

# PENGUJIAN PANEL FOTOVOLTAIK DENGAN VARIASI SUDUT KEMIRINGAN

Dohardo P.H. Simanullang<sup>1</sup>, Azriyenni Azhari Zakri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik, Universitas Riau

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru

Email: dohardo.putra4642@student.unri.ac.id; azriyenni@eng.unri.ac.id

## ABSTRACT

*Photovoltaic system serves to convert solar energy into electrical energy or DC voltage. This study aims to test and observe the absorption of solar intensity by photovoltaic panels at various angles of the slope. The photovoltaic panel absorbs the maximum solar intensity if the photovoltaic panel is perpendicular to the coming sunshine. The method used to determine the angle of the photovoltaic panel is by observing the voltage and current values of the photovoltaic panel output. The Testing has been conducted with several variations of slope angles, namely; at an angle of 30 °, 40 °, and 50 °. From the results of tests and observations, it has been found that the absorption of solar intensity with maximum power (66 watts) occurs at the slope angle of 40 °.*

*Keywords: slope angle, solar energy, solar absorption, photovoltaic*

## PENDAHULUAN

Sebagai negara yang beriklim tropis, energi surya adalah salah satu energi yang sedang berkembang saat ini. Dampak positif mendorong pemanfaatan energi terbarukan terutama dalam pembangkit tenaga listrik. Maka, pemerintah Indonesia telah menyiapkan beberapa peraturan, yaitu: Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 3 Tahun 2005 tentang penyediaan dan pemanfaatan listrik yang memprioritaskan penggunaan sumber energi lokal, yaitu mengutamakan pemakaian energi terbarukan.

Pemanfaatan energi surya mulai dikembangkan dengan dibuatnya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk skala besar dan Fotovoltaik (FV) untuk pembangkit skala perumahan, terutama di Indonesia yang merupakan daerah tropis dengan potensi penyinaran sepanjang tahun sebagai upaya pemenuhan kebutuhan listrik yang semakin meningkat. Prinsip kerja teknologi fotovoltaik adalah cahaya matahari dapat diubah menjadi

energi listrik melalui modul surya yang terbuat dari bahan semikonduktor (Hasan, 2012).

Sistem fotovoltaik dengan memanfaatkan energi surya pada alat perumahan sebagai penyuplai daya adalah salah satu contoh proyek aplikatif pengembangan potensi daya elektrik menggunakan energi surya secara luas di Indonesia.

## BAHAN DAN METODE

### Sistem Fotovoltaik

Fotovoltaik atau yang disebut juga sel surya adalah piranti semikonduktor yang dapat mengubah energi matahari secara langsung menjadi energi listrik DC dengan menggunakan kristal Si (*silicon*) yang tipis. Sel-sel silikon ini dipasang dengan posisi sejajar/seri dalam sebuah panel yang terbuat dari aluminium atau baja anti karat dan dilindungi oleh kaca atau plastik. Pada tiap-tiap sambungan sel itu diberi sambungan yang berbeda potensial yang menyatu bila sel-sel itu terkena sinar matahari maka pada sambungan

itu akan mengalir arus listrik. Energi surya berupa radiasi elektromagnetik yang dipancarkan ke bumi berupa cahaya matahari yang terdiri atas foton atau partikel energi surya yang dikonversikan menjadi energi listrik. Energi surya yang sampai pada permukaan bumi disebut sebagai radiasi surya global yang diukur dengan kepadatan daya pada permukaan daerah penerima. Rata-rata nilai dari radiasi surya atmosfer bumi adalah  $1.353 \text{ W/m}^2$  yang dinyatakan sebagai konstanta surya.

Intensitas radiasi surya dipengaruhi oleh waktu siklus perputaran bumi, kondisi cuaca meliputi kualitas dan kuantitas awan, pergantian musim dan posisi garis lintang. Intensitas radiasi sinar matahari di Indonesia berlangsung 4 - 5 jam per hari (Hasan, 2012). Produksi energi surya pada suatu daerah dapat dihitung sebagai berikut:

$$E = I \cdot A \quad (1)$$

### Baterai

Baterai atau akumulator adalah sebuah sel listrik di mana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversibel adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses pengubahan energi kimia menjadi energi listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari energi listrik menjadi energi kimia, pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda - elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewatkan arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel.

