



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PENINGKATAN EFISIENSI MODUL SURYA 50 WATT PEAK
DENGAN PENAMBAHAN SUDUT REFLEKTOR 50, 60, 70, DAN 80
DERAJAT**

TUGAS AKHIR

**HENDRI SETIAWAN
L2E 005 453**

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG
JUNI 2011**

TUGAS AKHIR

Diberikan Kepada : Nama : Hendri Setiawan
NIM : L2E 005 453

Dosen Pembimbing : Muchammad, ST, MT

Jangka Waktu : 12 (dua belas) bulan

Judul : PENINGKATAN EFISIENSI MODUL SURYA 50
WATT PEAK DENGAN PENAMBAHAN SUDUT
REFLEKTOR 50, 60, 70, DAN 80 DERAJAT

Isi Tugas : 1. Mengetahui besarnya iradiasi (E), arus hubung
singkat (I_{sc}), tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}),
dan suhu modul surya (T_{pv}).
2. Mengetahui besarnya faktor pengisian (FF), daya
keluaran (P_{out}), dan efisiensi modul surya (η).

Semarang, Juni 2011

Pembimbing




Muchammad, ST, MT

NIP. 197303051997021001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi/Tesis/Disertasi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : Hendri Setiawan
NIM : L2E 005 453
Tanda Tangan : 
Tanggal : Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Hendri Setiawan

NIM : L2E 005 453

Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : PENINGKATAN EFISIENSI MODUL SURYA 50 WATT
PEAK DENGAN PENAMBAHAN SUDUT REFLEKTOR
50, 60, 70, DAN 80 DERAJAT

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Muchammad, ST, MT

Penguji : Ir. Eflita Yohana, MT

Penguji : Ir. Sugiyanto, DEA

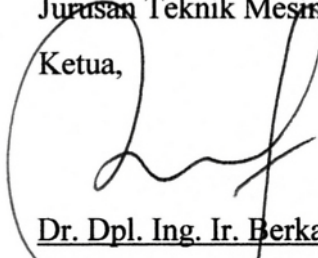
Penguji : Dr. Joga Dharma Setiawan, BSc, MSc

()
()
()
()

Semarang, Juni 2011

Jurusan Teknik Mesin

Ketua,



Dr. Dpl. Ing. Ir. Berkah Fadjar TK

NIP. 195907221987031003

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hendri Setiawan
NIM : L2E 005 453
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Departemen : Universitas Diponegoro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

PENINGKATAN EFISIENSI MODUL SURYA 50 WATT PEAK DENGAN
PENAMBAHAN SUDUT REFLEKTOR 50, 60, 70, DAN 80 DERAJAT

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal: Juni 2011

Yang menyatakan



(Hendri Setiawan)

NIM: L2E 005 453

ABSTRAK

Potensi energi cahaya matahari sebagai sumber energi terbarukan banyak tersedia di alam. Oleh karena itu, sejak diciptakan sebuah teknologi yang dapat mengkonversikan cahaya matahari menjadi energi listrik yang dinamakan sel surya, maka harapan pada pengembangan teknologi ini menjadi sangat besar. Tetapi pada kenyataannya, efisiensi dari sel surya yang ada saat ini masih rendah.

Pada penelitian ini, digunakan 2 buah cermin datar sebagai reflektor yang dipasang di sisi kanan dan kiri dari modul surya dengan tujuan agar memaksimalkan intensitas pancaran matahari, sehingga perolehan daya pada modul surya dapat meningkat dan efisiensinya diharapkan meningkat pula. Pengukuran modul surya dilakukan pada posisi horisontal terhadap permukaan bumi dengan mengatur sudut reflektor sebesar 50, 60, 70 dan 80 derajat.

Pada penelitian modul surya 50 WP ini, efisiensi sangat bergantung pada iradiasi, arus hubung singkat, dan tegangan rangkaian terbuka. Iradiasi yang digunakan pada penelitian ini hanya berkisar dari 350 W/m^2 sampai 950 W/m^2 . Besarnya efisiensi yang tertinggi terjadi pada iradiasi 950 W/m^2 adalah sebesar 12,59% yang terjadi pada sudut reflektor 60° .

Kata kunci: energi, reflektor, modul surya, efisiensi.

ABSTRACT

Sunlight potential energy as a renewable energy is widely available in nature. Therefore, since technology that can convert sunlight into electricity was found, the expectation of this technology development became greater. But in reality, the efficiency of the existing solar cell was still too low.

