

# KAJIAN DAYA KELUARAN DARI KETIDAKHARMONISAN MODUL FOTOVOLTAIK TERHADAP TEMPERATUR RUANG DAN INTENSITAS CAHAYA MATAHARI

Uray Redo Pebryan Pratama  
Program Studi Teknik Elektro  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura  
[uray\\_redo@yahoo.co.id](mailto:uray_redo@yahoo.co.id)

**Abstrak** - Energi matahari merupakan energi alternatif pembangkit listrik untuk menggantikan energi fosil yang ketersediaannya sudah sangat terbatas. Skripsi ini membahas tentang meng-kombinasikan modul fotovoltaik Solar World dengan modul fotovoltaik Sun Earth yang nilai arus dan tegangan berbeda (tidak harmonis) pada kondisi pengujian standar.

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengukuran langsung temperatur ruang menggunakan alat ukur Weather Center PCE-FWS 20 dan intensitas cahaya matahari menggunakan alat ukur Solar Power Meter TM-206 pada tanggal 10 April 2014 sampai dengan 09 Mei 2014 di Gedung Pusat Studi Energi Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak.

Besar daya keluaran selama satu bulan dari ketidakharmonisan modul fotovoltaik Solar World dengan modul fotovoltaik Sun Earth adalah 54.530,65 Watt, dari nilai daya keluaran diketahui nilai penurunan daya nonimal rata-rata selama satu bulan yaitu sebesar 63,60 %. Besar energi selama satu bulan dari ketidakharmonisan modul fotovoltaik Solar World dengan modul fotovoltaik Sun Earth adalah 41.744,49 Watt Hour, dari nilai energi diketahui juga nilai dari efisiensi daya rata-rata selama satu bulan yaitu sebesar 7,03 %.

**Kata kunci:** modul fotovoltaik, intensitas cahaya matahari, temperatur ruang.

## 1. Pendahuluan

Dewasa ini listrik telah menjadi salah satu kebutuhan penting bagi masyarakat. Kebutuhan terhadap energi listrik terus meningkat seiring dengan meningkatnya laju pertumbuhan penduduk dan kegiatan pembangunan disegala bidang disertai dengan perkembangan teknologi yang semakin canggih. Sumber energi listrik saat ini masih didominasi bahan bakar konvensional (BBM) termasuk di Kalimantan Barat, dan saat ini ketersediaannya sudah sangat terbatas dan harganya semakin mahal. Sedangkan di sisi lain kebutuhan terhadap energi listrik bertambah seiring dengan bertambahnya populasi penduduk dan perkembangan teknologi, sehingga dibutuhkan sumber energi alternatif yang dapat mengatasi krisis energi dan laju pemanasan global tersebut yaitu dengan menciptakan teknologi bersih, peningkatan efisiensi dan memasyarakatkan penggunaan energi yang dapat diperbaharui (*renewable energy*) untuk mengurangi atau bahkan menghentikan ketergantungan pada bahan bakar fosil

## 2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

### 2.1. Umum

Sel surya adalah peralatan yang mengkonversi energi matahari menjadi listrik arus searah (*Direct Current*). Bentuk sel surya yang paling umum didasarkan pada efek fotovoltaik. Fotovoltaik merupakan satu-satunya teknologi dari radiasi matahari yang

langsung merubah energi matahari menjadi energi listrik.

## 2.2. Modul Fotovoltaik

### 2.2.1. Cara Kerja Modul Fotovoltaik

Cahaya dengan panjang gelombang tertentu dapat mengionisasi atom-atom dalam silikon. Ketika hal itu terjadi, medan listrik internal yang dihasilkan oleh *p-n junction* melepaskan sejumlah muatan positif (“hole”) dari muatan negatif (elektron) di dalam modul fotovoltaik. *Hole* ini kemudian tersapu ke lapisan tipe-p dan elektron tersapu ke lapisan tipe-n.