### Solar Charge Controller

*Solar Charge Controller* (SCC) adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. SCC mengatur kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh dan kelebihan tegangan dari panel fotovoltaik. Kelebihan tegangan dalam pengisian akan mengurangi umur baterai. SCC menerapkan teknologi *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban.

Panel fotovoltaik 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 - 21 Volt. Jadi tanpa SCC, baterai akan rusak dan tidak stabilan tegangan yang dibangkitkan. Baterai

umumnya diisi pada tegangan 14Volt - 14.7Volt. Beberapa fungsi detail dari SCC adalah sebagai berikut:

- Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari kelebihan pengisian, dan kelebihan tegangan.
- Mengatur arus yang dibebaskan/ diambil dari baterai agar baterai tidak sampai habis, dan beban lebih.
- Pemantau temperaturbaterai

Metode yang digunakan dalam pelaksanaan tugas akhir ini berupa studi literatur kepustakaan dan membaca teori-teori yang berkaitan dengan topik baik dari buku-buku referensi, teks pendukung yang dimiliki, ataupun jurnal yang relevan dan menunjang pembuatan tugas akhir ini. Selain studi literatur penulis juga melakukan tanya jawab/bimbingan dengan dosen pendamping mengenai masalah-masalah yang timbul selama pengerjaan alat berlangsung. Kemudian pembuatan alat, menentukan alat dan bahan yang akan digunakan, kemudian merangkainya dan instalasi sistem fotovoltaik sesuai dengan yang diinginkan berdasarkan pengambilan data di lapangan.

Setelah melaksanakan langkah diatas, langkah selanjutnya yang harus dilakukan diantaranya adalah :

#### 1 Pengujian

Setelah alat berhasil dibuat, dilakukan pengujian diantaranya :

- Apakah alat tersebut aktif atau mulai bekerja sesuai dengan yang diinginkan.
- Pengambilan data pengukuran panel fotovoltaik yaitu parameter Suhu FV, Intensitas Matahari, Tegangan FV, Arus FV setiap 30 menit

#### 2 Membuat Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan pengukuran pada alat maka akan diperoleh kesimpulan dari alat yang dibuat.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pemilihan Baterai

Pada penelitian ini baterai yang digunakan adalah baterai premium yang biasa digunakan untuk truck. Adapun kapasitas nominal baterai adalah 100 Ah. Kapasitas  $C_{\text{baterai}}$  yang dapat digunakan adalah sesuai persamaan 2 berikut.

$$\begin{aligned}
 C_{\text{baterai}} &= \frac{C_{\text{nominalbaterai}} \times DOD}{100\%} \\
 &= 100 \text{ Ah} \times 80\% : 100\% \\
 &= 80 \text{ Ah}
 \end{aligned} \quad (2)$$

dan kapasitas yang dapat digunakan sampai umur daur adalah.

$$\begin{aligned}
 C_{\text{baterai umur daur}} &= C_{\text{baterai}} \times UD \\
 &= 80 \text{ Ah} \times 500 \\
 &= 40000 \text{ Ah}
 \end{aligned} \quad (3)$$

Bila ditetapkan periode penyimpanan selama 3 hari maka total kapasitas baterai yang dapat digunakan adalah.

$$\begin{aligned}
 C_{\text{baterai}} &= ET \times A : Vs \\
 &= 150 \text{ Wh/hari} \times 3 \text{ hari} \\
 &\quad : 12 \text{ volt} \\
 &= 37,5 \text{ Ah pada 12 volt}
 \end{aligned} \quad (4)$$

Untuk beban 150 Wh per jam maka kapasitas baterai 100 Ah hanya dapat men-suplai dengan aman selama 6,4 jam. Telah ditentukan dalam sub bab penentuan baterai, baterai yang dipilih untuk perencanaan ini adalah jenis premium untuk truck 100 Ah 12 volt. Dapat ditentukan jumlah baterai yang diperlukan yaitu:

$$\begin{aligned}
 Z_{\text{baterai}} &= C_{\text{baterai}} \times 100\% : C_{\text{nom}} : DOD \\
 &= 37,5 \text{ Ah} \times 100\% : 80 \text{ Ah} : 80\% \\
 &= 0,98 \approx 1 \text{ buah baterai}
 \end{aligned} \quad (5)$$

### Pemilihan Solar Charge Controller

Solar Charge Controller(SCC) adalah peralatan elektronik yang dapat mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. SCC mengatur kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh dan kelebihan tegangan dari fotovoltaiik. Kelebihan tegangan dalam pengisian akan mengurangi umur baterai.

