

SKRIPSI

**OPTIMALISASI SUDUT KEMIRINGAN PANEL  
SURYA UNTUK MEMAKSIMALKAN PRODUKSI  
ENERGI PADA PLTS ATAP DI *VILLA* MANUSA**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

**I Made Gangga Arsa Putra**

NIM. 2315374077

**PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
POLITEKNIK NEGERI BALI  
2024**

## LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI

### OPTIMALISASI SUDUT KEMIRINGAN PANEL SURYA UNTUK MEMAKSIMALKAN PRODUKSI ENERGI PADA PLTS ATAP DI *VILLA MANUSA*

*Oleh :*

I Made Gangga Arsa Putra

NIM. 2315374077

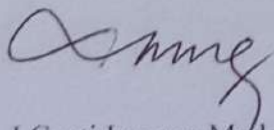
Skripsi ini telah melalui Bimbingan dan Pengujian Hasil, disetujui untuk  
diujikan pada Ujian Skripsi  
di  
Program Studi D4 Teknik Otomasi  
Jurusan Teknik Elektro - Politeknik Negeri Bali

Bukit Jimbaran, 16 Agustus 2024

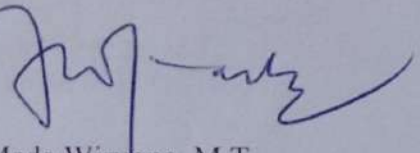
Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing 1:

Dosen Pembimbing 2:



Dr. I Gusti Lanang Made Parwita, S.T., M.T.  
NIP. 197108201997031000



Ir. Made Wiryana, M.T.  
NIP. 196707011994031004

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

# OPTIMALISASI SUDUT KEMIRINGAN PANEL SURYA UNTUK MEMAKSIMALKAN PRODUKSI ENERGI PADA PLTS ATAP DI *VILLA* MANUSA

Oleh :

I Made Gangga Arsa Putra

NIM. 2315374077

Skripsi ini sudah melalui Ujian Skripsi pada tanggal 29 Agustus 2024,  
dan sudah dilakukan Perbaikan untuk kemudian disahkan sebagai Skripsi  
di

Program Studi D4 Teknik Otomasi  
Jurusan Teknik Elektro - Politeknik Negeri Bali

Bukit Jimbaran, 2 September 2024

Disetujui Oleh :

Tim Penguji :

1. I Made Aryasa Wiryawan, S.T., M.T.  
NIP. 196504041994031003

2. I Gede Sastra Wibawa, S.T., M.T.  
NIP. 196807041998021001

Dosen Pembimbing :

1. Dr. I Gusti Lanang Made Parwita, S.T., M.T.  
NIP. 197108201997031000

2. Ir. Made Wiryana, M.T.  
NIP. 196707011994031004

Diketahui Oleh:

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Ir. Kadek Amerta Yasa, ST., MT.  
NIP. 196809121995121001

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa Skripsi dengan judul:

**OPTIMALISASI SUDUT KEMIRINGAN PANEL SURYA UNTUK  
MEMAKSIMALKAN PRODUKSI ENERGI PADA PLTS ATAP DI VILLA  
MANUSA**

adalah asli hasil karya saya sendiri.

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah Skripsi ini tidak terdapat karya orang lain yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar di suatu perguruan tinggi, dan atau sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah Skripsi ini, dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila saya melakukan hal tersebut di atas, dengan ini saya menyatakan menarik Skripsi yang saya ajukan sebagai hasil karya saya.