### 2.2.2. Koneksi Antar Modul Fotovoltaik

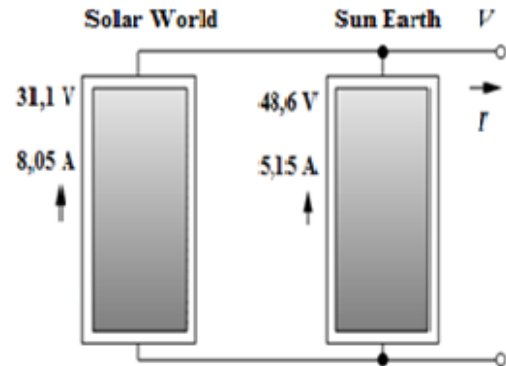
Sebuah modul fotovoltaik memiliki keterbatasan dalam menyuplai daya, sehingga dalam aplikasi, modul fotovoltaik jarang digunakan secara individual. Pada umumnya, sel-sel yang identik di-hubungkan secara seri dalam membuat sebuah modul agar tegangan yang dihasilkan sel surya lebih besar dengan tegangan total sebesar  $V_1 + V_2 + V_3$  namun arus yang dihasilkan tetap. Sedangkan bila dua modul surya dirangkai secara paralel, besarnya tegangan yang dihasilkan adalah tetap dengan arus total sebesar  $I_1 + I_2 + I_3$ .

## 3. Pengaruh Daya Keluaran Ketidak-harmonisan Modul Fotovoltaik Terhadap Temperatur Ruang dan Intensitas Cahaya Matahari

### 3.1 Pengaruh Ketidakharmonisan Dari Modul Fotovoltaik

Ketidakharmonisan atau perbedaan nilai parameter arus maupun tegangan pada modul fotovoltaik yang dihubungkan secara paralel. Bila dua modul fotovoltaik dirangkai secara paralel, maka kedua modul fotovoltaik yang tidak identik dapat menghasilkan daya yang lebih rendah. Pada penyusunan paralel yang nilai parameter daya sama tetapi nilai parameter arus dan tegangan berbeda, maka

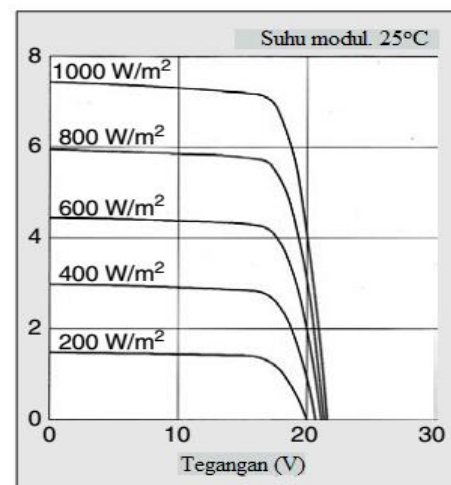
tegangan yang digunakan adalah tegangan terkecil dari kedua modul fotovoltaik dengan nilai arus penjumlahan dari kedua arus modul fotovoltaik.



**Gambar 3.1** Penyusunan paralel modul fotovoltaik Solar World dengan modul fotovoltaik Sun Earth.

### 3.2 Efek Perubahan Intensitas Cahaya Matahari

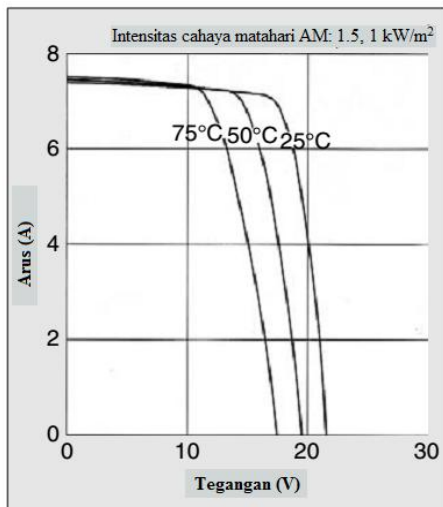
Apabila jumlah energi cahaya matahari yang diterima modul fotovoltaik berkurang intensitas cahayanya, maka besar tegangan dan arus listrik yang dihasilkan juga akan menurun. Penurunan tegangan relatif lebih kecil dibandingkan penurunan arus listriknya.