Beban pada sistem fotovoltaiik mengambil energi dari SCC. Kapasitas arus yang mengalir pada SCC dapat ditentukan dengan mengetahui beban maksimal yang terpasang. Maka arus kapasitas arus yang mengalir pada SCC yaitu :

$$\begin{aligned}
 I_{\text{max}} &= \frac{P_{\text{max}}}{V_s} \\
 &= \frac{150 \text{ Watt}}{12 \text{ Volt}} \\
 &= 12,5 \text{ Ampere}
 \end{aligned} \quad (6)$$

### Menentukan Kapasitas Fotovoltaiik

Untuk sistem PLTS dengan daya 1000 Watt ke bawah, faktor 20% harus ditambahkan ke pembebanan sebagai pengganti rugi-rugi

sistem dan untuk faktor keamanan (Dunlop, 1997). Oleh karena itu ampere-jam beban yang sudah ditentukan dikalikan dengan 1,20 sehingga.

$$\begin{aligned}
 ET &= EB \times \text{Rugi dan safety factor} \\
 &= EB \times 1,20 \\
 &= 150 \text{ Wh} \times 1,20 \\
 &= 180 \text{ Wh}
 \end{aligned} \quad (7)$$

Faktor penyesuaian pada kebanyakan instalasi PLTS adalah 1,1(Hankins, 1991).Kapasitas daya panel fotovoltaiik yang dihasilkan adalah:

$$C_{\text{panel FV}} = \frac{E_T}{I_R} \times FP \quad (8)$$

$$C_{\text{panel FV}} = \frac{180}{1,450} \times 1,1 = 136,5 \text{ Wp}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan bahwa kapasitas fotovoltaiik yang diperlukan yaitu 136,5 Wp. Pada penelitian ini fotovoltaiik yang digunakan yaitu dengan kapasitas 100 Wp.

Daya nominal fotovoltaiik 100 Wp dengan insolasi matahari 1,450 kWh/m<sup>2</sup>/hari, maka keluaran harian minimum fotovoltaiik adalah :

$$\begin{aligned}
 T_{\text{nominal}} &= \frac{I_R}{E} \\
 &= \frac{1,45 \text{ kwh/m}^2/\text{hari}}{1000 \text{ w/m}^2/\text{hari}} \\
 &= 1,45 \text{ jam}
 \end{aligned} \quad (9)$$

Energi yang dihasilkan fotovoltaiik adalah:

$$\begin{aligned}
 E_{FV} &= P_{\text{max}} \times T_{\text{nom}} \\
 &= 100 \text{ w} \times 1,45 \text{ jam} \\
 &= 145 \text{ Wh/hari}
 \end{aligned} \quad (10)$$

Jumlah minimum modul dapat ditentukan. Dengan keluaran harian minimum 145 Wh/hari pada 12 volt dan Deep of Discharge(DOD) baterai Lead acid pada umumnya sebesar 80%(Taufiq & Hendre, 2010). Jumlah minimum modul yang diperlukan adalah :

$$\begin{aligned}
 \sum Fv &= \frac{E_T}{E_{FV} \times DOD} \\
 &= \frac{180 \text{ wh}}{145 \text{ wh} \times 0,8} \\
 &= 1,2931 \text{ modul Fv}
 \end{aligned} \quad (11)$$