Bukit Jimbaran, 16 Agustus 2024

Yang menyatakan



I Made Gangga Arsa Putra

NIM. 2315374077

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan produksi energi pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap di *Villa Manusa* melalui optimalisasi sudut kemiringan panel surya. Latar belakang penelitian ini adalah belum maksimalnya produksi energi pada PLTS atap di beberapa *villa* di Bali, yang sebagian besar disebabkan oleh sudut kemiringan panel yang kurang optimal. Rumusan masalah yang diangkat mencakup penentuan sudut kemiringan optimal, analisis hubungan variasi sudut terhadap produksi energi, dan optimasi tata letak panel surya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pengumpulan data kemiringan atap, luas atap, dan iradiasi matahari, serta simulasi variasi sudut kemiringan menggunakan program *PVsyst*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sudut kemiringan  $10^\circ$  menghasilkan produksi energi tertinggi, mencapai 2811,8 kWh per tahun. Namun, sudut kemiringan  $16^\circ$  lebih stabil ketika disesuaikan dengan kemiringan atap di *Villa Manusa*. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa variasi sudut kemiringan memiliki pengaruh signifikan terhadap produksi energi, dengan sudut  $16^\circ$  direkomendasikan untuk stabilitas energi yang lebih baik pada kondisi spesifik di *Villa Manusa*.

**Kata Kunci:** sudut kemiringan optimal, hubungan varian kemiringan, produksi energi, *Villa Manusa*, *PVsyst*.

## **ABSTRACT**

*This research aims to increase the energy production of rooftop solar power plant (PLTS) at Villa Manusa through optimizing the tilt angle of solar panels. The background of this research is the lack of energy production on rooftop solar power plants in several villas in Bali, which is largely due to the suboptimal tilt angle of the panels. The problems raised include determining the optimal tilt angle, analyzing the relationship of angle variation to energy production, and optimizing the layout of solar panels. The methods used in this research include collecting data on roof slope, roof area, and solar irradiation, and simulating variations in tilt angle using the PVsyst program. The results showed that a 10° tilt angle produced the highest energy production, reaching 2811.8 kWh per year. However, the 16° tilt angle is more stable when adjusted to the roof slope at Villa Manusa. The conclusion of this study is that tilt angle variation has a significant effect on energy production, with a 16° angle recommended for better energy stability under the specific conditions at Villa Manusa.*

**Keywords:** *optimal tilt angle, tilt variance relationship, energy production, Villa Manusa, PVsyst.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas Rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul “Optimalisasi Sudut Kemiringan Panel Surya Untuk Memaksimalkan Produksi Energi Pada PLTS Atap di *Villa Manusa*”. Proposal skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program Rekognisi Pembelajaran Lampau (RPL) kelas Spesialisasi Energi Terbarukan pada Program Studi Diploma Empat (D4) Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali. Dalam penyusunan proposal ini, penulis memperoleh bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak I Nyoman Abdi, S.E., M.eCom., selaku direktur Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Ir. Kadek Amerta Yasa, S.T., M.T., selaku ketua jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.
3. Ibu Putri Alit Widyastuti Santiary, ST., M.T., selaku koordinator program studi D4- Teknik Otomasi.
4. Bapak Dr. I Gusti Lanang Made Parwita, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 1 yang selalu memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan proposal skripsi.
5. Bapak Ir. Made Wiryana, M.T. selaku dosen pembimbing 2 yang selalu memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan proposal skripsi
6. Kedua orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan dan kesempatan saya untuk kuliah di Politeknik Negeri Bali.
7. Teman-teman angkatan 2023 Kelas Spesialisasi Energi Terbarukan (EBT) Politeknik Negeri Bali.
8. Semua pihak yang telah membantu yang namanya tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan Skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca demi kesempurnaan Skripsi ini. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bukit Jimbaran, Juni 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1. Penelitian Sebelumnya.....	5
2.2. <i>Intensitas</i> Cahaya Matahari.....	6
2.3. Kondisi Cuaca .....	6
2.4. Panel Surya .....	7
2.5. <i>Deklinasi</i> .....	9
2.6. Pengaruh <i>Irradiance</i> pada Sel Surya .....	11
2.7. Dampak Suhu Pada Sel Surya.....	11
2.8. Faktor-faktor yang mempengaruhi keluaran dari modul <i>fotovoltaik</i> .....	11
2.9. Lokasi Perencanaan PLTS .....	12



