

**SKRIPSI**  
**ANALISIS HASIL PENCARIAN SUDUT OPTIMAL**  
**PANEL SURYA DI INDRALAYA MENGGUNAKAN**  
***SOFTWARE PVSYST***



**Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**Universitas Sriwijaya**

**OLEH:**

**MOHAMMAD ZAHARAN ALFARABI**

**03041282025087**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2024**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISIS HASIL PENCARIAN SUDUT OPTIMAL PANEL  
SURYA DI INDRALAYA MENGGUNAKAN *SOFTWARE*  
PVSYST**



**SKRIPSI**

**Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**Universitas Sriwijaya**

**OLEH:**

**MOHAMMAD ZAHRAN ALFARABI**

**03041282025087**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Teknik Elektro,**

**Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU**

**NIP. 197108141999031005**

**Palembang, 20 Juni 2024**

**Menyetujui,**

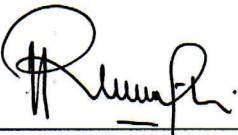
**Dosen Pembimbing,**

**Hermawati S.T., MT.**

**NIP. 197708102001122001**

## HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

Saya sebagai pembimbing menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kuantitas skripsi ini mencukupi sebagai mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan :   
Pembimbing Utama : Hermawati S.T., M.T.  
Tanggal : 20 / JUNI / 2024

## **PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mohammad Zahran Alfarabi  
NIM : 03041282025087  
Fakultas : Teknik  
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro  
Universitas : Sriwijaya  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pembangunan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

### **ANALISIS HASIL PENCARIAN SUDUT OPTIMAL PANEL SURYA DI INDRALAYA MENGGUNAKAN *SOFTWARE* PVSYST**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan), dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Indralaya

Pada Tanggal : 20 Juni 2024



Mohammad Zahran Alfarabi

NIM. 03041282025087

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mohammad Zahran Alfarabi

NIM : 03041282025087

Fakultas : Teknik

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Universitas : Sriwijaya

Hasil pengecekan *software iThenticate/Turnitin* : 13%

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian saya yang berjudul “Analisis Hasil Pencarian Sudut Optimal Panel Surya di Indralaya Menggunakan *Software PVsyst*” merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari ditemukan unsur penjiplakan / plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Indralaya, 20 Juni 2024



Mohammad Zahran Alfarabi

NIM. 03041282025087



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Analisis Hasil Pencarian Sudut Optimal Panel Surya Di Indralaya Menggunakan *Software* PVsyst". Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan akan sumber energi terbarukan yang semakin mendesak akibat keterbatasan sumber daya energi fosil dan dampak negatifnya terhadap lingkungan. Penentuan sudut optimal dalam desain PLTS akan memberikan peningkatan efisiensi penyerapan energi matahari pada panel surya, sehingga dapat mendukung pengembangan energi terbarukan yang berkelanjutan.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak akan terwujud tanpa bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orangtua tercinta, yang telah mendukung penulis dengan pengorbanan dan kasih sayang yang luar biasa.
2. Ibu Hermawati, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik dan dosen pembimbing tugas akhir yang selalu memberikan ilmu, bimbingan, saran, dan bantuan dari awal hingga akhir pengerjaan tugas akhir.
3. Ibu Caroline, S.T., M.T., Ibu Hj. Rahmawati, S.T., M.T., dan Ibu Hj. Ike Bayusari, S.T., M.T. selaku dosen penguji tugas akhir yang selalu memberikan ilmu, saran, dan masukan dalam proses pengerjaan tugas akhir.
4. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Dr. Eng. Ir. Suci Dwijayanti, S.T., M.S., IPM., selaku Sekertaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
6. Seluruh dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya yang telah mendidik dan memberikan ilmu selama masa perkuliahan.

7. Seluruh staf Fakultas Teknik serta staf Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya yang telah membantu dalam mengurus pemberkasan selama masa perkuliahan.
8. R. Fauzan Aziman, Muhammad Husein, Ivan Boni Ariel Litaay, Danel Adi Winarno, Asnawi Bermawi Orkha, Jamil Hafizh, dan Markuri Sangga Mitra yang telah menemani selama pengerjaan tugas akhir.
9. Teman-teman Teknik Elektro 2020 yang telah menemani dan membantu selama masa perkuliahan
10. Dan pihak-pihak yang membantu selama pengerjaan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan dan penyempurnaan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya di bidang energi terbarukan.

