72	7,22	4,44



Gambar 19 Karakteristik perbandingan efisiensi panel pv terhadap radiasi matahari pada sudut  $10^\circ$  panel PV 50 WP

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan dalam penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Radiasi matahari maksimum berada pada jam 13.40 yaitu 2040,3
2. Tinggi radiasi tidak selamanya dapat menghasilkan daya maksimum terlihat pada pengukuran tanggal 29 oktober 2011 dengan sudut panel PV 10° arah utara pada jam 13.04 yaitu sebesar 11,91 watt .
3. Waktu terjadinya dayakonstan antara jam 12.00 sampai dengan 14.40 yang besarnya dari 10 – 14 watt.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Arismunandar W, 1995. Teknologi Rekayasa Surya, Cetakan Pertama PT. PradyaParamita, Jakarta.
2. Departemen Pendidikan Nasional, Modul 1 Pengenalan Teknologi Tenaga Surya Technical Education Development Center (TEDC)
3. Culp. Jr, AW., 1991, Prinsip-Prinsip Konversi Energi, Erlangga, Jakarta. Pudjanarsa, A., Nursuhud, D., 2006, Mesin Konversi Energi, Penerbit Andi, Yogyakarta
4. Kunaifi, 2010. Program Homer Untuk Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Hibrida Di Propinsi Riau. Jurnal ISSN: 1979-2328 Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
5. Rhazio, 2007, Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Institut Sains & Teknologi, Jakarta. [http:// rhazio.word press.com.](http://rhazio.wordpress.com), maret 2008
6. Rotib, Widy, 2001. Aplikasi Sel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif; Dimensi Vol 4 No. 1 Juni 2001, Institute for Science and Technology Studies (ISTECS), Jepang. Diakses tanggal 20 september 2011 di [istecs.org/Publication/Dimensi/dim\\_vol4no1\\_juni2001 .Pdf](http://istecs.org/Publication/Dimensi/dim_vol4no1_juni2001.Pdf)