In this research, 2 flat mirrors that used as a reflector installed on the right and left side of the solar module to maximize emission intensity of the sun, such that the power acquisition on that solar module increase and so does the efficiency. Measurement of solar module was done at horizontal position to the earth surface and the reflector angle was varied 50, 60, 70, and 80 degrees.

In this 50 WP solar module's test, the efficiency highly depends on irradiation, short circuit current, and open circuit voltage. The irradiation used in this research is only from 350 W/m² till 950 W/m². The highest efficiency is 12,59%, which is reached at 950 W/m² of irradiation and 60⁰ of reflector angle.

Keywords: energy, reflector, solar module, efficiency.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya serta bantuan lahir dan batin, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul ”*PENINGKATAN EFISIENSI MODUL SURYA 50 WATT PEAK DENGAN PENAMBAHAN SUDUT REFLEKTOR 50, 60, 70, DAN 80 DERAJAT*”.

Adapun Laporan Tugas Akhir ini, penulis susun untuk melengkapi persyaratan mencapai gelar Sarjana Strata 1 (S1) Teknik Mesin pada Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.

Dalam menyusun dan menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini, dengan segala kerendahan hati, penulis menghaturkan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Muchammad, ST, MT., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir di Jurusan Teknik Mesin, Universitas Diponegoro yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
2. Bapak Subroto, Amd., selaku petugas laboratorium *Thermofluid*, atas peminjaman alat penunjang dalam pengambilan data.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, sekalipun penulis telah berusaha dengan segala kemampuan yang ada. Untuk menyempurnakannya, penulis dengan senang hati menerima segala kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Wassalam mu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, Juni 2011

Penulis

MOTTO

Be the Change that You Want to See in the World.

-Mohandas Gandhi

Watch your Thought, they become Words.

Watch your Words, they become Action.

Watch your Action, they become Character.

Watch your Character, it become Destiny.

-Out Flaw

Take time to THINK. It is the source of power.

Take time to READ. It is the foundation of wisdom.

Take time to QUIET. It is the opportunity to seek God.

Take time to DREAM. It is the future made of.

Take time to PRAY. It is the greatest power on earth.

-Anonymous

PERSEMBAHAN

SKRIPSI INI KUPERSEMBAHKAN UNTUK BAPAK DAN IBUKU,
SAUDARA-SAUDARAKU, DAN SOBAT SEMUA YANG SELALU
MENCURAHKAN KASIH SAYANGNYA, SEMANGAT UNTUK TERUS
MAJU DAN PANTANG MENYERAH, DUKUNGAN, KRITIKAN, DAN
BANTUAN DAN JUGA DOA YANG TAK HENTI-HENTINYA MENGALIR
DALAM SETIAP LANGKAHKU.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR	viii
MOTTO	ix
HALAMAN PERSEMBAHAN	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Metode Penelitian	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 Energi Matahari.....	5
2.2 Distribusi Radiasi Matahari.....	6
2.3 Radiasi Matahari pada Permukaan Bumi.....	6
2.4 Upaya untuk mendapatkan Radiasi lebih banyak	10

2.5	<i>Photovoltaic</i>	11
2.5.1	Sejarah <i>Photovoltaic</i>	12
2.5.2	Prinsip kerja Sel Surya.....	12
2.5.3	Perancangan dan Pendayagunaan Sel Surya Silikon <i>Crystalline</i>	16
2.5.4	Jenis Sel Surya	18
2.5.4.1	Silikon <i>Crystalline</i>	18
2.5.4.2	Teknologi Sel Film Tipis	20
2.5.5	Sifat-sifat Elektrik pada Sel Surya.....	22
2.5.5.1	Efek perubahan Pancaran Matahari/Iradiasi.....	22
2.5.5.2	Efek perubahan Temperatur pada Sel Surya	22
2.5.5.3	Parameter-parameter Sel dan Kurva Karakteristik I-V pada Sel Surya.....	23
2.5.6	Faktor pengoperasian Modul Surya.....	27
2.5.7	<i>PV Generator</i>	29
2.5.8	Daya dan Efisiensi pada Sel Surya.....	33
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		37
3.1	Diagram Alir Penelitian	37
3.2	Metode Pengumpulan Data.....	38
3.3	Data Teknis dan Peralatan Ukur yang dipakai.....	38
3.3.1	Alat penyangga	38
3.3.2	Reflektor.....	39
3.3.3	Modul PV	40
3.3.4	Multimeter.....	41
3.3.5	Termokopel dan <i>Interface</i>	44
3.3.6	<i>Solar power meter</i>	46
3.3.7	Busur Derajat	47
3.3.8	Kompas	48
3.3.9	Laptop	48

