



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN
MODUL SURYA 50 WATT PEAK DENGAN POSISI MENGIKUTI
PERGERAKAN ARAH MATAHARI**

TUGAS AKHIR

DARMANTO

L2E 604 203

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
SEMARANG
AGUSTUS 2011**

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada : Nama : DARMANTO
: NIM : L2E 604 203

Dosen Pembimbing : Muchammad, ST, M T

Jangka Waktu : 6 (Enam) Bulan

Judul : UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH SUDUT
KEMIRINGAN MODUL SURYA 50 WATT
PEAK DENGAN POSISI MENGIKUTI
PERGERAKAN ARAH MATAHARI

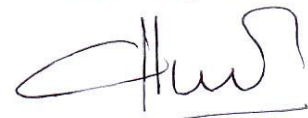
Isi Tugas :

1. Mengetahui nilai hubungan iradiasi, tegangan rangkaian terbuka, arus hubungan singkat terhadap jam pada saat posisi horisontal dan saat sudut kemiringan modul surya (*photovoltaic*) dengan posisi mengikuti pergerakan arah matahari.
2. Mendapatkan nilai daya keluaran modul surya (*photovoltaic*) pada posisi horisontal dan sudut kemiringan *photovoltaic* dengan posisi mengikuti arah matahari.
3. Membandingkan modul surya (*photovoltaic*) posisi horisontal (tetap) dengan posisi sudut kemiringan modul surya (*photovoltaic*) mengikuti pergerakan arah matahari.

Semarang, Agustus 2011

Menyetujui,

Pembimbing Tugas Akhir



Muchammad, ST, MT


NIP. 1197303051997021001

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 : DARMANTO

NIM : L2E 604 203

Tanda Tangan : 

Tanggal : Agustus 2011


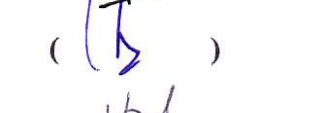


LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
NAMA : DARMANTO
NIM : L2E 604 203
Jurusan : Teknik Mesin
Judul Skripsi : UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH SUDUT
KEMIRINGAN 50 WATT PEAK DENGAN POSISI
MENGIKUTI PERGERAKAN ARAH MATAHARI

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

TIM PENGUJI

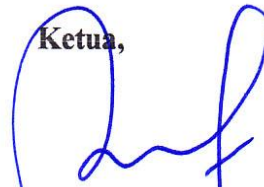
Pembimbing I : Muchammad, ST, MT
Pembimbing II : Ir. Eflita Yohana, MT, PhD
Penguji I : Ir. Bambang Yuniarto, MT
Penguji II : Khoiri Rozi, ST, MT


()

()

()

()

Semarang, Agustus 2011

Jurusan Teknik Mesin

Ketua,



Dr. Ir. Dipl.-Ing. Berkah Fajar T.K
NIP.195907221987031003

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Darmanto
NIM : L2E 604 203
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
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 :

UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN 50 WATT PEAK
DENGAN POSISI MENGIKUTI PERGERAKAN ARAH MATAHARI

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/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : Agustus 2011

Yang menyatakan,



(Darmanto)

NIM: L2E 604 203

ABSTRAK

Pemanfaatan energi matahari dalam pembangkitan energi listrik telah banyak dilakukan dengan menggunakan panel sel surya namun Panel sel surya yang terpasang selama ini masih bersifat statis (tidak mengikuti pergerakan matahari) maka dengan kondisi ini panel surya tidak dapat menangkap secara maksimal pancaran sinar matahari sepanjang hari dan Akibatnya energi listrik yang dibangkitkan tidak maksimal.

Untuk mengatasi keterbatasan pada panel sel surya yang statis, maka pada penelitian tugas akhir ini akan dirancang panel sel surya yang dapat mengikuti pergerakan matahari menggunakan perhitungan lintang, sudut deklinasi, sudut jam matahari dan sudut kemiringan dengan mengubah posisi letak modul surya (*photovoltaic*) mengikuti pergerakan matahari sesuai perhitungan parameter tersebut saat pengujian sehingga diharapkan iradiasi (W/m^2) sebagai inputnya (masukan) akan menghasilkan outputnya (keluaran) berupa arus hubungan singkat (I_{sc}), tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}) dan daya keluaran (P_{out}). Kemudian membandingkan berapa besar nilai iradiasi (W/m^2), arus hubungan singkat (I_{sc}), tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}), daya keluaran (P_{out}) pada modul surya (*photovoltaic*) saat posisi mengikuti arah pergerakan matahari dengan modul surya (*phovoltaic*) saat posisi horisontal.

