

**“ANALISIS VARIASI SUDUT KEMIRINGAN SOLAR  
PANEL MONOCRYSTALLINE 50 WATT PEAK  
TERHADAP DAYA *OUTPUT* DAN EFISIENSI DI  
KOTA SINGARAJA”**

**SKRIPSI**

**Diajukan kepada  
Universitas Pendidikan Ganesha  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam Menyelesaikan  
Program Sarjana Pendidikan Fisika**

**Oleh  
Diah Novita Valentina  
NIM 2013021003**

**JURUSAN FISIKA DAN PENGAJARAN IPA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA  
SINGARAJA**

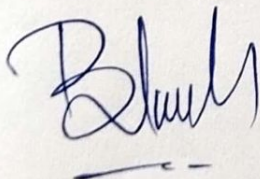
**2024**

# SKRIPSI

## DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI TUGAS DAN MEMENUHI SYARAT-SYARAT UNTUK MENCAPAI GELAR SARJANA PENDIDIKAN

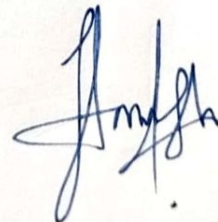
Menyetujui,

Pembimbing 1,



Dr. Luh Putu Budi Yasmini, M.Sc.  
NIP. 198402222009122008

Pembimbing 2,



Dr. Nurfa Risha, M.Sc  
NIP. 198703012020122015



Skripsi oleh Diah Novita Valentina

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

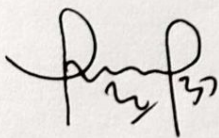
Pada tanggal 10 Juli 2024

Dewan Penguji,



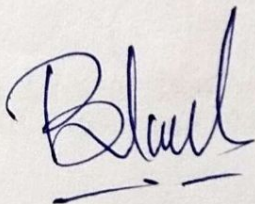
Dr. Putu Artawan, M.Si.  
NIP. 197912202006041001

(Ketua)



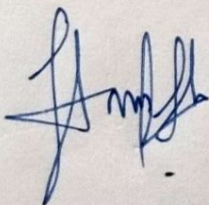
Dr. I Gede Aris Gunadi, M.Kom.  
NIP. 197703182008121004

(Anggota)



Dr. Luh Putu Budi Yasmini, M.Sc.  
NIP. 198402222009122008

(Anggota)



Dr. Nurfa Risha, M.Sc.  
NIP. 198703012020122015

(Anggota)



Diterima oleh Panitia Ujian Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Pendidikan Ganesha  
Guna memenuhi syarat-syarat untuk mencapai gelar sarjana pendidikan

Pada:

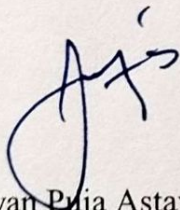
Hari : Rabu

Tanggal : 10 Juli 2024

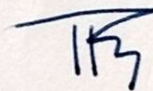
**Mengetahui,**

Ketua Ujian,

Sekretaris Ujian,



Dr. I Wayan Pujana Astawa, S.Pd., M.Stat., Sci.  
NIP. 19690116 199403 0 001



Prof. Dr. Ni Ketut Rapi, M.Pd.  
NIP. 19630830 198803 2 002

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. I Wayan Sukra Warpala, S.Pd., M.Sc.  
NIP. 19671013 199403 1 001



## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya tulis yang berjudul “**Analisis Variasi Sudut Kemiringan Solar Panel Monocrystalline 50 Watt Peak Terhadap Daya Output Dan Efisiensi di Kota Singaraja**” beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya sendiri dan tidak melakukan penjiplakan dan pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya bersedia menanggung risiko/sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran atas etika keilmuan dalam skripsi ini.

Singaraja, 19 Juli 2024  
Yang membuat pernyataan,



Diah Novita Valentina  
NIM. 2013021003

## PRAKATA

Shalom,

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus untuk kasih, berkat dan anugerah-Nya yang tiada habis sepanjang kehidupan, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Variasi Sudut Kemiringan *Solar Panel Monocrystalline 50 Watt Peak* Terhadap Daya *Output* Dan Efisiensi di Kota Singaraja” dengan baik dan tepat waktu.