BAB V ANALISA DATA	49
4.1 Analisa Efisiensi terhadap Iradiasi.....	49
4.2 Analisa Efisiensi terhadap Arus hubung singkat (I_{sc})	54
4.3 Analisa Efisiensi terhadap Tegangan rangkaian terbuka (V_{oc})	58
4.4 Analisa Efisiensi terhadap Daya keluaran (P_{out})	62
BAB VI PENUTUP.....	67
5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	69

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	DATA HASIL PENGUJIAN DI LAPANGAN
LAMPIRAN B	DATA HASIL PENGOLAHAN
LAMPIRAN C	GAMBAR GRAFIK PENGOLAHAN DATA
LAMPIRAN D	TABEL PERBANDINGAN PENGOLAHAN DATA
LAMPIRAN E	SERTIFIKAT UJI MODUL SURYA 50 WP
LAMPIRAN F	SERTIFIKAT KALIBRASI <i>SOLAR POWER METER</i>

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Energy Cubes	5
Gambar 2.2	Distribusi Radiasi Matahari sampai ke Permukaan Bumi.....	7
Gambar 2.3	Spektrum Cahaya Matahari.....	8
Gambar 2.4	Pemantulan Cahaya pada Cermin Datar	10
Gambar 2.5	Arah Pemantulan Cahaya Matahari jika Posisi Matahari Tegak Lurus Bidang Modul Surya.....	11
Gambar 2.6	Struktur Kristal Silikon dan Konduktivitas Intrinsik	13
Gambar 2.7	Konduksi Ekstrinsik pada Silikon n-doped dan p-doped.....	14
Gambar 2.8	Pembentukan Daerah Muatan Ruang pada Sambungan p-n melalui Difusi Elektron dan Lubang	15
Gambar 2.9	Proses Pembangkitan Energi Listrik pada PV Module	16
Gambar 2.10	Perancangan dan Pendayagunaan Sel Surya Silikon <i>Crystalline</i> ..	17
Gambar 2.11	Sel Surya <i>Monocrystalline</i>	19
Gambar 2.12	Lapisan <i>Polycrystalline</i>	20
Gambar 2.13	Struktur Lapisan Sel <i>Amorphous</i>	21
Gambar 2.14	Pengaruh Iradiasi, E pada Karakteristik I-V dari Sel Surya	22
Gambar 2.15	Kemampuan Sel Surya pada beberapa variasi Temperatur dengan <i>Irradiance</i> 1000 W/m ²	23
Gambar 2.16	Kurva Karakteristik I-V untuk Sel Surya Silikon <i>Crystalline</i>	24
Gambar 2.17	Perbandingan Kurva karakteristik I-V dari Sel Surya <i>Crystalline</i> dan <i>Amorphous</i> pada Luas Permukaan Sel 5 cm x 5 cm dan Suhu 28 ⁰ C	25
Gambar 2.18	Tegangan Rangkaian Terbuka dan Arus Hubung Singkat tergantung pada Pancaran Matahari	26
Gambar 2.19	Efek Temperatur Modul pada Tegangan (V).....	27
Gambar 2.20	Depedensi Temperatur dari Karakteristik Elektrik Modul PV	28
Gambar 2.21	Kurva I-V dari Modul Surya untuk beberapa Iradiasi dan Temperatur konstan	28

