

**ANALISIS PENGARUH INTENSITAS SINAR
MATAHARI DAN TEMPERATUR PERMUKAAN
PANEL SURYA TERHADAP EFISIENSI PANEL SURYA
MONOCRYSTALLINE DAN *POLYCRYSTALLINE* DI
KOTA SINGARAJA**

**OLEH
PANDE PUTU WRESNEYA JAYA RASTA
NIM 2113021007**

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

2025

SKRIPSI

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

Menyetujui

Pembimbing I,



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

Pembimbing II,



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

Skripsi oleh Pande Putu Wresneya Jaya Rasta ini
Telah dipertahankan di depan dewan penguji
Pada tanggal 8 Juli 2025

Dewan Penguji,



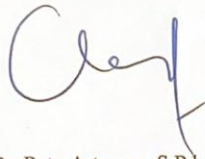
Prof. Dr. Rai Sujanem, M.Si.
196410311992031002

(Ketua)



Prof. Dr. Ni Ketut Rapi, M.Pd.
196308301988032002

(Anggota)



Dr. Putu Artawan, S.Pd., M.Si.
197912202006041001

(Anggota)



Dr. Luh Putu Budi Yasmini, S.Pd., M.Sc.
198402222009122008

(Anggota)

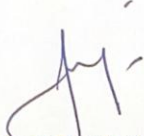
Disusun oleh Panitia Ujian Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Pendidikan Ganesha
Guna memenuhi syarat-syarat untuk mencapai gelar sarjana pendidikan
Pada:

Hari : Selasa
Tanggal : 8 Juli 2025

Mengetahui,

Ketua Ujian,

Sekretaris Ujian,


Dr. I Wayan Puja Astawa, S.Pd., M.Stat.Sci.
NIP. 196901161994031001


Prof. Dr. Ni Ketut Rapi, M.Pd
NIP. 196308301988032002

Mengesahkan

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. I Wayan Sukra Warpala, S.Pd., M.Sc
NIP. 196710131994031001

PERNYATAAN

Dengan ini saya, menyatakan bahwa karya tulis yang berjudul “**Analisis Pengaruh Intensitas Sinar Matahari dan Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Efisiensi Panel Surya Monocrystalline dan Polycrystalline Di Kota Singaraja**” beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan dan pengutipan dengan 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 karya saya ini, atau ada klaim terhadap karya saya ini.

Singaraja, 8 Juli 2025

Yang membuat pernyataan,



Pande Putu Wresneya Jaya Rasta

NIM. 2113021007

PRAKATA

Om Swastyastu,

Puji syukur penyusun panjatkan ke hadapan Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat Nya-lah, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **”Analisis Pengaruh Intensitas Sinar Matahari dan Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Efisiensi Panel Surya *Monocrystalline* dan *Polycrystalline* Di Kota Singaraja**”. Skripsi ini disusun guna memenuhi persyaratan mencapai gelar sarjana pendidikan pada Universitas Pendidikan Ganesha. Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapat bantuan baik berupa moral maupun material dari berbagai pihak. Untuk itu, dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. 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 dan juga selaku penguji II yang turut memberikan saran, arahan, petunjuk, dan fasilitas serta motivasi untuk mendukung penyusunan skripsi hingga dapat terselesaikan dengan baik.
2. Dr. Putu Artawan, S.Pd., 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. Dan juga selaku Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, petunjuk dan motivasi penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Dr. Luh Putu Budi Yasmini, S.Pd., M.Sc., selaku Pembimbing II 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.

4. Prof. Dr. Rai Sujanem, M.Si., selaku penguji I yang turut memberikan saran, arahan, petunjuk dan fasilitas serta motivasi dalam penyusunan skripsi sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
5. Orang tua penulis yaitu Bapak Nyoman Sunarta dan Ibu Ni Ketut Sri Rastiti 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.
6. Pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam penyusunan skripsi.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa apa yang tersaji dalam skripsi ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan kemampuan yang penulis miliki. Untuk itu demi kesempurnaan skripsi ini, penulis mengharapkan segala kritik maupun saran yang sifatnya membangun dari berbagai pihak. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna bagi kita semua khususnya bagi pengembangan dunia pendidikan dan riset teknologi.