2.10.	Pengaruh Bayangan Terhadap Produksi Energi.....	12
2.11.	Pengaruh Kemiringan pada Panel Surya.....	13
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>		<b>14</b>
3.1.	Lokasi dan Waktu Penelitian .....	14
3.2.	Diagram Alir Penelitian .....	15
3.3.	Rancangan Pengambilan Data .....	18
3.3.1.	Metode Survei dan Pengambilan Data.....	18
3.3.2.	Instrumen Pengambilan Data .....	18
3.4.	Pengolahan Data .....	19
3.4.1.	Metode Pengolahan Data Optimalisasi Sudut Kemiringan.....	19
3.4.2.	Hubungan Varian Sudut dengan Produksi Energi .....	20
3.4.3.	Pengolahan Data Optimalisasi Tata Letak Panel Surya.....	20
3.5.	Analisis Hasil Penelitian .....	20
3.5.1.	Analisis Pengolahan Data Optimalisasi Sudut Kemiringan.....	21
3.5.2.	Analisis Hubungan Varian Sudut Kemiringan.....	21
3.5.3.	Analisis Optimalisasi Tata Letak Panel Surya.....	23
3.6.	Hasil Yang Diharapkan .....	23
<b>BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISIS.....</b>		<b>25</b>
4.1.	Data Teknis .....	25
4.1.1.	Data Iradiasi .....	25
4.1.2.	Data Temperatur Suhu .....	26
4.2.	Simulasi Kemiringan Sudut Menggunakan <i>PVsys</i> .....	27
4.3.	Data Varian Kemiringan Sudut Berdasarkan Simulasi <i>PVsys</i> .....	28
4.4.	Pengolahan Data Kemiringan Sudut.....	29
4.5.	Pengolahan Data Varian Sudut dengan Metode <i>Korelasi Pearson</i> .....	31
4.5.1.	Uji Normalisasi .....	32
4.5.2.	Uji <i>Linearitas</i> .....	35

4.6.	Simulasi Optimalisasi Tata Letak PV Menggunakan <i>PVsys</i> .....	36
4.7.	Analisis Hasil Optimalisasi Kemiringan Sudut .....	38
4.8.	Analisis Hasil <i>Korelasi Pearson</i> Menggunakan SPSS .....	39
4.9.	Analisis Hasil Desain Tata Letak PV .....	40
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....		<b>42</b>
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....		<b>42</b>
<b>5.2 Saran</b> .....		<b>42</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....		<b>44</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Panel Surya Jenis <i>Polycrystalline</i> , <i>Monocrystalline</i> , dan <i>Thin Film Photovoltaic</i> .....	7
<b>Gambar 2. 2</b> Perubahan Sudut <i>Deklinasi</i> .....	9
<b>Gambar 3. 1</b> Lokasi <i>Villa</i> Manusa Pada Peta Provinsi Bali .....	14
<b>Gambar 3. 2</b> Lokasi <i>Villa</i> Manusa.....	14
<b>Gambar 3. 3</b> Kondisi <i>Villa</i> Manusa.....	15
<b>Gambar 3. 4</b> Diagram Alir ( <i>Flowchart</i> ) Penelitian .....	16
<b>Gambar 4. 1</b> Luasan Atap <i>Villa</i> Manusa .....	25
<b>Gambar 4. 2</b> Iradiasi dan Temperatur dengan <i>PVsyst</i> .....	27
<b>Gambar 4. 3</b> Sudut pemasangan PLTS atap pada <i>villa</i> Manusa.....	27
<b>Gambar 4. 4</b> Grafik produksi PLTS pada <i>Villa</i> Manusa .....	29
<b>Gambar 4. 5</b> Pemasangan Panel Surya Pada Atap Bangunan .....	30
<b>Gambar 4. 6</b> Grafik Perbandingan Produksi Energi.....	30
<b>Gambar 4. 7</b> Metode <i>Korelasi Pearson</i> Menggunakan SPSS.....	32
<b>Gambar 4. 8</b> Uji Normalisasi <i>Deskriptiv</i> .....	33
<b>Gambar 4. 9</b> Uji Normalisasi.....	35
<b>Gambar 4. 10</b> Uji Linieritas (ANOVA).....	35
<b>Gambar 4. 11</b> Simulasi Pemasangan PV Modul Pada Atap.....	37
<b>Gambar 4. 12</b> Simulasi Tata Letak Pemasangan PV Modul .....	37
<b>Gambar 4. 13</b> Grafik produksi PLTS pada <i>Villa</i> Manusa .....	38
<b>Gambar 4. 14</b> Hasil <i>Korelasi Pearson</i> .....	39
<b>Gambar 4. 15</b> Desain Tata Letak Pemasangan Panel Surya .....	40
<b>Gambar 4. 16</b> Implementasi Pemasangan Panel Surya Pada Bangunan <i>Villa</i> .....	41