**Gambar 3.2** Kurva tegangan – arus modul fotovoltaik terhadap intensitas cahaya matahari.

### 3.3 Efek Perubahan Temperatur pada Modul Fotovoltaik

Modul fotovoltaik akan bekerja secara optimum pada suhu konstan yaitu 25°C. Jika temperatur disekitar modul fotovoltaik meningkat melebihi 25°C, maka akan mempengaruhi temperatur modul fotovoltaik. Selain itu, efisiensi modul fotovoltaik juga akan menurun beberapa persen. Sedangkan sebaliknya, arus yang dihasilkan akan meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur pada modul fotovoltaik.



**Gambar 3.3** Kurva tegangan – arus pada modul fotovoltaik terhadap perubahan temperatur.

### 3.4 Faktor Netto Akibat Perubahan Temperatur Modul Fotovoltaik

Temperatur modul fotovoltaik yang dinyatakan dalam °C dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$T_c = T_a + G_t \left( \frac{T_{c,NOCT} - T_{a,NOCT}}{G_{t,NOCT}} \right) \quad (1)$$

Dimana  $T_c$  adalah temperatur modul fotovoltaik (°C),  $G_t$  adalah intensitas cahaya matahari ( $W/m^2$ ),  $T_{c,NOCT}$  adalah temperatur nominal modul fotovoltaik (°C) pada modul Solar World sebesar 46 °C dan modul Sun Earth sebesar 45,5 °C,  $T_{a,NOCT}$  adalah temperatur ruang nominal modul fotovoltaik (20°C),  $G_{t,NOCT}$  adalah intensitas cahaya

matahari nominal modul fotovoltaik ( $800W/m^2$ ).

Faktor rugi-rugi akibat perubahan temperatur dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$f_{temp} = \alpha (T_c - T_{c,STC}) \quad (2)$$

maka

$$f_c = 1 - f_{temp} \quad (3)$$

dimana  $f_{temp}$  adalah faktor rugi-rugi akibat perubahan temperature,  $f_c$  adalah faktor netto akibat perubahan temperatur,  $\alpha$  adalah koefisien temperatur yang berdampak pada penurunan daya modul fotovoltaik ( $1/^\circ C$ ) pada modul Solar World sebesar 0,00002  $1/^\circ C$  dan modul Sun Earth sebesar 0,0045  $1/^\circ C$ ,  $T_c$  adalah temperatur modul fotovoltaik (°C),  $T_{c,STC}$  adalah temperatur modul fotovoltaik pada kondisi pengujian standar (25°C).

### 3.5 Daya Keluaran dan Persentase Penurunan Daya Keluaran Modul Fotovoltaik

Daya listrik yang dihasilkan oleh modul fotovoltaik dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$P_{PV} = P_{PV,STC} f_{PV} f_c \left( \frac{G_t}{G_{t,STC}} \right) \quad (4)$$

dimana :  $P_{PV}$  adalah daya maksimum yang dihasilkan modul fotovoltaik (W),  $P_{PV,STC}$  adalah kapasitas daya maksimum modul fotovoltaik pada kondisi pengujian standar (W) pada modul Solar World sebesar 250 W dan modul Sun Earth sebesar 160 W,  $f_{PV}$  adalah faktor penyusutan berdasarkan tingkat toleransi fabrikasi, pengawatan, dampak bayangan, debu, serta penuaan diasumsikan bernilai 0,8,  $G_{t,STC}$  adalah intensitas cahaya matahari pada kondisi pengujian standar ( $1.000 W/m^2$ ).