Solar modul terdiri dari 36 keping sel surya dengan panjang cell 15,5 cm, lebar 10,4 cm, jadi luas keseluruhan sel surya adalah :

$$\begin{aligned}
 Luas &= P \times L \times n \\
 &= 0,155 \times 0,104 \times 36 \\
 &= 0,58032 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Pada radiasi 1000 W/m<sup>2</sup> (intensitas sinar global saat radiasi maksimum), modul menghasilkan daya maksimum sebesar 100 wp, maka total daya foton (P<sub>in</sub>) yang diterima modul:

$$\begin{aligned} P_{in} &= m^2 \times 1000 \text{ W/m}^2 \quad (12) \\ &= 0,58032 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ W/m}^2 \\ &= 580,032 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Factor pengisian *Fill Factor*(FF) adalah ratio daridaya keluaran maksimum yang diperoleh dari hasil kaliparameter-parameter yang terdapat pada panel fotovoltaik yaitu tegangan *open circuit* (Voc), arus *short circuit* (Isc), tegangan nominal modul (V<sub>FV</sub>) dan arus nominal modul(I<sub>FV</sub>). Tabel 1 menunjukkan spesifikasi modul fotovoltaik yang digunakan.

**Tabel 1. Spesifikasi modul FV**

Vmp	Imp	Voc	Isc
17,6 V	5,69 A	22,6 V	6,09 A

Persamaan yang digunakan untuk menentukan faktor pengisian (FF) berdasarkan Tabel 4 sebagai berikut (Bansai, 1990):

$$\begin{aligned} FF &= \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} \quad (13) \\ &= \frac{17,6 \times 5,69}{22,6 \times 6,09} \end{aligned}$$

**Tabel 2. Pengujian Fotovoltaik dengan sudut kemiringan 30°**

NO	Waktu	T <sub>FV</sub> (°C)	T <sub>SCC</sub> (°C)	T <sub>PKU</sub> (°C)	I <sub>R</sub> (W/m <sup>2</sup> )	V <sub>FV</sub> (V)	I <sub>FV</sub> (A)	V <sub>BAT</sub> (V)	I <sub>BAT</sub> (A)	SOC
1	9:00	29	28.6	26	154.05	12.5	1	12.5	1	25%
2	9:30	29	28.7	27	154.84	12.6	1	12.6	1	23%
3	10:00	32	31.3	27	102.38	12.7	0.9	12.7	0.9	25%
4	10:30	33	30.7	27	181.7	12.7	1.1	12.7	1.1	28%
5	11:00	37	33.5	28	240.95	12.9	1.6	12.9	1.6	33%
6	11:30	42	33.8	28	635.95	13	3.3	13	3.3	38%
7	12:00	34	35.6	28	193.55	12.8	1.4	12.8	1.4	31%
8	12:30	38	34.6	28	171.43	12.8	1.2	12.8	1.2	30%
9	13:00	36	33	28	157.21	12.8	1.1	12.8	1.1	29%
10	13:30	43	35.5	29	683.35	12.3	3.8	12.3	3.8	40%
11	14:00	47	35.3	30	237	12.9	1.5	12.9	1.5	33%
12	14:30	37	29.7	30	176.17	12.8	1.3	12.8	1.3	29%
13	15:00	32	30	30	156.42	12.6	0.8	12.6	0.8	28%

Tabel 2 adalah tabel pengujian sudut kemiringan panel fotovoltaik dengan sudut kemiringan 30°, setelah dilakukan pengujian maka didapatkan hasil seperti pada tabel diatas. Pada tabel 2 tersebut dapat diketahui bahwa pada pukul 13.30 WIB adalah intensitas radiasi

$$= 0,7312$$

Dengan mengetahui luasan modul dan faktor pengisian maka efisiensi modul dapat diketahui yaitu :

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF}{S} \\ &= \frac{22,6 \cdot 6,09 \cdot 0,7321}{580,032 \text{ Watt}} \times 100\% \\ &= 17,37\% \end{aligned}$$

### Pengujian Fotovoltaik dengan variasi sudut kemiringan

Pengujian sudut kemiringan panel fotovoltaik dilakukan dari sudut kemiringan 30°, 40°, dan 50° yang bertujuan untuk mengamati serta mengetahui penyerapan maksimum dan minimum yang dapat diperoleh dari setiap sudut kemiringan. Pengujian dilakukan mulai pukul 09.00 WIB sampai 15.00 WIB dengan parameter yang diukur adalah suhu panel fotovoltaik (T<sub>FV</sub>), suhu di SCC (T<sub>SCC</sub>), suhu di Pekanbaru (T<sub>PKU</sub>), radiasi matahari (I<sub>R</sub>), tegangan fotovoltaik (V<sub>FV</sub>), arus fotovoltaik (I<sub>FV</sub>), tegangan baterai (V<sub>BAT</sub>), arus baterai (I<sub>BAT</sub>), dan *Stage Of Charge* (SOC).