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Spesifikasi dari Panel Surya Maysun Solar MS100M-36.....	8
<b>Tabel 3. 1</b> Pedoman Derajat Hubungan [24].....	22
<b>Tabel 4. 1</b> Data Iradiasi pada <i>Villa</i> Manusa .....	25
<b>Tabel 4. 2</b> Data <i>temperature</i> pada <i>Villa</i> Manusa.....	26
<b>Tabel 4. 3</b> Hasil simulasi <i>PVsyst</i> (Arah Selatan).....	28
<b>Tabel 4. 4</b> Hasil simulasi <i>PVsyst</i> (Arah Utara) .....	28

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> <i>Form</i> Pengajuan Judul Skripsi.....	48
<b>Lampiran 2.</b> <i>Form</i> Bimbingan Skripsi Dosen Pembimbing 1 .....	49
<b>Lampiran 3.</b> <i>Form</i> Bimbingan Sripsi Dosen Pembimbing 2 .....	50
<b>Lampiran 4.</b> Pernyataan Telah Menyelesaikan Bimbingan Proposal Skripsi.....	51
<b>Lampiran 5.</b> Hasil Pengecekan Plagiarisme Turnitin.....	52
<b>Lampiran 6.</b> Hasil Produksi Energi Melalui Simulasi <i>PVsyst</i> .....	55

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Penggunaan panel surya sebagai sumber energi listrik telah meningkatkan kesadaran akan pentingnya penghematan energi dan penggunaan sumber daya yang terbarukan. Salah satu cara memaksimalkan produksi energi pada PLTS atap adalah dengan optimalisasi tata letak dan kemiringan sudut pemasangan panel surya [1]. Pada *Villa Manusa* sendiri, terdapat beberapa bayangan dari pohon dan bangunan sekitar. Tata letak dan kemiringan panel surya mempengaruhi intensitas cahaya matahari yang diterima, sehingga memaksimalkan produksi energi yang dihasilkan. Pemasangan panel surya yang tidak optimal dapat mengurangi produksi energi yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti sudut kemiringan panel yang tidak tepat, posisi panel yang tidak strategis, dan faktor cuaca yang tidak stabil [2]. Oleh karena itu, perlu dilakukan optimasi tata letak dan kemiringan sudut pemasangan panel surya untuk meningkatkan produksi energi pada PLTS atap.

Dengan optimalisasi tata letak dan kemiringan sudut pemasangan panel surya, diharapkan dapat meningkatkan produksi energi pada PLTS atap [3]. Hal ini dapat dilakukan dengan memperhatikan posisi panel surya yang strategis dan memilih sudut kemiringan yang tepat untuk menerima intensitas cahaya matahari yang optimal.