Palembang, 20 Juni 2024



Penulis,

Mohammad Zahran

Alfarabi

## ABSTRAK

### ANALISIS HASIL PENCARIAN SUDUT OPTIMAL PANEL SURYA DI INDRALAYA MENGGUNAKAN *SOFTWARE* PVSYST

(Mohammad Zahran Alfarabi, 03041282025087, 2024, 48 Halaman)

---

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sudut optimal pemasangan panel surya di wilayah Indralaya menggunakan *software* PVsyst, serta untuk mengevaluasi karakteristik pembangkitan energi pada berbagai sudut kemiringan. Latar belakang penelitian ini berakar pada pentingnya peran listrik dalam perekonomian Indonesia dan komitmen Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) untuk mencapai target *Net Zero Emission* pada tahun 2060. Simulasi menunjukkan bahwa sudut optimal untuk pembangkitan energi di Indralaya adalah  $7^\circ$  dan  $8^\circ$ , yang memaksimalkan efisiensi sepanjang tahun. Sudut optimal bervariasi setiap bulan, misalnya,  $0^\circ$  pada Januari dan  $32^\circ$  hingga  $35^\circ$  pada Juni. Variasi ini menunjukkan perlunya penyesuaian dinamis sudut kemiringan panel surya sesuai dengan perubahan musim dan posisi matahari untuk memaksimalkan produksi energi. Studi ini juga menemukan bahwa sudut-sudut kecil ( $0$ - $20$  derajat) cenderung menghasilkan energi yang lebih stabil sepanjang tahun, sementara sudut-sudut besar ( $60$ - $90$  derajat) menunjukkan ketidakstabilan dengan puncak produksi energi yang signifikan pada bulan Juni. Temuan ini mengindikasikan bahwa penyesuaian sudut kemiringan panel surya secara musiman dapat meningkatkan efisiensi produksi energi.

**Kata Kunci** - sudut optimal, panel surya, PVsyst, efisiensi energi, produksi energi, Indralaya, simulasi, energi terbarukan, sudut kemiringan.



## **ABSTRACT**

### **ANALYSIS OF SEARCH RESULTS FOR SOLAR PANEL OPTIMAL ANGLES IN INDRALAYA USING PVSYST SOFTWARE**

(Mohammad Zahran Alfarabi, 03041282025087, 2024, 48 Pages)

---

*This study aims to analyze the optimal tilt angle for solar panel installation in the Indralaya region using PVsyst software, and to evaluate the energy generation characteristics at various tilt angles. The background of this research is rooted in the critical role of electricity in Indonesia's economy and the commitment of the Ministry of Energy and Mineral Resources (ESDM) to achieve the Net Zero Emission target by 2060. Simulations and analyses reveal that the optimal tilt angles for maximizing energy production in the Indralaya region are 7° and 8°. At these angles, solar panels can maximize energy generation efficiency throughout the year. Additionally, a detailed analysis reveals that the optimal tilt angle varies each month; for example, in January, the best angle is 0°, while in June, the optimal angle ranges from 32° to 35°. This variation indicates the need for dynamic adjustment of the solar panel tilt angle in accordance with seasonal changes and the position of the sun to maximize energy production. The study also finds that smaller angles (0-20 degrees) tend to produce more stable energy throughout the year, whereas larger angles (60-90 degrees) show instability with significant energy production peaks in June. These findings suggest that seasonal adjustment of the solar panel tilt angle can enhance energy production efficiency.*

**Keywords** - *optimal tilt angle, solar panels, PVsyst, energy efficiency, energy production, Indralaya, simulation, renewable energy, tilt angle.*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN .....	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK .....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR RUMUS.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Energi Surya .....	5
2.2 Teori Sudut pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya .....	7
2.3 Efek <i>Photovoltaic</i> .....	8
2.4 Sel Surya.....	9
2.4.1. Sel surya <i>Monocrystalline</i> .....	9
2.4.2. Sel surya <i>Polycrystalline</i> .....	10
2.4.3. Sel Surya <i>Thin Film</i> .....	11
2.5 Karakteristik Sel Surya.....	11
2.6 Pembangkit Listrik Tenaga Surya .....	12
2.6.1. PLTS <i>Off-Grid</i> .....	13
2.6.2. PLTS <i>On-Grid</i> .....	14
2.6.3. PLTS <i>Hybrid</i> .....	15
2.7 <i>Software PVsyst</i> .....	16