Hasil pengujian modul surya (*photovoltaic*) terlihat bahwa hasil daya keluaran rata-rata mencapai 39.2 Watt, dengan iradiasi $949.8 W/m^2$ dan arus yang didapatkan sebesar 2.6 A (ampere) hal ini dikarenakan modul surya saat mengikuti arah pergerakan matahari akan selalu memosisikan modul surya untuk tetap menghadap matahari sehingga tetap akan dapat menangkap pancaran matahari secara maksimal.

Kata Kunci :Sudut deklinasi, sudut jam matahari, sudut *azimuth* matahari, *photovoltaic*, sudut *slope*.

ABSTRACT

Utilization of solar energy in electric energy generation have been carried out by using solar cell panels, but solar cell panels are installed for this is still to be static (does not follow the movement of the sun) then this condition can not capture the solar panels to maximum sunlight throughout the day and the result electrical energy generated is maximal.

To overcome the limitations of the solar cell panel is static, then at the end of this research task will be designed solar cell panels that can follow the movement of the sun using the calculation of latitude, declination angle, and slope angle of the sun clock by changing the position of the location of solar modules (photovoltaic) follow the movement of the sun according to the calculation of these parameters during testing so hopefully irradiation (W/m^2) as input (input) will produce the output (output) in the form of short circuit current (I_{sc}), open circuit voltage (V_{oc}) and output power (P_{out}). Then compare how much the value of irradiation (W/m^2), short circuit current (I_{sc}), open circuit voltage (V_{oc}), power output (P_{out}) of solar modules (photovoltaic) when the position following the direction of movement of the sun with a solar module (phovoltaic) when horizontal position.

The test results of solar modules (photovoltaic) solar modules in the visible that get results now follow the direction of the sun's solar module power output results for an average of 39.2 watts, with 949.8 W/m^2 irradiation and obtained current of 2.6 A (ampere) this is because the photovoltaic while following the direction of movement of the sun will always position the photovoltaic to keep facing the sun so it will still be able to capture the radiance of the sun to the fullest.

Keyword : Angel declination, hour angel of the sun, solar azimuth angel, photovoltaic, solar module tilt.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Swt karena berkat rahmat dan karunia-Nya semata penulis akhirnya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul "Uji Eksperimental Pengaruh Sudut Kemiringan Modul Surya 50 Watt Peak Mengikuti Pergerakan Arah Matahari". Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu mata syarat untuk memperoleh gelar sarjana (Strata 1) di jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro

Keberhasilan penulis dalam menyusun Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan dan dukungan dari pihak-pihak yang terkait, untuk itu perkenankanlah penulis untuk berterima kasih kepada:

1. Bapak Muchammaad ST, MT selaku Pembimbing I Tugas Akhir
2. Bu Ir. Eflita Yohana, MT selaku pembimbing II Tugas Akhir
3. Kepada Semua pihak yang turut membantu yang tidak mungkin penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, sehingga segala kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan dari penyusunan laporan ini sangat Penulis harapkan. Semoga laporan ini bermanfaat bagi siapa saja yang memerlukan. Akhir kata penulis mohon maaf apabila ada kata yang salah dan tidak pada tempatnya.

Semarang, Agustus 2011

Penulis

MOTTO

Man jada wa jada

(Siapa yang berusaha sungguh-sungguh niscaya menuai hasilnya)

PERSEMBAHAN

Dengan segenap kemampuan yang kumiliki, kupersembahkan laporan Tugas Akhir ini sebagai bentuk tanggung jawab dan rasa baktiku untuk bapak dan ibu tercinta yang selalu mengiringi langkahku dengan do'a yang tak pernah putus dan kasih sayang yang tiada henti

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN TUGAS SARJANA	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACK	vii
KATA PENGANTAR	viii
MOTTO	ix
HALAMAN PERSEMBAHAN	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xviii
NOMENKLATUR	xix
BAB I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Tugas Sarjana	2
1.5 Manfaat Penulisan	3
1.6 Metode Penulisan	3
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB II Dasar Teori	6
2.1 Radiasi Matahari	6
2.2 Distribusi Radiasi Matahari	8
2.3 Radiasi Matahari Pada Permukaan Bumi	8
2.4 Bumi	11