Saat ini, sudah ada beberapa *villa* di Bali yang memasang PLTS Atap. Namun, produksi energi yang dihasilkan dari PLTS Atap masih kurang maksimal. Penelitian tentang solusi untuk meningkatkan produksi energi PLTS telah banyak dilakukan, seperti pemasangan panel surya yang lebih banyak dan penggunaan teknologi *inverter* yang lebih terbaru [4]. Yang dimana solusi-solusi tersebut masih memiliki beberapa kelemahan, seperti biaya yang tinggi dan keterbatasan ruang atau lahan yang tersedia. Untuk itu belum ada penelitian yang spesifik tentang pengaruh kemiringan sudut panel surya yang ada pada bangunan *villa* yang *relative* menonjolkan keindahan.

Dalam penelitian ini, penulis akan menawarkan solusi untuk meningkatkan produksi energi PLTS atap di *Villa Manusa*. Solusi yang ditawarkan adalah optimalisasi sudut kemiringan panel surya untuk meningkatkan produksi energi. Dengan menggunakan analisis data dan simulasi, kita akan menemukan sudut kemiringan yang paling optimal

untuk meningkatkan produksi energi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu *Villa Manusa* meningkatkan produksi energi dan mencapai harapan ke depan.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang diambil untuk penelitian ini sebagai berikut:

1. Berapakah kemiringan sudut optimal pada PLTS Atap di *Villa Manusa*?
2. Bagaimanakah hubungan varian kemiringan sudut pemasangan solar PV terhadap produksi energi PLTS yang direncanakan pada *villa Manusa*?
3. Bagaimanakah cara mengoptimalkan tata letak panel surya pada PLTS atap di *Villa Manusa*?

## **1.3. Batasan Masalah**

Batasan masalah dibuat untuk mempersempit cakupan penelitian untuk membantu penelitian menjadi lebih terukur. Batasan penelitian ini meliputi hal-hal berikut:

1. Penelitian ini hanya akan fokus pada optimasi sudut kemiringan panel surya dan tidak akan membahas aspek teknis lain seperti jenis panel, kapasitas inverter, atau teknologi penyimpanan energi.
2. Penelitian ini hanya menggunakan data simulasi dan eksperimen dari program *PVsyst* untuk mengetahui jumlah energi listrik yang dihasilkan oleh sistem PLTS yang direncanakan.
3. Lokasi penelitian terbatas pada *Villa Manusa* yang berkaitan dengan capstone project yang telah dibuat sebelumnya dan hasil penelitian mungkin tidak sepenuhnya berlaku untuk lokasi lain dengan kondisi *geografis* dan cuaca yang berbeda.
4. Faktor cuaca yang dipertimbangkan dalam penelitian ini hanya mencakup intensitas cahaya matahari dan tidak memperhitungkan faktor lain seperti hujan, angin, atau kelembaban.
5. Hanya membahas tujuh perubahan sudut yakni  $0^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $25^\circ$  dan  $30^\circ$ .
6. Data yang digunakan dalam simulasi dan analisis berasal dari pengamatan selama periode tertentu dan tidak mencakup variasi cuaca sepanjang tahun.

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Supaya terarah dan fokus pada penelitian, maka ditetapkan tujuan yang ingin dicapai sebagai berikut:

1. Menentukan kemiringan sudut optimal panel surya pada *Villa Manusa*.
2. Menganalisis hubungan varian sudut kemiringan pemasangan solar PV pada perencanaan sistem PLTS *villa Manusa*.
3. Menganalisis cara mengoptimalkan tata letak panel surya pada PLTS atap di *Villa Manusa*.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat akademik dan aplikatif, seperti:

##### **a. Manfaat Akademik**

1. Diharapkan dapat memberikan kontribusi pengetahuan baru tentang hubungan kemiringan sudut panel surya terhadap efisiensi produksi energi PLTS Atap di wilayah *tropis* seperti Bali.
2. Sebagai bahan untuk membantu memperkuat teori yang ada tentang optimasi kemiringan panel surya untuk PLTS Atap di wilayah *tropis*.