Gambar 2.22	Extra luasan Modul PV dalam Posisi datar.....	29
Gambar 2.23	Diagram hubungan Sel Surya, Modul, Panel, dan <i>Array</i>	30
Gambar 2.24	Kurva I-V untuk 3 Sel Surya yang dihubungkan secara Seri.....	30
Gambar 2.25	Kurva I-V untuk Modul <i>Monocrystalline</i> 50 W	31
Gambar 2.26	Kurva I-V dari 3 Sel Surya yang dihubungkan secara Paralel.....	32
Gambar 2.27	Diagram Rangkaian Sel Surya dalam Modul	33
Gambar 2.28	Diagram Rangkaian Modul PV dalam <i>Array</i>	33
Gambar 2.29	Faktor Pengisian dari Sel Surya	35
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	37
Gambar 3.2	Alat Penyangga tanpa Reflektor.....	38
Gambar 3.3	Alat Penyangga Reflektor	39
Gambar 3.4	Cermin datar.....	40
Gambar 3.5	Modul Surya dengan Reflektor	40
Gambar 3.6	Modul PV model: ST-50-5M.....	41
Gambar 3.7	Pembacaan nilai V_{oc} pada Multimeter.	42
Gambar 3.8	Pembacaan nilai I_{sc} pada Multimeter.	43
Gambar 3.9	<i>Interface</i> dan <i>Thermocouple</i>	45
Gambar 3.10	<i>Solar Power Meter</i>	46
Gambar 3.11	Busur Derajat	47
Gambar 3.12	Kompas.	48
Gambar 3.13	Laptop.	48
Gambar 4.1	Grafik Efisiensi terhadap Iradiasi pada sudut Reflektor 0^0	50
Gambar 4.2	Grafik Efisiensi terhadap Iradiasi pada sudut reflektor 50^0	50
Gambar 4.3	Grafik Efisiensi terhadap Iradiasi pada sudut reflektor 60^0	51
Gambar 4.4	Grafik Efisiensi terhadap Iradiasi pada sudut reflektor 70^0	52
Gambar 4.5	Grafik Efisiensi terhadap Iradiasi pada sudut reflektor 80^0	52
Gambar 4.6	Grafik Efisiensi terhadap Iradiasi pada berbagai sudut reflektor..	53
Gambar 4.7	Grafik Efisiensi terhadap I_{sc} pada sudut 0^0	55
Gambar 4.8	Grafik Efisiensi terhadap I_{sc} pada sudut reflektor 50^0	55
Gambar 4.9	Grafik Efisiensi terhadap I_{sc} pada sudut reflektor 60^0	56
Gambar 4.10	Grafik Efisiensi terhadap I_{sc} pada sudut reflektor 70^0	56

Gambar 4.11	Grafik Efisiensi terhadap I_{sc} pada sudut reflektor 80^0	57
Gambar 4.12	Grafik Efisiensi terhadap I_{sc} pada berbagai sudut reflektor.	58
Gambar 4.13	Grafik Efisiensi terhadap V_{oc} pada sudut 0^0	59
Gambar 4.14	Grafik Efisiensi terhadap V_{oc} pada sudut reflektor 50^0	59
Gambar 4.15	Grafik Efisiensi terhadap V_{oc} pada sudut reflektor 60^0	60
Gambar 4.16	Grafik Efisiensi terhadap V_{oc} pada sudut reflektor 70^0	60
Gambar 4.17	Grafik Efisiensi terhadap V_{oc} pada sudut reflektor 80^0	61
Gambar 4.18	Grafik Efisiensi terhadap V_{oc} pada berbagai sudut reflektor.	62
Gambar 4.19	Grafik Efisiensi terhadap P_{out} pada sudut 0^0	63
Gambar 4.20	Grafik Efisiensi terhadap P_{out} pada sudut reflektor 50^0	64
Gambar 4.21	Grafik Efisiensi terhadap P_{out} pada sudut reflektor 60^0	64
Gambar 4.22	Grafik Efisiensi terhadap P_{out} pada sudut reflektor 70^0	65
Gambar 4.23	Grafik Efisiensi terhadap P_{out} pada sudut reflektor 80^0	65
Gambar 4.24	Grafik Efisiensi terhadap P_{out} pada berbagai sudut reflektor.	66
Gambar C.1	Grafik Arus hubung singkat (I_{sc}) terhadap Iradiasi (E)	83
Gambar C.2	Grafik Tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}) terhadap Iradiasi (E)...	83
Gambar C.3	Grafik Suhu modul surya (T_{pv}) terhadap Iradiasi (E)	84
Gambar C.4	Grafik Faktor Pengisian (FF) terhadap Iradiasi (E)	84
Gambar C.5	Grafik Daya keluaran (P_{out}) terhadap Iradiasi (E)	85
Gambar C.6	Grafik Arus hubung singkat (I_{sc}) terhadap Tegangan rangkaian terbuka (V_{oc})	85
Gambar C.7	Grafik Tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}) terhadap Suhu modul surya (T_{pv})	86
Gambar C.8	Grafik Daya keluaran (P_{out}) terhadap Arus hubung singkat (I_{sc}) ..	86
Gambar C.9	Grafik Daya keluaran (P_{out}) terhadap Tegangan rangkaian terbuka (V_{oc})	87