Untuk persentase penurunan daya nominal dihitung dengan menggunakan:

$$d = \frac{P_{PV,STC} - P_{PV}}{P_{PV,STC}} \cdot 100\% \quad (5)$$

dimana  $d$  adalah persentase penurunan daya nominal (%).

### 3.6 Energi dan Efisiensi Modul Fotovoltaik

Energi yang dihasilkan modul fotovoltaik dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$E_d = \sum_{i=1}^{12} P_{PV(i)} t_{d(i)} \quad (6)$$

$$E_m = \sum_{i=1}^{30} E_{d(i)} \quad (7)$$

dimana  $E_d$  adalah total energi yang dihasilkan dalam satu hari (Wh),  $E_{d(i)}$  adalah total energi yang dihasilkan per hari dalam satu bulan (Wh),  $E_m$  adalah total energi yang dihasilkan dalam satu bulan (Wh),  $P_{PV(i)}$  adalah daya keluaran modul fotovoltaik per jam dalam satu hari (W),  $t_{d(i)}$  adalah lamanya intensitas cahaya matahari per jam dalam satu hari (h) yang dapat diketahui dari intensitas cahaya matahari dikalikan dengan 1 h (jam) yang kemudian dibagi dengan matahari puncak sebesar 1000 W/m<sup>2</sup>.

Untuk mengitung efisiensi daya keluaran dari ketidakharmonisan modul fotovoltaik yang dihasilkan yaitu dengan persamaan:

$$\eta = \frac{E_d}{E_G \cdot A} \times 100 \quad (8)$$

dimana  $\eta$  adalah efisiensi ketidakharmonisan modul fotovoltaik selama satu hari (%),  $E_G$  adalah energi intensitas cahaya matahari selama satu hari (Wh/m<sup>2</sup>) yang didapat dari penjumlahan total dari energi intensitas cahaya matahari per jam selama satu hari,  $A$  adalah luas area modul fotovoltaik (m<sup>2</sup>) dengan modul fotovoltaik Solar World

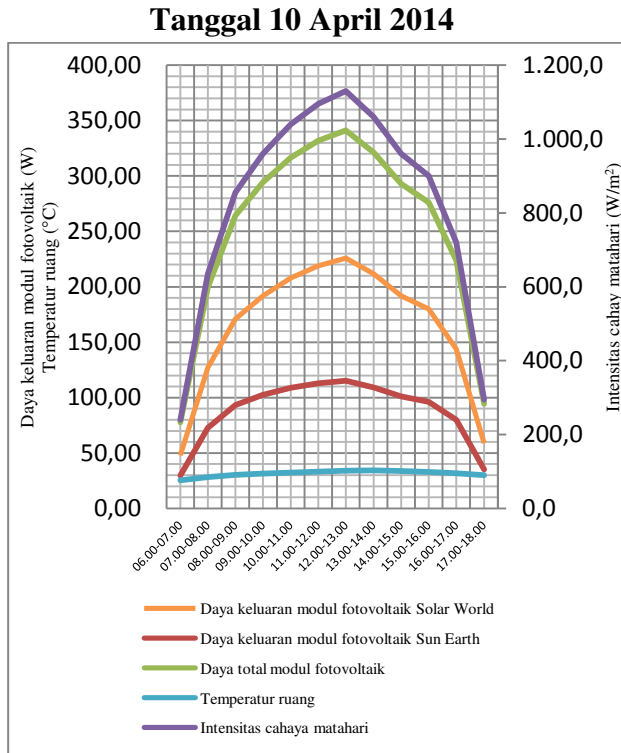
dengan modul fotovoltaik Sun Earth seluas 3,37642 m<sup>2</sup>.

### 4. Data, Perhitungan, dan Analisa

Setelah dilakukan pengukuran temperatur ruang dan intensitas cahaya matahari akan maka akan diketahui nilai dari daya keluaran, penurunan daya, energi, dan efisiensi dari ketidakharmonisan modul fotovoltaik Solar World dengan modul fotovoltaik Sun Earth.