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian .....	19
3.4 Metode Penelitian.....	20
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	21
3.2 Alat dan Bahan / Spesifikasi Alat.....	22
3.5 Desain Simulasi Penelitian .....	22
3.6 Prosedur Penelitian.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1 Umum.....	26
4.2 Data dan Parameter Simulasi .....	27
4.3 Analisis Hasil Simulasi .....	34
BAB V PENUTUP.....	48
5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran.....	48

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Peta Potensi Listrik Fotovoltaik.....	6
Gambar 2. 2 Gambar Grafik Karakteristik I -V Panel Surya.....	12
Gambar 2. 3 Skema PLTS Off-Grid.....	14
Gambar 2. 4 Skema PLTS On-Grid .....	15
Gambar 2. 5 Skema PLTS Hybrid.....	16
Gambar 2. 6 Tampilan beranda dari PVsyst.....	17
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	21
Gambar 3. 3 Letak Koordinat geografis simulasi .....	23
Gambar 3. 4 Penetapan beban pada simulasi sistem.....	23
Gambar 3. 5 Distribusi beban sistem .....	24
Gambar 3. 6 Pengaturan sudut panel surya pada PVsyst.....	24
Gambar 4. 1 Tampilan data meteo bulanan dari PVGIS TMY .....	26
Gambar 4. 2 Tampilan hasil simulasi PVsyst.....	27
Gambar 4. 3 Grafik Energi yang dihasilkan dengan sudut 0° .....	34
Gambar 4. 4 Grafik Energi yang dihasilkan dengan sudut 10° .....	35
Gambar 4. 5 Grafik Energi yang dihasilkan dengan sudut 20° .....	35
Gambar 4. 6 Grafik Energi yang dihasilkan dengan sudut 30° .....	36
Gambar 4. 7 Grafik Energi yang dihasilkan dengan sudut 40° .....	37
Gambar 4. 8 Grafik Energi yang dihasilkan dengan sudut 50° .....	37
Gambar 4. 9 Grafik Energi yang dihasilkan dengan sudut 60° .....	38
Gambar 4. 10 Grafik Energi yang dihasilkan dengan sudut 70° .....	39
Gambar 4. 11 Grafik Energi yang dihasilkan dengan sudut 80° .....	39
Gambar 4. 12 Grafik Energi yang dihasilkan dengan sudut 90° .....	40
Gambar 4. 13 Grafik Energi yang dihasilkan dengan sudut 0°, 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80°, 90° .....	41
Gambar 4. 14 Grafik Energi total yang dihasilkan pada tiap sudut (°).....	43

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Waktu Penelitian.....	19
Tabel 3. 2 Spesifikasi Storage system .....	22
Tabel 3. 3 Spesifikasi PV Module.....	22
Tabel 4. 1 Hasil Simulasi PVsyst .....	28
Tabel 4. 2 Nilai optimal dan kerugian terhadap sudut optimal .....	44



## DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Radiasi Matahari pada bidang miring.....	8
Rumus 2.2 Rumus Daya Maksimal.....	12
Rumus 4.1 Penentuan Sudut Optimal.....	44
Rumus 4.2 Penentuan Kerugian terhadap sudut optimal.....	44

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Listrik di Indonesia berperan sebagai jantung perekonomian dan menjadi pendorong utama dalam mendukung visi pembangunan berkelanjutan. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) berkomitmen penuh untuk menyediakan akses listrik yang bersih, terjangkau, dan berkelanjutan. Tujuannya bukan hanya menciptakan keberlanjutan ekonomi, tetapi juga untuk mencapai target *Net Zero Emission* pada tahun 2060 [1]. Secara umum, sumber bahan bakar energi listrik masih didominasi dari energi konvensional atau energi fosil, yang tidak bersifat terbarukan.