Penulisan skripsi ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh sudut kemiringan *solar panel monocrystalline 50 Watt peak* terhadap daya *output* yang dihasilkan dan efisiensinya, serta sebagai memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana pendidikan dari Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Pendidikan Ganesha.

Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung hingga terselesainya skripsi ini. Maka dari itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ni Made Pujani, M.Si., selaku Ketua Jurusan Fisika dan Pengajaran IPA Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Ganesha atas bantuan informasi, motivasi, dan fasilitas yang diberikan.
2. Prof. Dr. Ni Ketut Rapi, M.Pd., selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Fisika, Jurusan Fisika dan Pengajaran IPA Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Ganesha atas bantuan informasi, motivasi, dan fasilitas yang diberikan.
3. Drs. Iwan Suswandi, M.Si., selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan, motivasi dan memfasilitasi serta membimbing selama



perkuliahan di Program Studi Pendidikan Fisika hingga terselesaikan dengan tepat waktu.

4. Dr. Luh Putu Budi Yasmini, S.Pd., M.Sc., selaku Pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan, masukan, motivasi, dan petunjuk kepada penulis selama penyusunan skripsi. Serta, fasilitas, sarana, dan prasarana dalam melakukan penelitian sehingga skripsi dapat terselesaikan dengan baik.
5. Dr. Nurfa Risha, S.Si., M.Sc., selaku Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan, masukan, motivasi, dan petunjuk kepada penulis selama penyusunan skripsi.
6. Dr. Putu Artawan, S.Pd., M.Si., selaku penguji I yang turut memberikan saran, arahan, petunjuk dan fasilitas dalam penyusunan skripsi sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
7. Dr. I Gede Aris Gunadi, S.Si., M.Kom., selaku penguji II yang turut memberikan saran, arahan, petunjuk, dan fasilitas serta motivasi untuk mendukung penyusunan skripsi hingga dapat terselesaikan dengan baik.
8. Orang tua penulis yaitu Bapak Eko Rahmat dan Ibu Sumarmi yang telah memberikan doa, cinta kasih, dukungan, motivasi moril dan materil selama menempuh pendidikan TK, SD, SMP, SMA dan Perkuliahan di Program Studi Pendidikan Fisika hingga terselesaikan dengan baik dan tepat waktu.
9. Keluarga Alm. Mbah Murtoyo & Mbah Waginten dan Bapak Bandi & Mak Kami yang telah memberikan inspirasi, motivasi, kasih dan dukungan dalam menempuh pendidikan baik TK, SD, SMP, SMA dan Perkuliahan di Program Studi Pendidikan Fisika.

10. Kos Hijau 22/24 yang selalu memberikan semangat dan turut bersukacita terselesaikan skripsi dengan tepat waktu.
11. Kak Intan Febi Sari Tobing, Adik Anisa cintya Iren Munthe, Samuel Teopilus Alexander Tarigan, Indah Olvy Siregar, yang turut memberikan semangat dan menemani, serta bantuan dalam penyusunan skripsi.
12. Galung Sindu Bagus Prayoga yang tiada hentinya memberikan semangat, motivasi, dan menemani dalam penyusunan skripsi hingga terselesaikan dengan baik.
13. Diri sendiri. Terima kasih sudah kuat dan bertahan hingga sejauh ini serta melanjutkan kehidupan. Skripsi bukan hanya tentang tulisan semata tetapi ujian hidup tentang cara bertahan dan menyelesaikan segala tantangan serta pergumulan yang terjadi.
14. Pihak lain yang tidak dapat disebut satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih kurang dari kata sempurna sehingga saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat. Akhirnya kata penulis ucapkan terima kasih. Shalom.