Singaraja, 25 Juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

	HALAMAN
PRAKATA.....	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	11
1.3 Batasan Masalah	11
1.4 Tujuan Penelitian	12
1.5 Manfaat Penelitian.....	12
1.5.1 Manfaat Teoritis	13
1.5.2 Manfaat Praktis	13
1.6 Hipotesis Penelitian	13
BAB II KAJIAN PUSTAKA	15
2.1 Tingkatan Energi Pada Atom.....	15
2.2 Pita Energi	20
2.3 Semikonduktor.....	25
2.3.1 Struktur Atom Semikonduktor	26
2.3.2 Semikonduktor Intrinsik.....	29
2.3.3 Semikonduktor Ekstrinsik (Tipe P dan N)	32
2.3.3.1 Semikonduktor Tipe P	32
2.3.3.2 Semikonduktor Tipe N.....	34
2.3.3.3 Semikonduktor Paduan (P dan N).....	37
2.4 Solar Panel.....	38
2.4.1 Jenis – Jenis Panel Surya.....	42
2.5 Pengaruh Radiasi Matahari Terhadap Panel Surya.....	53

2.6 Radiasi Matahari.....	55
2.7 Pengaruh Temperatur Terhadap Panel Surya.....	57
2.8 Posisi Matahari	60
2.9 Daya dan Efisiensi Panel Surya.....	63
2.10 Penelitian Relevan	65
2.11 Diagram <i>Fishbone</i>	74
 BAB III METODE PENELITIAN.....	 78
3.1 Metode Penelitian	78
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	79
3.3 Alat dan Bahan.....	80
3.4 Alur Penelitian	92
3.5 Metode Pengumpulan Data	94
3.6 Prosedur Penelitian	95
3.6.1 Tahap Persiapan dan Perencanaan.....	95
3.6.2 Tahap Simulasi dan Pengambilan Data	96
3.7 Analisis Data.....	98
 BAB IV HASIL PENELITIAN	 100
4.1 Analisis Teoritis Hubungan Intensitas sinar matahari Terhadap Daya <i>Input</i> Panel Surya.....	100
4.1.1 Menentukan nilai konversi dari lux ke W/m^2	103
4.2 Analisis Teoritis Hubungan Intensitas sinar matahari dengan Suhu Terhadap Daya <i>Output</i> Panel Surya.....	104
4.3 <i>Set up</i> Alat dan Kalibrasi Panel Surya	110
4.3.1 <i>Set up</i> alat	110
4.3.2 Kalibrasi	112
4.4 Daya <i>Input</i> dan Daya <i>Output</i> Panel Surya <i>Monocrystalline</i> dan <i>Polycrystalline</i> di Kota Singaraja	115
4.4.1 Daya <i>Input</i> Panel Surya.....	115
4.4.2 Daya <i>Output</i> Panel Surya	120

4.5 Hubungan Intensitas Radiasi dan Temperatur Permukaan Panel Terhadap Daya <i>Output</i> Panel Surya <i>Monocrystalline</i> dan <i>Polycrystalline</i>	125
4.5.1 <i>Monocrystalline</i>	125
4.5.2 <i>Polycrystalline</i>	128
4.6 Uji Hipotesis	132
4.6.1 <i>Monocrystalline</i>	132
4.6.1.1 Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov	132
4.6.1.2 Uji Linieritas	133
4.6.1.3 Uji Autokorelasi	134
4.6.1.4 Uji Heterogenitas	135
4.6.1.5 Uji Multikolinieritas	136
4.6.1.6 Uji Regresi Berganda	137
4.6.2 <i>Polycrystalline</i>	140
4.6.2.1 Uji Normalitas.....	140
4.6.2.2 Uji Non Parametrik.....	141
4.6.2.3 Uji Spearman	143
4.6.2.4 Uji Karna	145
4.7 Hubungan Daya <i>Input</i> dan <i>Output</i> Terhadap Efisiensi Panel Surya <i>Monocrystalline</i> dan <i>Polycrystalline</i>	149
4.8 Pembahasan	153
BAB V PENUTUP.....	161
5.1 Kesimpulan.....	161
5.2 Saran	163
DAFTAR PUSTAKA	165
LAMPIRAN	172