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Pengaruh Pengurangan pada Ketinggian Matahari	9
Tabel 2.2	Perbandingan Efisiensi Material Bahan Pembuat Sel Surya.....	21
Tabel 3.1	Data Spesifikasi Teknis Modul PV ST-50-5M	41
Tabel 3.2	Data Spesifikasi Teknis Multimeter	43
Tabel 3.3	Data Spesifikasi Teknis Multimeter (lanjutan)	44
Tabel 3.4	Data Spesifikasi Teknis <i>Interface</i>	46
Tabel 3.5	Data Spesifikasi Teknis <i>Solar power meter</i>	47
Tabel 4.1	Perbandingan antara Efisiensi dan Iradiasi pada setiap Sudut Reflektor	54
Tabel A.1	Data Pengukuran Modul PV dengan Sudut Reflektor 0 ⁰ (tanpa Reflektor)	71
Tabel A.2	Data Pengukuran Modul PV dengan Sudut Reflektor 50 ⁰	72
Tabel A.3	Data Pengukuran Modul PV dengan Sudut Reflektor 60 ⁰	73
Tabel A.4	Data Pengukuran Modul PV dengan Sudut Reflektor 70 ⁰	74
Tabel A.5	Data Pengukuran Modul PV dengan Sudut Reflektor 80 ⁰	75
Tabel B.1	Data Pengolahan Modul PV dengan Sudut Reflektor 0 ⁰ (tanpa Reflektor)	77
Tabel B.2	Data Pengolahan Modul PV dengan Sudut Reflektor 50 ⁰	78
Tabel B.3	Data Pengolahan Modul PV dengan Sudut Reflektor 60 ⁰	79
Tabel B.4	Data Pengolahan Modul PV dengan Sudut Reflektor 70 ⁰	80
Tabel B.5	Data Pengolahan Modul PV dengan Sudut Reflektor 80 ⁰	81
Tabel D.1	Perbandingan Pengukuran Arus hubung singkat (I_{sc}) dengan Iradiasi (E) pada berbagai Sudut Reflektor	89
Tabel D.2	Perbandingan Pengukuran Tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}) dengan Iradiasi (E) pada berbagai Sudut Reflektor	89
Tabel D.3	Perbandingan Pengukuran Faktor Pengisian (FF) dengan Iradiasi (E) pada berbagai Sudut Reflektor	90
Tabel D.4	Perbandingan Pengukuran Suhu modul PV (T_{pv}) dengan Iradiasi (E)	

	pada berbagai Sudut Reflektor	90
Tabel D.5	Perbandingan Pengukuran Daya keluaran (P_{out}) dengan Iradiasi (E) pada berbagai Sudut Reflektor	91

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

<i>A</i>	Luas area permukaan Modul PV	m^2
<i>AM</i>	Masaa udara	—
<i>E₀</i>	Konstanta Matahari	$\frac{W}{m^2}$
<i>E</i>	Iradiasi	$\frac{W}{m^2}$
<i>FF</i>	Faktor pengisian	—
<i>I_{SC}</i>	Arus hubung singkat	<i>A</i>
<i>MPP</i>	Titik daya maksimum	<i>W</i>
<i>NOCT</i>	Temperatur Sel bekerja normal	°C
<i>P_{in}</i>	Daya input akibat iradiasi	<i>W</i>
<i>P_{out}</i>	Daya yang dibangkitkan oleh Sel Surya atau Modul Surya	<i>W</i>
<i>s</i>	Faktor Radiasi	—
<i>T</i>	Temperatur	°C
<i>T_{PV}</i>	Temperatur <i>Photovoltaic</i>	°C
<i>WP</i>	Puncak daya	<i>W</i>
<i>V_{oc}</i>	Tegangan rangkaian terbuka	<i>V</i>
<i>η</i>	Efisiensi	%
<i>η_n</i>	Efisiensi nominal pada Sel Surya dan Modul Surya	%

$\Delta\eta$	Perubahan efisiensi	%
γ_s	Ketinggian matahari	°