Singaraja, Juni 2024

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>PRAKATA</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	x
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	7
1.3 Batasan Masalah.....	7
1.4 Tujuan Penelitian.....	8
1.5 Manfaat Penelitian.....	8
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....	10
2.1 Struktur Pita Energi Pada Bahan .....	10
2.1.1 Pita Energi.....	12
2.2 Semikonduktor .....	15
2.2.1 Semikonduktor Intrinsik.....	16
2.2.2 Semikonduktor Ekstrinsik (Tipe P dan Tipe N).....	17
2.3 Sambungan P-N.....	5
2.4 Solar Panel.....	6
2.4.1 Struktur Fisik Modul Solar Panel.....	7
2.4.2 Jenis-jenis Solar Panel.....	8
2.5 Pengaruh Radiasi pada Solar Panel .....	10
2.6 Radiasi Matahari.....	11
2.7 Posisi Matahari .....	13
2.8 Daya dan Efisiensi <i>Solar Panel</i> .....	17
2.9 <i>Solar Charge Controller</i> .....	19
2.10 Baterai.....	21
2.11 Watt Meter.....	23
2.12 Multimeter .....	24

2.13	Tinjauan Pustaka .....	24
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>45</b>
3.1	Metode Penelitian.....	45
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian .....	46
3.3	Alat dan Bahan .....	47
3.4	Alur Penelitian.....	56
3.5	Metode Pengumpulan Data .....	60
3.6	Prosedur Penelitian.....	61
3.6.1	Tahapan Persiapan dan Perancangan .....	61
3.6.2	Tahapan Simulasi/Observasi dan Pengambilan Data.....	62
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>65</b>
4.1	Analisis Teoritis Hubungan Sudut Kemiringan Terhadap Daya Output	65
4.1.1	Waktu Matahari.....	67
4.1.2	Radiasi Pada Permukaan Miring.....	68
4.2	<i>Set Up</i> Alat dan Kalibrasi <i>Solar Panel</i> .....	76
4.2.1	<i>Set Up</i> Alat .....	76
4.2.2	Kalibrasi .....	79
4.3	Hubungan Daya, Waktu, dan Sudut Kemiringan di Kota Singaraja .....	84
4.4	Hubungan Efisiensi Terhadap Sudut Kemiringan <i>Solar Panel</i> .....	87
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>90</b>
5.1	Kesimpulan.....	90
5.2	Saran .....	91
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>93</b>



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Semikonduktor dan Penggunaannya.....	16
<b>Tabel 2. 2</b> Nomor Urut Hari Pertama Bulan.....	15
<b>Tabel 3. 1</b> Jadwal Kegiatan Penelitian .....	46
<b>Tabel 3. 2</b> Alat dan Bahan Penelitian .....	47
<b>Tabel 3. 3</b> Spesifikasi Solar Panel Monocrystalline 50 Wp .....	48
<b>Tabel 3. 4</b> Spesifikasi Watt Meter 150A .....	49
<b>Tabel 3. 5</b> Spesifikasi Light Meter LX-1330B.....	50
<b>Tabel 3. 6</b> Krisbow Multimeter Compact 600V W/NCV.....	51
<b>Tabel 3. 7</b> Spesifikasi Solar Charge Controller 20A.....	52
<b>Tabel 4. 1</b> Kalibrasi Solar Panel Pada Bidang Horizontal 0°.....	81