2.4.1	Pengaruh Revolusi Bumi	12
2.4.2	Pengaruh Rotasi Bumi	13
2.4.3	Pengaruh Posisi Modul Surya (<i>Photovoltaic</i>) Terhadap Arah Matahari	14
2.4.4	Pengaruh Pola Lintasan Matahari Terhadap Intensitas Radiasi	17
2.5	<i>Photovoltaic</i>	17
2.5.1	Prinsip Kerja Modul Surya (<i>Photovoltaic</i>)	20
2.5.2	Perancangan dan Pendayagunaan Sel Surya Silikon <i>Crystalline</i>	24
2.5.3	Jenis <i>Solar Cell</i>	26
2.5.3.1	Silikon <i>Crystalline</i>	26
2.5.3.2	Teknologi Sel Film Tipis	28
2.5.4	Sifat-Sifat Elektrik Pada <i>Photovoltaic</i>	30
2.5.4.1	Efek Perubahan Pancaran Iradiasi Matahari	30
2.5.4.2	Efek Perubahan Temperatur Pada <i>Photovoltaic</i>	31
2.5.4.3	Parameter Sel dan Kurva Karakteristik I-V <i>Photovoltaic</i>	32
2.5.5	Faktor Pengoperasian Modul Surya (<i>Photovoltaic</i>)	35
2.5.6	Karakteristik <i>Photovoltaic</i>	38
2.5.6.1	Tegangan Rangkaian Terbuka (V_{oc})	38
2.5.6.2	Arus Hubungan Singkat (I_{sc})	39
2.6	Efek Perubahan Intensitas Cahaya Matahari	39
2.7	Efek Perubahan Temperatur <i>Photovoltaic</i>	40
2.8	Karakteristik Tegangan-Arus <i>Photovoltaic</i>	41
2.9	Daya pada Modul Surya	42
2.10	<i>Fill Factor</i>	43
BAB III METODELOGI PENELITIAN		45
3.1	Diagram Alir Penelitian	45
3.2	Metode Pengumpulan Data	48
3.3	Data Teknik Peralatan Modul Surya dan Alat Ukur yang di Pakai	48
3.3.1	Alat Penyangga Modul Surya	48
3.3.2	Busur Derajat	50
3.3.3	<i>Photovoltaic Module</i> (PV)	51
3.3.4	Multimeter	52

3.3.5	<i>Solar Power Meter</i>	54
3.3.6	Kompas	55
BAB IV ANALISA		56
4.1	Perhitungan Letak Geografis Sebelum Melakukan Pengujian Modul Surya	56
4.1.1	Menentukan <i>Latitude</i> atau Garis Lintang	56
4.1.2	Menentukan Deklinasi (δ)	56
4.1.3	Menentukan Sudut Jam (ω)	56
4.1.4	Menentukan Sudut Permukaan <i>Azimuth</i> (γ_s)	57
4.1.5	Menentukan Sudut Datang Radiasi Langsung Vertikal Terhadap Modul Surya	57
4.1.6	Menentukan Sudut <i>Zenith</i>	57
4.1.7	Menentukan Sudut Kemiringan (β) Modul Surya	57
4.2	Hasil Pengujian Modul Surya	58
4.2.1	Hasil Grafik Pengujian Modul Surya Posisi Horisontal Tanggal 1	58
4.2.2	Hasil Grafik Pengujian Modul Surya Mengikuti Arah Matahari Tanggal 1 Juni 2011	63
4.2.3	Hasil Grafik Perbandingan Antara Pengujian Modul Surya Posisi Mengikuti Arah Matahari dengan Pengujian Modul Surya Posisi Horisontal Tanggal 1 Juni 2011	69
4.3	Perhitungan Daya Pada Modul Surya (<i>Photovoltaic</i>)	72
4.3.1	Perhitungan Daya Masukan (P_{in})	72
4.3.2	Perhitungan Daya Keluaran (P_{out})	72
4.4	Perhitungan Faktor Pengisi atau <i>Fill Factor</i> (FF)	72
4.5	Perhitungan Efisiensi Panel Surya (%)	73
4.6	Perbandingan Grafik Daya Masukan dan Daya Keluaran Pada Saat Posisi Horisontal dan Saat Posisi Mengikuti Arah Matahari	73
BAB V PENUTUP		76
5.1	Kesimpulan	76
5.2	Saran	76
DAFTAR PUSTAKA		77
LAMPIRAN		