Tanggal	Temperatur Ruang Rata-rata (°C)	Intensitas Cahaya Matahari (W/m <sup>2</sup> )	Daya keluaran (W)	Persentase penurunan daya (%)	Energi (Wh)	Efisiensi (%)
10/04/2014	31,5	9.890	3.033,46	38,34	2.790,88	8,36
11/04/2014	31,0	7.500	2.307,93	53,09	2.038,81	8,05
12/04/2014	29,2	4.430	1.379,63	71,96	1.027,31	6,87
13/04/2014	30,8	7.490	2.309,78	53,05	1.972,51	7,80
14/04/2014	31,4	8.000	2.473,87	49,72	1.958,98	7,25
15/04/2014	31,2	10.130	3.098,17	37,03	3.020,28	8,83
16/04/2014	31,1	6.530	2.039,97	58,54	1.300,45	5,90
17/04/2014	29,1	3.550	1.110,06	77,44	711,29	5,93
18/04/2014	30,5	8.560	2.642,68	46,29	2.260,19	7,82
19/04/2014	30,3	6.510	2.024,00	58,86	1.468,21	6,68
20/04/2014	30,4	6.180	1.914,78	61,08	1.486,36	7,12
21/04/2014	30,9	8.430	2.589,34	47,37	2.367,03	8,32
22/04/2014	26,1	1.800	571,62	88,38	266,42	4,38
23/04/2014	31,0	8.680	2.678,68	45,56	2.237,65	7,64
24/04/2014	31,6	7.780	2.398,21	51,26	1.995,91	7,60
25/04/2014	30,3	5.400	1.689,30	65,66	1.064,18	5,84
26/04/2014	30,5	6.810	2.102,29	57,27	1.739,46	7,57
27/04/2014	30,0	6.000	1.865,86	62,08	1.368,97	6,76
28/04/2014	27,5	670	217,34	95,58	17,94	0,79
29/04/2014	29,5	2.680	853,26	82,66	306,99	3,39
30/04/2014	29,4	3.120	982,97	80,02	517,24	4,91
01/05/2014	31,0	7.140	2.222,37	54,83	1.586,05	6,58
02/05/2014	30,1	4.050	1.262,53	74,34	814,01	5,95
03/05/2014	28,8	4.660	1.467,50	70,17	807,36	5,13
04/05/2014	31,0	7.130	2.213,08	55,02	1.661,68	6,90
05/05/2014	31,6	7.870	2.441,04	50,39	1.817,72	6,84
06/05/2014	31,8	7.930,0	2.446,57	50,27	1.968,86	7,35
07/05/2014	28,8	1.840,0	590,99	87,99	129,68	2,09
08/05/2014	26,4	760,0	247,11	94,98	23,25	0,91
09/05/2014	29,2	4.370,0	1.356,27	72,43	1.018,83	6,90

Hasil pengukuran dan perhitungan daya keluaran modul fotovoltaik dapat digambarkan karakteristik daya keluaran modul fotovoltaik pada gambar 4.1



**Gambar 4.1.** Grafik karakteristik kurva modul fotovoltaik Solar World dengan modul fotovoltaik Sun Earth.

Daya keluaran total selama satu bulan adalah sebesar 54.530,65 Watt dengan daya keluaran terbesar pada tanggal 15 April 2014 sebesar 3098,17 Watt dan daya keluaran terkecil pada tanggal 28 April 2014 sebesar 217,34 Watt.

Penurunan daya nominal rata-rata selama satu bulan adalah sebesar 63,60 %.

Energi total selama satu bulan adalah sebesar 41.744,49 Watt Hour dengan energi terbesar pada tanggal 15 April 2014 energi total selama satu hari sebesar 3020,28 Watt Hour dan energi terkecil pada tanggal 28 April 2014 energi total selama satu hari sebesar 17,94 Watt Hour.

Efisiensi rata-rata selama satu bulan adalah sebesar 7,03 %.