matahari yang paling tertinggi sebesar 683,35 W/m<sup>2</sup>, nilai intensitas radiasi matahari berbanding lurus dengan arus dan tegangan listrik yang dihasilkan oleh fotovoltaik yaitu berturut-turut 3,8 ampere dan 12,3 volt. Serta nilai intensitas radiasi matahari terendah yang terukur

sebesar 103,38 W/m<sup>2</sup> dengan arus dan tegangan listrik yang dihasilkan oleh fotovoltaik yaitu berturut-turut 0,9 ampere dan 12,7 volt. Suhu panel fotovoltaik yang terukur mulai dari suhu

29°C sampai 47°C dimana dapat dilihat bahwa dari rata-rata pengukuran semakin tinggi suhu panel fotovoltaik maka semakin besar juga arus dan tegangan listrik yang terukur.

**Tabel 3. Pengujian Fotovoltaik dengan sudut kemiringan 40°**

NO	Waktu	T <sub>FV</sub> (°C)	T <sub>SCC</sub> (°C)	T <sub>PKU</sub> (°C)	I <sub>R</sub> (W/m <sup>2</sup> )	V <sub>FV</sub> (V)	I <sub>FV</sub> (A)	V <sub>BAT</sub> (V)	I <sub>BAT</sub> (A)	SOC
1	9:00	31	29.4	26	172.22	12.8	1.1	12.8	1.1	32%
2	9:30	31	30	27	192.76	12.9	1.2	12.9	1.2	33%
3	10:00	34	33	27	379.2	12.9	2.2	12.9	2.2	38%
4	10:30	43	36.5	29	799.48	13.2	4.7	13.2	4.7	48%
5	11:00	41	36.3	30	948	13.2	5	13.2	5	48%
6	11:30	42	36.6	30	145.36	13	1	13	1	49%
7	12:00	42	36.4	30	900.6	13.4	4.8	13.4	4.8	49%
8	12:30	39	35	30	761.56	13.3	4.2	13.3	4.2	38%
9	13:00	44	36.6	31	773.41	13.3	4.3	13.3	4.3	39%
10	13:30	37	36.8	31	122.45	12.9	0.7	12.9	0.7	35%
11	14:00	33	33.7	31	37.367	13	0.2	12.8	0.2	30%
12	14:30	32	32.8	31	74.102	13.1	0.4	12.8	0.4	31%
13	15:00	32	33.3	31	107.76	12.9	0.6	12.9	0.6	34%

Tabel 3 adalah tabel pengujian sudut kemiringan panel fotovoltaik dengan sudut kemiringan 40°, setelah dilakukan pengujian maka didapatkan hasil seperti pada tabel diatas. Pada tabel 3 dapat diketahui bahwa pada pukul 12.00 WIB adalah intensitas radiasi matahari yang paling tertinggi sebesar 900,6 W/m<sup>2</sup>, nilai intensitas radiasi matahari berbanding lurus dengan arus dan tegangan listrik yang dihasilkan oleh fotovoltaik yaitu berturut-

turut 4,8 ampere dan 13,4 volt. Serta nilai intensitas radiasi matahari terendah yang terukur sebesar 37,367 W/m<sup>2</sup> dengan arus dan tegangan listrik yang dihasilkan oleh fotovoltaik yaitu berturut-turut 0,2 ampere dan 13 volt. Suhu panel fotovoltaik yang terukur mulai dari suhu 31°C sampai 44°C dimana dapat dilihat bahwa dari rata-rata pengukuran semakin tinggi suhu fotovoltaik maka semakin besar juga arus dan tegangan listrik yang terukur.