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A Data Hasil Pengujian Modul Surya (*Photovoltaic*) Mengikuti Pergerakan Arah Matahari Tanggal 1 juni 2011
- Lampiran B Data Hasil Pengujian Modul Surya (*Photovoltaic*) Posisi Horisontal Tanggal 1 juni 2011
- Lampiran C Data Hasil Pengujian Modul Surya (*Photovoltaic*) Mengikuti Pergerakan Arah Matahari Tanggal 2 juni 2011
- Lampiran D Data Hasil Pengujian Modul Surya (*Photovoltaic*) Posisi Horisontal Tanggal 2 juni 2011
- Lampiran E Grafik Hasil Pengujian Modul Surya Mengikuti Pergerakan Arah Matahari Tanggal 2 Juni 2011
- Lampiran F Grafik Hasil Pengujian Modul Surya Posisi Horisontal Tanggal 2 Juni 2011
- Lampiran G Grafik Perbandingan Modul Surya Mengikuti Arah Matahari Dengan Modul Surya Posisi Horisontal Tanggal 2 juni 2011
- Lampiran H Data Spesifikasi Multimeter
- Lampiran I Sertifikasi Kalibrasi *Solar Power Meter*
- Lampiran J Sertifikasi Modul Surya (*Photovoltaic*) Type SM-50-5M

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Hubungan Antara Matahari dan Bumi	6
Gambar 2.2	<i>Energy Cubus</i>	6
Gambar 2.3	Distribusi Radiasi Matahari Sampai ke Permukaan Bumi	9
Gambar 2.4	Spektra Cahaya Matahari	10
Gambar 2.5	Pergerakan Bumi Mengelilingi Mtahari	12
Gambar 2.6	Beberapa Sudut Penting Energi Surya	16
Gambar 2.7	Contoh <i>Cell Photovoltaic</i>	19
Gambar 2.8	Diagram dari Sebuah Potongan Sel Surya	20
Gambar 2.9	Struktur Kristal Silikon dan Konduktivitas Intrinsik	21
Gambar 2.10	Konduktivitas Ekstrinsik Pada Silikon	22
Gambar 2.11	Pembentukan Daerah Ruang Pada Sambungan P-n	23
Gambar 2.12	Proses Pembangkit Energi Listrik Pada Sebuah <i>Photovoltaic</i>	24
Gambar 2.13	Desain dan Prinsip Kerja <i>Cell Photovoltaic</i>	25
Gambar 2.14	Sel Surya <i>Monocrystalline</i>	27
Gambar 2.15	(a) Lapisan <i>Polycrystalline</i> Tanpa Pelapisan AR (b) Lapisan <i>Polycrystalline</i> Dengan Pelapisan AR	28
Gambar 2.16	Struktur Lapisan <i>Amorphous</i>	29
Gambar 2.17	Pengaruh Iradiasi Pada Karakteristik I-V dari Sel Surya	30
Gambar 2.18	Kemampuan <i>Photovoltaic</i> Pada Variasi Temperatur denga Iradiasi 100 Watt/m^2	31
Gambar 2.19	Kurva Karakteristik I-V Sel Surya Silikon <i>Cristalline</i>	32
Gambar 2.20	Perbandingan Kurva Karakteristik I-V dari Sel Surya Cristalline dan Amorphous Pada Luas Permukaan Sell $5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$ dan Suhu 28^0 C	33
Gambar 2.21	Tegangan Rangkaian Terbuka dan Arus Hubungan Singkat Pada Pancaran Matahari	34
Gambar 2.22	Efek Temperatur Modul Surya Pada Tegangan	35
Gambar 2.23	Kurva I-V Modul Surya Untuk Iradiasi dan Temperatur	36