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2. 1 Pengisian Sub Kulit Atom	19
Tabel 2. 2 Elemen Semikonduktor Pada Tabel Periodik	28
Tabel 2. 3 Intensitas Matahari dan Temperatur Rata-rata Pontianak	71
Tabel 2. 4 Daya Listrik Rata-rata Panel Surya	72
Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian	80
Tabel 3. 2 Alat dan Bahan Penelitian	81
Tabel 3. 3 Spesifikasi Panel Surya <i>Monocrystalline</i> dan <i>Polycrystalline</i>	82
Tabel 3. 4 Spesifikasi Light Meter LX-1330B	83
Tabel 3. 5 Spesifikasi solar charger controller 20A	84
Tabel 3. 6 Spesifikasi thermocouple Tipe K	90
Tabel 3. 7 Spesifikasi Watt Meter	91
Tabel 3. 8 Variabel Ukur	97
Tabel 3. 9 Alat Ukur Variabel	97
Tabel 4. 1 Spesifikasi Dua Jenis Panel Surya	113
Tabel 4. 2 Konversi (Lux ke W/m^2)	116
Tabel 4. 3 Daya <i>Input Monocrystalline</i>	118
Tabel 4. 4 Daya <i>Input Polycrystalline</i>	119
Tabel 4. 5 Daya <i>Output Monocrystalline</i>	121
Tabel 4. 6 Daya <i>Output Polycrystalline</i>	122
Tabel 4. 7 Intensitas Radiasi dan Temperatur Permukaan	125
Tabel 4. 8 Intensitas radiasi dan Temperatur Permukaan	129
Tabel 4. 9 Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov	133
Tabel 4. 10 Uji Linieritas Intensitas sinar matahari	134
Tabel 4. 11 Uji Linieritas Temperatur Permukaan	134
Tabel 4. 12 Uji Autokorelasi	135
Tabel 4. 13 Uji Heterogenesitas	136
Tabel 4. 14 Uji Multikolinieritas	137
Tabel 4. 15 Koefesien Determinasi	138
Tabel 4. 16 Uji F	139
Tabel 4. 17 Uji T	140

Tabel 4. 18 Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov	141
Tabel 4. 19 Uji Mann Whitney Intensitas Radiasi dan Efisiensi.....	142
Tabel 4. 20 Uji Mann Whitney Temperature Permukaan Panel dan Efisiensi	143
Tabel 4. 21 Uji Spearman Intensitas Radiasi, Temperatur Permukaan Panel dan Efisiensi.....	144