**Tabel 4. Pengujian Fotovoltaik dengan sudut kemiringan 50°**

NO	Waktu	T <sub>FV</sub> (°C)	T <sub>SCC</sub> (°C)	T <sub>PKU</sub> (°C)	I <sub>R</sub> (W/m <sup>2</sup> )	V <sub>FV</sub> (V)	I <sub>FV</sub> (A)	V <sub>BAT</sub> (V)	I <sub>BAT</sub> (A)	SOC
1	9:00	36	30.3	27	485.85	13.1	2.8	13.1	2.8	41%
2	9:30	33	34	27	3.0257	13.1	2	13.1	2	44%
3	10:00	37	36.3	28	377.62	13.2	2.2	13.2	2.2	47%
4	10:30	40	37.1	26	417.12	13.2	2.5	13.2	2.5	49%
5	11:00	42	36.7	28	752.87	13.5	4.5	13.5	4.5	57%
6	11:30	36	35.8	29	205.4	13.1	1.4	13.1	1.4	46%
7	12:00	43	37.3	30	929.04	13.4	4.4	13.4	4.4	52%
8	12:30	32	33.8	30	71.89	13.1	0.3	13.1	0.3	36%
9	13:00	35	34.1	31	165.9	13	0.9	13	0.9	41%
10	13:30	37	33.5	31	413.17	13.3	2.5	13.3	2.5	51%
11	14:00	33	33.9	30	56.09	13	0.4	13	0.4	38%
12	14:30	32	31.4	30	43.845	13	0.2	13	0.2	37%
13	15:00	32	31.8	30	142.2	13.1	0.7	13.1	0.7	38%

Tabel 4 adalah tabel pengujian sudut kemiringan panel fotovoltaik dengan sudut kemiringan 50°, setelah dilakukan pengujian maka didapatkan hasil seperti pada tabel 4 di atas. Pada tabel 4 dapat diketahui bahwa pada pukul 11.30 WIB adalah intensitas radiasi matahari yang paling tertinggi sebesar 929,04 W/m<sup>2</sup>, nilai intensitas radiasi matahari berbanding lurus dengan arus dan tegangan listrik yang dihasilkan oleh fotovoltaik yaitu berturut-turut 54,4 ampere

dan 13,4 volt. Serta nilai intensitas radiasi matahari terendah yang terukur sebesar 56,09 W/m<sup>2</sup> dengan arus dan tegangan listrik yang dihasilkan oleh fotovoltaik yaitu berturut-turut 0,4 ampere dan 13 volt. Suhu panel fotovoltaik yang terukur mulai dari suhu 32°C sampai 42°C dimana dapat dilihat bahwa dari rata-rata pengukuran semakin tinggi suhu panel fotovoltaik maka semakin besar juga arus dan tegangan listrik yang terukur.

## KESIMPULAN

Intensitas radiasi matahari dan suhu panel fotovoltaik berpengaruh terhadap daya keluaran sistem fotovoltaik. Pengaturan sudut kemiringan panel fotovoltaik dengan arah panel fotovoltaik tegak lurus terhadap sinar datang matahari dapat membangkitkan daya keluaran panel fotovoltaik lebih besar dari posisi panel fotovoltaik secara horizontal. Sudut kemiringan panel fotovoltaik yang membangkitkan daya keluaran yang terbesar pada panel fotovoltaik dengan sudut kemiringan 40°.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada LPPM Universitas Riau pada Skema Unggulan Universitas yang telah memberikan sokongan dana demi kelancaran penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bansai, N., 1990. *Renewable Energy Sources and Conversion Technology*. New Delhi: Tata McGraw-Hill.
- Dunlop, J., 1997. *Batteries In Stand-Alone Photovoltaic Systems Fundamentals and Application*. s.l.: Florida Solar Energy Center.
- Hankins, M., 1991. *Small Solar Electric Systems for Africa*. Ltd. Kenya: Motif Creative Arts.
- Hasan, H., 2012. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *J. Ris. Dan Teknol. Kelaut*, pp. Vol. 10, Pp. 169–180.
- Taufiq, A. & Hendre, A. P., 2010. *Penggunaan Solar Cell Untuk Sumber Energi Kursi Roda Otomatis dan Monitoring Aki*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.