Gambar 2.24	Extra Luasan Modul Surya Posisi Datar	37
Gambar 2.25	Kurva I-V Modul Surya <i>Monocrystalline</i> 50 Wp	38
Gambar 2.26	Karakteristik Tegangan Arus dan Kurva Daya	39
Gambar 2.27	Kurva I-V Terhadap Tingkat Iradiasi dan Temperatur yang Tetap	40
Gambar 2.28	Kemampuan Sel Surya Pada Variasi Temperatur	41
Gambar 2.29	Karakteristik Tegangan Arus Pada Silikon Modul Surya	42
Gambar 2.30	Faktor Pengisi dari Modul Surya (<i>Photovoltaic</i>)	44
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	45
Gambar 3.2	<i>Photovoltaic</i> atau Modul Surya yang Sudah Terpasang	49
Gambar 3.3	Alat Penyangga <i>Photovoltaic</i>	49
Gambar 3.4	Pemasangan Busur Derajat Pada Alat Penyangga <i>Photovoltaic</i>	50
Gambar 3.5	<i>Photovoltaic</i> ST-50-SM	51
Gambar 3.6	Pembacaan Nilai Voc Pada Multimeter	52
Gambar 3.7	Pembacaan Nilai Isc Pada Multimeter	53
Gambar 3.8	<i>Solar Power Meter</i>	54
Gambar 3.9	Kompas	55
Gambar 4.1	Grafik Sudut Jam Arah Pergerakan Matahari Terhadap Waktu	58
Gambar 4.2	Grafik Arus Hubungan Singkat (I_{sc}) Terhadap Waktu	59
Gambar 4.3	Grafik Iradiasi (I_r) Terhadap Waktu	59
Gambar 4.4	Grafik Tegangan Rangkaian Terbuka (V_{oc}) Terhadap Waktu	60
Gambar 4.5	Grafik Daya Masukan (P_{in}) Terhadap Waktu	61
Gambar 4.6	Grafik Daya Keluaran (P_{out}) Terhadap Waktu	62
Gambar 4.7	Grafik Sudut Penyimpangan Arah Matahari Terhadap Waktu	63
Gambar 4.8	Grafik Sudut Kemiringan Modul Surya Terhadap Waktu	64
Gambar 4.9	Grafik Iradiasi Terhadap Waktu	64
Gambar 4.10	Grafik Arus Hubung Singkat Terhadap Waktu	65
Gambar 4.11	Grafik Tegangan Rangkain Terbuka Terhadap Waktu	66
Gambar 4.12	Grafik Daya Masukan Terhadap Waktu	67
Gambar 4.13	Grafik Daya Keluaran Terhadap Waktu	68
Gambar 4.14	Grafik Perbandingan Iradiasi Terhadap Waktu	69
Gambar 4.15	Grafik Perbandingan Arus Hubung Singkat Terhadap Waktu	70

Gambar 4.16	Grafik Perbandingan Tegangan Rangkaian Terbuka Terhadap Waktu	71
Gambar 4.17	Grafik Perbandingan Daya Masukan Terhadap Waktu	73
Gambar 4.18	Grafik Perbandingan Daya Keluaran Terhadap Waktu	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tanggal Pengujian Modul Surya Dalam Bulan Terhadap Matahari	16
Tabel 2.2	Perbandingan Efisiensi Material Bahan Pembuat Photovoltaic	29
Tabel 3.1	Data Spesifikasi Teknis PV Module St-50-5M	51

NOMENKLATUR

Lambang	Keterangan	Satuan
A	Luas Permukaan <i>Photovoltaic Module</i>	m^2
α_s	Sudut <i>altitude</i> / Sudut Ketinggian	0
β	<i>Slope</i> / Kemiringan panel surya terhadap <i>horizontal</i>	0
γ	Sudut Azimuth Permukaan <i>PV module</i>	0
γ_s	Sudut Azimuth Matahari	0
δ	Sudut Deklinasi	0
ω_s	Sudut Jam	0
θ	Sudut Datang Matahari (<i>angle of incidence</i>)	0
θ_z	Sudut <i>Zenith</i>	0
ϕ	Sudut lintang	0
FF	<i>Fill Factor</i> / Faktor Pengisian	
I _r	Intensitas Radiasi Matahari	Watt/m ²
I _{sc}	Arus Hubung Singkat	Ampere
η	Efisiensi	%
P _{in}	Daya Masukan	Watt
V _{oc}	Tegangan Rangkaian Terbuka	Volt
P _{out}	Daya Keluaran	Watt