Nilai efisiensi data sheet modul fotovoltaik Solar World adalah sebesar 14,91 % tetapi

dari penelitian diperoleh nilai 11,00 % dan efisiensi data sheet modul fotovoltaik Sun Earth adalah sebesar 14,70 % tetapi dari penelitian diperoleh nilai 5,75 %, hal ini dikarenakan efisiensi dari data sheet dilakukan pengujian pada temperatur modul fotovoltaik sebesar 25°C sedangkan dari penelitian didapat nilai temperatur modul fotovoltaik lebih besar dari 25°C yang mana akan mengakibatkan nilai dari efisiensi modul fotovoltaik menurun.

### 5. Kesimpulan

1. Saat dua modul fotovoltaik yang memiliki perbedaan tegangan dan arus (tidak harmonis) dirangkai secara paralel, maka kedua modul fotovoltaik yang tidak harmonis akan terjadi penurunan daya pada kondisi pengujian standar. Hal ini dapat mengakibatkan kerugian dari segi daya keluaran maupun dari segi materi. Tegangan yang dihasilkan adalah tegangan terkecil dari kedua modul fotovoltaik dengan nilai arus yang dihasilkan adalah penjumlahan dari arus kedua modul fotovoltaik.
2. Dalam penelitian ini modul fotovoltaik Solar World 250 Watt diparalelkan dengan modul fotovoltaik Sun Earth 250 Watt hanya menghasilkan daya keluaran sebesar 410 Watt (bukan 500 Watt) pada kondisi pengujian standar yang terjadi penurunan daya sebesar 36% atau sebesar 90 Watt pada modul fotovoltaik Sun Earth.
3. Temperatur ruang dan intensitas cahaya matahari akan berpengaruh pada besar kecilnya daya keluaran modul fotovoltaik. Daya keluaran modul fotovoltaik akan semakin besar pada saat temperatur ruang menurun dan intensitas cahaya matahari meningkat.
4. Selain data temperatur dan intensitas cahaya matahari besar koefisien

temperatur yang berdampak pada penurunan daya modul fotovoltaik ( $\alpha$ ) juga berpengaruh pada daya keluaran modul fotovoltaik. Semakin kecil nilai koefisien temperatur maka semakin besar daya keluaran modul fotovoltaik yang dihasilkan.

### Referensi

- [1]. M, Gilbert. 2004. Renewable and Efficient Electric Power Systems. Canada: Stanford University.
- [2]. Khwee, Kho Hie. 2013. Pengaruh Temperatur Terhadap Daya Panel Surya. Pontianak: Universitas Tanjung Pura.
- [3]. Carr, Anna J. 2005. A Detailed Performance Comparison of PV Modules of Different Technologies And The Implication For PV System Design Methods.
- [4]. V. Jafari Fesharaki, Majid Dehghani, and J. Jafari Fesharaki. 2011. The Effect of Temperature on Photovoltaic Cell Efficiency.
- [5]. <http://www.secondsol.de/404/> di akses pada tanggal 26 April 2014 pukul 19.00 WIB.
- [6]. <http://www.solarworld-usa.com> di akses pada tanggal 2 Mei 2014 pukul 22.00 WIB
- [7]. Buday, Michael S. 2011. Measuring irradiance, temperature and angle of incidence effects on photovoltaic modules in Auburn Hills, Michigan.
- [8]. Quaschnig, Volker. 2005. Understanding Renewable Energy Systems.
- [9]. Kininger, Franz. 2003. Photovoltaic System Technology. Germany

### Biografi



Uray Redo Pebryan Pratama, lahir di Singkawang, Kalimantan Barat, Indonesia, pada tanggal 9 Februari 1992. Memperoleh gelar Sarjana dari Program Studi Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia, 2014.

Menyetujui,  
**Pembimbing Utama,**

**Yandri, ST., MT**  
**NIP. 19690329 199903 1 001**

**Pembimbing Pendamping,**

**Ir. Kho Hie Khwee, MT**  
**NIP. 19650526 199202 1 001**