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2. 1 Struktur Atom.....	16
Gambar 2. 2 Tingkatan Energi Sub Kulit Atom.....	18
Gambar 2. 3 Pita Energi Natrium.....	21
Gambar 2. 4 Pita Energi Konduktor.....	22
Gambar 2. 5 Pita Energi Isolator.....	23
Gambar 2. 6 Pita Energi Semikonduktor	24
Gambar 2. 7 Perbandingan Ketiga Jenis Sifat Bahan	25
Gambar 2. 8 Struktur Atom Semikonduktor	27
Gambar 2. 9 Struktur Atom Semikonduktor (2).....	28
Gambar 2. 10 Semikonduktor Intrinsik.....	30
Gambar 2. 11 Struktur Kristal 2 Dimensi Kristal Si	31
Gambar 2. 12 Ikatan Kovalen Pada Semikonduktor Instrinsik Si	31
Gambar 2. 13 Struktur Kristal Silicon.....	33
Gambar 2. 14 Struktur Kristal Silikon (2).....	35
Gambar 2. 15 Kristal Semikonduktor Paduan Ga As Dalam Dua Dimensi.....	37
Gambar 2. 16 Kurva Arus – Tegangan (I-V) Solar Panel	41
Gambar 2. 17 Proses Dari Batangan Kristal Silikon Hingga Modul Surya	44
Gambar 2. 18 Modul Surya <i>Monocrystalline</i>	46
Gambar 2. 19 <i>Polycrystalline</i> Silicon Cell.....	51
Gambar 2. 20 Pengujian Intensitas Radiasi Terhadap Tegangan	54
Gambar 2. 21 Pengujian Intensitas Radiasi Terhadap Arus	54
Gambar 2. 22 Intensitas radiasi di Lab Terpadu Undiksha	55
Gambar 2. 23 Kemiringan Intensitas sinar matahari.....	56
Gambar 2. 24 Grafik Efisiensi Terhadap Temperatur	58
Gambar 2. 25 Grafik Voc Terhadap Temperatur	58
Gambar 2. 26 Grafik V Beban Terhadap Temperatur	59
Gambar 2. 27 Grafik Pout Terhadap Temperatur	59
Gambar 2. 28 (A) Sudut Zenith, Kemiringan, Sudut Azimuth Permukaan, dan Sudut Azimuth Matahari untuk Permukaan Miring. (B) Tampak Denah Yang Menunjukkan Sudut Azimuth Matahari.....	60

Gambar 2. 29 Section Of Earth Showing B , Θ , Φ , and $\Phi - B$ For A South-Facing Surface.....	63
Gambar 2. 30 Grafik Daya Panel Surya Dan Intensitas sinar matahari.....	70
Gambar 2. 31 Daya Listrik Rata-Rata Panel Surya untuk Bulan Januari – Desember Vs Temperatur.	73
Gambar 2. 32 Fishbone Diagram	76
Gambar 3. 1 Panel Surya <i>Monocrystalline</i> dan <i>Polycrystalline</i>	81
Gambar 3. 2 Light Meter LX-1330B	83
Gambar 3. 3 Solar Charge Controller 20A.....	84
Gambar 3. 4 Baterai Np-12.....	85
Gambar 3. 5 Tatakan Panel	86
Gambar 3. 6 Kabel NYAF Merah dan Biru.....	87
Gambar 3. 7 MP4 Connector	87
Gambar 3. 8 Obeng	88
Gambar 3. 9 Handphone	89
Gambar 3. 10 Thermocouple Tipe K.....	89
Gambar 3. 11 Watt Meter 150A	91
Gambar 3. 12 Alur Penelitian.....	93
Gambar 3. 13 Desain Rancangan <i>Monocrystalline</i>	96
Gambar 3. 14 Desain Rancangan <i>Polycrystalline</i>	96
Gambar 4. 1 Hubungan Geometri Bumi Dengan Matahari.	101
Gambar 4. 2 Besar Intensitas Radiasi Sepanjang Tahun.....	102
Gambar 4. 3 Jenis Gelombang Elektromagnetik.....	105
Gambar 4. 4 Skema Kerja Panel Surya.....	106
Gambar 4. 5 Kurva Hubungan Arus,Daya, dan Tegangan	108
Gambar 4. 6 Letak Laboratorium Terpadu Universitas Pendidikan Ganesha, Kota	111
Gambar 4. 7 Instalasi Dua Buah Panel Dengan Sudut Tetap	112
Gambar 4. 8 Spesifikasi Panel Surya <i>Monocrystalline</i> (M) dan <i>Polycrystalline</i> (P)	113
Gambar 4. 9 Grafik Hubungan Intensitas Matahari dengan Waktu	117
Gambar 4. 10 Grafik Daya <i>Input Monocrystalline</i> dan <i>Polycrystalline</i>	120