##### **b. Manfaat Aplikatif**

1. Membantu meningkatkan produksi energi PLTS Atap di *Villa Manusa* dengan mempertimbangkan kemiringan sudut optimal dan tata letak pemasangan panel surya.
2. Membantu pemilik *villa manusa* dalam perancangan energi baru terbarukan dengan pemasangan PLTS.

#### **1.6. Sistematika Penulisan**

Pada bagian ini, akan dijelaskan sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini. Sistematika penulisan bertujuan untuk memberikan gambaran secara umum mengenai struktur dan alur dari setiap bab yang ada dalam skripsi ini, sehingga memudahkan pembaca dalam memahami isi dan tujuan dari penelitian yang dilakukan. Adapun sistematika penulisan dari penelitian ini yaitu:

#### **BAB I : PENDAHULUAN**

Memuat tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah,



tujuan, manfaat dan sistematika penulisan untuk memberikan gambaran umum penelitian ini.

**BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Memuat tentang teori-teori dasar yang digunakan sebagai penunjang dalam penelitian ini.

**BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Memuat tentang metodologi yang digunakan dalam pengambilan dan pengolahan data penelitian.

**BAB IV : PEMBAHASAN DAN ANALISA**

Memuat tentang data-data pendukung serta perhitungan dan simulasi PLTS yang kemudian akan dianalisis untuk memecahkan permasalahan yang telah dikemukakan.

**BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Memuat tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian mengenai optimalisasi sudut kemiringan panel surya untuk memaksimalkan produksi energi pada PLTS Atap di *Villa Manusa*, kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Dari data yang telah dianalisis peneliti, sudut kemiringan optimal yaitu pada sudut kemiringan  $10^\circ$  terbukti menghasilkan produksi energi yang lebih tinggi secara konsisten dibandingkan dengan sudut kemiringan  $16^\circ$ . Produksi energi total tahunan pada sudut  $10^\circ$  mencapai 2811,8 kWh, sedangkan pada sudut  $16^\circ$  hanya mencapai 2811,8 kWh. Namun, jika disesuaikan dengan kemiringan atapnya, sudut kemiringan  $16^\circ$  lebih stabil untuk panel surya pada PLTS Atap di *Villa Manusa*.
2. Hubungan variasi sudut kemiringan dengan produksi energi yang dimana terdapat hubungan yang signifikan antara variasi sudut kemiringan dengan produksi energi yang dihasilkan oleh panel surya. Data menunjukkan bahwa sudut kemiringan yang lebih mendekati optimal ( $16^\circ$ ) menghasilkan energi yang lebih stabil karena posisinya mengikuti kemiringan atap pada *villa* dibandingkan dengan sudut kemiringan yang lebih rendah ( $10^\circ$ ). Hal ini disebabkan oleh perbedaan intensitas penyinaran matahari yang diterima oleh panel pada sudut kemiringan yang berbeda dan juga penyesuaian Kembali dengan kemiringan atapnya.
3. Optimalisasi tata letak panel surya dengan sudut kemiringan yang tepat dapat meningkatkan produksi energi dari PLTS Atap. Dalam menentukan sudut kemiringan optimal, perlu disesuaikan kembali dengan kemiringan atap, terutama jika PLTS bertipe *rooftop*. Pengaturan tata letak panel surya yang efektif dilakukan dengan memasang panel di area tengah atap, menempel satu sama lain tanpa jarak antar panel. Dengan demikian, produksi energi pada PLTS Atap di *Villa Manusa* dapat dimaksimalkan.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil penelitian ini, ada beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan lebih lanjut.

1. Untuk menentukan kemiringan sudut optimal pada PLTS Atap di *Villa Manusa*, disarankan untuk melakukan pengukuran langsung dengan menggunakan

perangkat simulasi atau *prototype* PLTS. Pengukuran ini sebaiknya dilakukan secara berkala selama satu tahun penuh untuk menangkap variasi musim dan cuaca, sehingga dapat ditemukan sudut kemiringan yang paling efektif dalam memaksimalkan produksi energi.