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b>	Lintasan-lintasan stabil dan daerah-daerah terlarang atom silikon.	11
<b>Gambar 2. 2</b>	Skema pemisahan tingkat energi padatan.....	12
<b>Gambar 2. 3</b>	Struktur pita energi bahan konduktor. ....	13
<b>Gambar 2. 4</b>	Struktur pita energi bahan isolator.....	13
<b>Gambar 2. 5</b>	Struktur Pita Energi Pada Bahan Semikonduktor.....	14
<b>Gambar 2. 6</b>	Skema Transfer Lubang Ketika Perpindahan Elektron. ....	15
<b>Gambar 2. 7</b>	Penggambaran Kristal Ge.....	17
<b>Gambar 2. 8</b>	Proses Pembentukan Semikonduktor Instrinsik (Ge).....	17
<b>Gambar 2. 9</b>	Skema Keadaan Semikonduktor Tipe N.....	3
<b>Gambar 2. 10</b>	Donor Antimon (Sb) dalam Kristal Germanium (Ge).....	3
<b>Gambar 2. 11</b>	Skema Keadaan Semikonduktor Tipe P. ....	4
<b>Gambar 2. 12</b>	Akseptor Antimon (Sb) dalam Kristal Germanium (Ge). ....	5
<b>Gambar 2. 13</b>	Keadaan Awal Semikonduktor tipe N dan tipe P. ....	5
<b>Gambar 2. 14</b>	Kurva Arus – Tegangan (I-V) Solar Panel. ....	6
<b>Gambar 2. 15</b>	Struktur Fisik Modul <i>Solar Panel</i> .....	7
<b>Gambar 2. 16</b>	Solar Panel Monocrystalline dan Polycrystalline.....	9
<b>Gambar 2. 17</b>	Perubahan Intensitas Cahaya Terhadap Arus dan Tegangan.....	10
<b>Gambar 2. 18</b>	Kemiringan Intensitas Radiasi Matahari. ....	12
<b>Gambar 2. 19</b>	Sudut-sudut Posisi Matahari Terhadap Suatu Bidang Miring.....	14
<b>Gambar 2. 20</b>	Solar Charge Controller.....	19
<b>Gambar 2. 21</b>	Baterai.....	21
<b>Gambar 2. 22</b>	Watt Meter.....	23
<b>Gambar 2. 23</b>	Multimeter. ....	24
<b>Gambar 2. 24</b>	Sudut Kemiringan Pada Lattitude $7,2^{\circ}$ Menghadap Utara.....	28
<b>Gambar 3. 1</b>	Solar Panel Monocrystalline 50 Wp.....	47
<b>Gambar 3. 2</b>	Watt Meter 150A.....	48
<b>Gambar 3. 3</b>	Light Meter LX-1330B.....	49
<b>Gambar 3. 4</b>	Multimeter. ....	50
<b>Gambar 3. 5</b>	Solar Charge Controller 20A.....	51
<b>Gambar 3. 6</b>	Baterai NP-12.....	52
<b>Gambar 3. 7</b>	Tatakan Panel.....	53
<b>Gambar 3. 8</b>	Kabel NYAF Merah dan Biru.....	53
<b>Gambar 3. 9</b>	MP4 Connector.....	54
<b>Gambar 3. 10</b>	Obeng.....	55
<b>Gambar 3. 11</b>	Handphone.....	55
<b>Gambar 3. 12</b>	Bagan Alur Penelitian.....	59
<b>Gambar 3. 13</b>	Desain Rancangan <i>Solar Panel</i> . ....	62
<b>Gambar 4. 1</b>	Variasi Radiasi Matahari Luar Bumi Sepanjang Tahun.....	66
<b>Gambar 4. 2</b>	Model Radiasi Difusi Matahari. ....	69
<b>Gambar 4. 3</b>	Letak Laboratorium Terpadu Universitas Pendidikan Ganesha, Kota Singaraja. ....	77
<b>Gambar 4. 4</b>	Solar Panel dengan Variasi Sudut Kemiringan.....	79



<b>Gambar 4. 5</b> Spesifikasi Solar Panel. ....	80
<b>Gambar 4. 6</b> Cara Pengambilan Data. ....	81
<b>Gambar 4. 7</b> Kurva Kalibrasi Pada Bidang Horisontal Sudut $0^\circ$ .....	83
<b>Gambar 4. 8</b> Hubungan Daya Output, Waktu, dan Sudut Kemiringan .....	84
<b>Gambar 4. 9</b> Efisiensi Terhadap Sudut Kemiringan.....	87



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Data Peneitian .....	99
<b>Lampiran 2.</b> Rata-rata Daya .....	116
<b>Lampiran 3.</b> Rata-rata Efisiensi Terhadap Sudut Kemiringan .....	118
<b>Lampiran 4.</b> Tahapan Menggunakan Origin Lab .....	119
<b>Lampiran 5.</b> Dokumentasi .....	122
<b>Lampiran 6.</b> Biodata .....	125