Gambar 4. 11 Grafik Hubungan Daya <i>Input</i> , Daya <i>Output</i> , dan Waktu <i>Monocrystalline</i>	123
Gambar 4. 12 Grafik Hubungan Daya <i>Input</i> , Daya <i>Output</i> , dan Waktu <i>Polycrystalline</i>	124
Gambar 4. 13 Hubungan Daya <i>Input</i> Dengan Temperatur Permukaan Panel Jenis <i>Monocrystalline</i>	126
Gambar 4. 14 Hubungan Daya Ouput Dengan Temperatur Permukaan Panel Jenis <i>Monocrystalline</i>	127
Gambar 4. 15 Hubungan Daya <i>Input</i> dengan Temperatur Permukaan Panel Jenis <i>Polycrystalline</i>	130
Gambar 4. 16 Hubungan Daya Ouput dengan Temperatur Permukaan Panel Jenis <i>Polycrystalline</i>	131
Gambar 4. 17 Kodingan Uji Karna	146
Gambar 4. 18 Uji Karna Melihat Grafik	147
Gambar 4. 19 Uji Karna Efek Marginal.....	148
Gambar 4. 20 Efisiensi <i>Monocrystalline</i>	149
Gambar 4. 21 Efisiensi <i>Polycrystalline</i>	151
Gambar 4. 22 Perbandingan Efisiensi <i>Monocrystalline</i> dan <i>Polycrystalline</i>	152
Gambar 4. 23 Diagram Fishbone Hasil Penelitian.....	158

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Data Penelitian.....	173
Lampiran 2. Rata-rata daya <i>Input</i> dan <i>Output</i>	176
Lampiran 3. Rata-rata temperatur	178
Lampiran 4. Efisiensi	179
Lampiran 5. Uji Statistik <i>Monocrystalline</i>	180
Lampiran 6. Uji Stastistik <i>Polycrystalline</i>	182
Lampiran 7. Dokumentasi Penelitian.....	186



DAFTAR SIMBOL

δ	Sudut deklinasi
n	jumblah hari dalam setahun
ω	Sudut jam
T_s	waktu Setempat
θ_z	Sudut zenith
φ	Lantitude suatu daerah
γ_s	Sudut azimuth matahari
β	Sudut kemiringan ($^\circ$)
P_{in}	Daya <i>Input</i> akibat radiasi matahari (<i>Watt</i>)
E	Intensitas sinar matahari (<i>Watt/m²</i>)
A	Luas panel surya (<i>m²</i>)
P_{out}	Daya <i>Output</i> panel surya (<i>Watt</i>)
V	Tegangan (<i>Volt</i>)
I	Arus Listrik (<i>Ampere</i>)
η	Efisiensi panel surya (%)
G_{sc}	Intensitas sinar matahari diluar atmosfer (<i>Watt/m²</i>)
c	Kecepatan cahaya (<i>m/s</i>)
ν	Frekuensi foton (<i>Hz</i>)
λ	Panjang gelombang
h	Konstanta Plank (<i>Js</i>)
V_{mp}	Tegangan Prediksi panel surya(<i>Volt</i>)
$V_{mp,STC}$	Tegangan panel dalam kondisi standar pengujian (<i>Volt</i>)
β_{vmp}	Koefesien temperatur jenis panel surya (<i>%/°C</i>)
T_c	Temperatur permukaan panel surya (<i>°C</i>)
T_{STC}	Temperatur Standar permukaan panel untuk pengujian (<i>°C</i>)
I_{mp}	Arus prediksi panel surya(<i>Ampere</i>)
$I_{mp,STC}$	Arus panel dalam kondisi standar pengujian (<i>Ampere</i>)
G	Intensitas sinar matahari (<i>Watt/m²</i>)
G_{STC}	Intensitas sinar matahari untuk pengujian panel surya (<i>Watt/m²</i>)