2. Pemantauan produksi energi panel surya dalam jangka waktu yang lebih panjang menggunakan data iradiasi bulanan. Hal ini untuk mengidentifikasi pola produksi yang dipengaruhi oleh variasi cuaca, sehingga dapat dilakukan penyesuaian sudut kemiringan sesuai kondisi musiman.
3. Penelitian tambahan untuk mengeksplorasi jenis panel surya yang lebih efisien dalam simulasi atau pengujian seperti *Monocrystalline* atau *Polycrystalline*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Pido, R. Hidayat Boli, M. Rifal, W. Rauf, N. Shanti Dera, and R. Rianto Day, “Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kemiringan Terhadap Optimasi Daya Panel Surya,” vol. 10, no. 2, pp. 234–240, 2022, doi: 10.37971/radial.v10i2.287.
- [2] I. M. A. Nugraha, P. A. Ridhana, and K. Listuayu, “Optimasilasi Pemasangan Panel Solar Home System Untuk Kehidupan Masyarakat Pedesaan Di Ban Kubu Karangasem,” *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 17, no. 1, p. 116, May 2018, doi: 10.24843/mite.2018.v17i01.p16.
- [3] M. Muchlishah, N. Nadhiroh, D. A. Nugroho, and A. Imaduddin, “Peningkatan efisiensi sistem PLTS melalui optimasi susunan array panel surya,” *Jurnal Eltek*, vol. 21, no. 2, pp. 50–57, Oct. 2023, doi: 10.33795/eltek.v21i2.3191.
- [4] A. A. N. B. B. Nathawibawa, I. N. S. Kumara, and W. G. Ariastina, “Analisis Produksi Energi dari Inverter pada Grid-connected PLTS 1 MWp di Desa Kayubihi Kabupaten Bangli,” *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 16, no. 1, p. 131, Oct. 2016, doi: 10.24843/mite.1601.18.
- [5] I. B. K. Sugirianta, I. G. A. M. Sunaya, and I. G. N. A. D Saputra, “Optimization of tilt angle on-grid 300Wp PV plant model at Bukit Jimbaran Bali,” *J Phys Conf Ser*, vol. 1450, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1450/1/012135.
- [6] R. Hariningrum, “Analisa Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya 100 WP Terhadap Daya Listrik,” *Marine Science and Technology Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 67–76, 2021.
- [7] S. Hidayat, A. Hariyanto, ; Ridha Yasser, T. Elektro, S. Tinggi, and T. Pln, “Pengaruh Kemiringan Posisi Modul Surya Prototipe 200 Wp Dengan Tracking Sistem Terhadap Energi Listrik Yang Dihasilkan,” vol. 8, no. 2, 2019.
- [8] F. Chabane, N. Moumami, and S. Benramache, “Effect of the Tilt Angle of Natural Convection in A Solar Collector with Internal Longitudinal Fins,” *International Journal of Science and Engineering Investigations*, vol. 1, no. 7, 2012, [Online]. Available: [www.IJSEI.com](http://www.IJSEI.com)
- [9] H. Asy’ari, Jatmiko, and Angga, “Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Sel Surya,” *Simposium Nasional Rapi Xi Ft Ums*, pp. 52–57, 2012.
- [10] A. S. Ratri, V. C. Poekoel, and A. M. Rumangit, “Design Of Weather C System Based On,” *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 17, no. 4, pp. 1–10, 2022.
- [11] K. Sumaja, D. A. K. W. Pradnya, and P. P. H. Wiguna, “the Relationship Analysis of Radiation Intensity and Sunshine Duration With Weather Parameters At Meteorological Station Ngurah Rai and Their Effect on the Potential of Solar Power Plants in South Bali,” *Buletin Meteo Ngurah Rai*, vol. 5, no. 1, pp. 1–7, 2019.
- [12] F. A. F. Sugiono, P. D. Larasati, and E. A. Karuniawan, “Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Terhadap Potensi Pemanfaatan Plts Rooftop Di Bengkulu

- Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang,” *Jurnal Rekayasa Energi*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2022, doi: 10.31884/jre.v1i1.5.
- [13] B. H. Purwoto, J. Jatmiko, M. A. Fadilah, and I. F. Huda, “Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif,” *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 18, no. 1, pp. 10–14, 2018, doi: 10.23917/emitor.v18i01.6251.
- [14] A. Sasmito, A. S. Praja, L. F. Muzayanah, and R. S. Sri Sudewi, “Pengaruh Deklinasi Matahari terhadap parameter cuaca wilayah Malang dan sekitarnya,” *Indonesian Journal of Applied Physics*, vol. 11, no. 2, p. 164, 2021, doi: 10.13057/ijap.v11i2.44607.
- [15] D. Suryana, “Pengaruh Temperatur/Suhu Terhadap Tegangan Yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monokristalin (Studi Kasus: Baristand Industri Surabaya),” *Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri*, vol. 1, no. 2, pp. 5–8, 2016, doi: 10.36048/jtpii.v1i2.1791.
- [16] E. Tarigan and F. D. Kartikasari, “Analisis Potensi Atap Bangunan Kampus Sebagai Lokasi Penempatan Panel Surya Sebagai Sumber Listrik,” *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran dan Ilmu Kesehatan*, vol. 1, no. 1, 2017, doi: 10.24912/jmstkik.v1i1.414.
- [17] A. Mansur, “Analisa Dampak Bayangan Modul Terhadap Output PLTS,” *Energi & Kelistrikan*, vol. 11, no. 2, pp. 160–169, Nov. 2019, doi: 10.33322/energi.v11i2.746.
- [18] S. Mohammed and Q. Taha, “Special Issue of 2 nd Scientific Conference Analysis Of Shading Impact Factor On Photovoltaic Modules,” 2013.
- [19] A. Octavianti, M. Muliadi, and A. Apriansyah, “Estimasi Intensitas Radiasi Matahari di Wilayah Kota Makassar,” *Prisma Fisika*, vol. 6, no. 3, pp. 152–159, 2018, doi: 10.26418/pf.v6i3.28711.
- [20] F. Jabnabillah and N. Margina, “Analisis Korelasi Pearson Dalam Menentukan Hubungan Antara Motivasi Belajar Dengan Kemandirian Belajar Pada Pembelajaran Daring,” 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/>
- [21] A. P. Daya *et al.*, “Subuh Isnur Haryudo, Achmad Imam Agung, Unit Three Kartini.”
- [22] S. Hariyanto, “Rancang Bangun Reflector Untuk Mengoptimalkan Daya Serap Matahari Pada Panel Surya Dengan Variasi Sudut Guna Menghasilkan Daya Optimal,” 2021.
- [23] B. Noor Cahyadi, M. Khoirul Anam, and M. Effendy, “Analisis Terpadu: Dampak Sudut Kemiringan dan Irradiance pada Performa dan Aspek Ekonomi Sistem PLTS On-Grid 319,4 kWp,” *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 22, no. 2, pp. 139–143, Oct. 2023, doi: 10.23917/emitor.v22i2.22656.
- [24] F. Jabnabillah and N. Margina, “Analisis Korelasi Pearson Dalam Menentukan Hubungan Antara Motivasi Belajar Dengan Kemandirian Belajar Pada Pembelajaran Daring,” 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/>

- [25] C. K. Setiawan, S. Yanthy, Y. Mahasiswa, D. Dosen, and M. Unsurya, “The Body Shop Indonesia (Studi Kasus Pada Followers Account Twitter @TheBodyShopIndo).”