## DAFTAR SIMBOL



$\delta$	Sudut deklansi
$n$	Nomor urut hari dalam setahun
$\omega$	Sudut jam matahari
$ts$	Jam atau waktu setempat
$\theta_z$	Sudut zenith
$\delta$	Sudut deklinasi matahari
$\varphi$	Latitude suatu daerah
$\gamma_s$	Sudut azimuth matahari
$\delta$	Sudut deklinasi matahari
$\beta$	Sudut kemiringan ( $^\circ$ )
$\eta$	Efisiensi <i>solar panel</i>
$\rho$	Reflektivitas permukaan tanah
$\rho_i$	reflektivitas dari sumber tambahan ke $i$
$\omega$	Sudut jam matahari
$\omega'_s$	waktu matahari rata-rata
$\omega_{ss}$	Sudut jam matahari pada saat matahari terbenam untuk permukaan miring
$\omega_{sr}$	Sudut jam matahari pada saat matahari terbit untuk permukaan miring
$A$	Luas area permukaan <i>solar panel</i>
$A_c$	Luas permukaan kolektor <i>solar panel</i>
$A_g$	Luas permukaan tanah yang mempengaruhi radiasi reflektif
$A_{hz}$	Luas yang mempengaruhi radiasi difusi horizontal

$A_i$	Luas dari sumber tambahan ke $i$
$A_s$	Luas permukaan yang mempengaruhi radiasi difusi isotropik
$B$	Sudut perubahan tahunan dalam radiasi matahari mencapai bumi
$D$	Faktor koreksi bergantung pada sudut jam matahari
$E$	Equation of time (perbedaan waktu matahari sebenarnya dengan waktu matahari pada jam)
$F_{c-g}$	Faktor pandang permukaan $c$ dan $g$ (tanah)
$F_{hz-c}$	Faktor pandang permukaan horizontal dan $c$
$F_{i-c}$	Faktor pandang dari sumber tambahan ke $i$ dan $c$
$F_{s-c}$	Faktor pandang permukaan $s$ dan $c$
$\bar{H}$	Radiasi matahari total
$H_B$	Radiasi matahari langsung
$H_D$	Radiasi matahari difusi
$\bar{H}_b$	Radiasi matahari langsung pada permukaan rata-rata pada permukaan horizontal
$\bar{H}_d$	Radiasi difusi
$\bar{H}_\rho$	Radiasi yang dipantulkan dari tanah
$H_R$	Radiasi pantulan tanah
$H_T$	Radiasi matahari total pada permukaan
$\bar{H}_T$	Total radiasi matahari rata-rata yang diterima permukaan miring
$I_{eks}$	Radiasi ekstraterestrial
$I_{PV}$	Arus solar panel
$I_r$	Intensitas radiasi matahari
$I_i$	Radiasi dari sumber tambahan ke $i$

$I_{sc}$	Konstanta matahari ( $1367 \text{ W/m}^2$ )
$I_T$	Intensitas radiasi matahari total pada permukaan miring
$I_{T,b}$	Radiasi matahari langsung
$I_{T,d,cs}$	Radiasi sirkumsolar
$I_{T,d,hz}$	Radiasi horizontal
$I_{T,d,iso}$	Radiasi isotropik
$I_{T,refl}$	Radiasi reflektansi
$I\rho_g$	Radiasi reflektif dari permukaan tanah
$L_{loc}$	Garis bujur lokal
$L_{st}$	Garis bujur meridian standar
$n$	Nomor urut hari
$P_{in}$	Daya input pada <i>solar panel</i> akibat radiasi matahari
$P_{out}$	Daya output
$R_b$	Rasio radiasi matahari langsung pada permukaan miring terhadap radiasi pada permukaan horizontal
$\bar{R}_b$	Rasio radiasi matahari langsung rata-rata pada permukaan miring terhadap radiasi pada permukaan horizontal
$V_{PV}$	Tegangan <i>solar panel</i>