Energi surya yang berasal dari matahari merupakan salah satu energi terbarukan yang telah dimanfaatkan di banyak belahan dunia dan jika dieksploitasi dengan tepat, energi ini berpotensi mampu menyediakan kebutuhan konsumsi energi dunia saat ini dalam waktu yang lama [2]. Pembangkit listrik tenaga surya menggunakan energi surya yang dikonversikan menjadi energi listrik menggunakan panel surya. Pemanfaatan panel surya inilah yang dapat membantu transisi energi dari energi konvensional menuju energi yang bersih. Untuk mencapai pembangkitan energi yang maksimal panel surya harus diletakkan pada sudut optimal. Penerapan nilai sudut optimal terhadap instalasi panel surya dapat meningkatkan penerimaan radiasi langsung dari matahari [3]. Semakin mendekati tegak lurus terhadap datangnya cahaya matahari maka tegangan dan arusnya akan semakin besar, selain itu semakin mendekati tegak lurus sudut pengarah mendekati cahaya matahari maka semakin besar dayanya [4].

Penelitian di Ciparay, Kabupaten Bandung, menemukan bahwa optimal sudut tilt dan arah azimuth panel fotovoltaik untuk tipe panel fotovoltaik yang tetap (*fixed panel*), optimal arah azimuth panel adalah menghadap ke utara dengan sudut *tilt* sekitar  $10^\circ$  [5].

Penelitian di kota Meulaboh menggunakan simulasi PVsyst untuk mendapatkan simulasi data tahunan dari pembangkit listrik tenaga surya dan

didapatkan bahwa untuk mencapai pembangkitan energi listrik yang maksimal sudut kemiringan optimal adalah  $5^\circ$  dengan orientasi menghadap selatan [6].

Wilayah indralaya, sebagai lokasi geografis yang terletak di kawasan ekuator, memiliki karakteristik cahaya matahari yang berbeda-beda sepanjang tahun. Variasi sudut datang sinar matahari secara langsung memengaruhi kinerja panel surya. Penentuan sudut optimal untuk panel surya di Wilayah indralaya menjadi krusial dalam memaksimalkan energi yang dihasilkan. Penggunaan perangkat lunak simulasi seperti PVsyst memungkinkan pendekatan yang lebih tepat dengan memungkinkan simulasi yang lebih akurat dan relevan terhadap kondisi aktual, yang dapat memberikan pandangan yang lebih terperinci terhadap sudut optimal panel surya di Wilayah indralaya.

Oleh karena itu, skripsi ini bertujuan untuk melakukan penelitian mendalam terhadap sudut optimal penempatan panel surya di Wilayah indralaya dengan menggunakan perangkat lunak PVsyst. Dengan pemahaman yang lebih dalam terkait sudut optimal ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi penting dalam meningkatkan efisiensi dan kinerja sistem panel surya di wilayah ini.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah investigasi terhadap sudut optimal pemasangan panel surya untuk mencapai efisiensi konversi energi matahari menjadi energi listrik yang maksimal. Dalam upaya memaksimalkan efisiensi konversi tersebut, penentuan sudut pemasangan menjadi aspek penting, mengingat bahwa kesalahan dalam menentukan sudut dapat mengakibatkan penurunan efisiensi pembangkitan energi. Sudut pemasangan yang optimal, yang mampu mencapai tingkat efisiensi tertinggi, menjadi faktor krusial dalam pengembangan sistem pembangkit energi surya.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisis hasil pencarian sudut optimal pemasangan PV panel untuk daerah wilayah Indralaya, dengan menggunakan simulasi software PVsyst untuk mengumpulkan data, dan analisis yang dilakukan untuk mendapatkan sudut optimal yang mampu menghasilkan energi listrik yang maksimal.
2. Menganalisis karakteristik tiap sudut dari panel surya, dan melihat variasi pembangkitan energi per bulan dalam satu tahun.

### 1.4 Batasan Masalah

1. Menggunakan *software* PVsyst.
2. Simulasi dilakukan di area Wilayah Indralaya.
3. Menggunakan jenis PLTS *Off-grid*
4. Menggunakan panel surya *Polycrystalline* dengan nominal daya 10 Wp.
5. Menggunakan sudut 0 – 90 derajat.
6. Tidak meninjau pengaruh shading terhadap pembangkitan energi listrik panel surya

### 1.5 Sistematika Penulisan

Dibawah ini adalah struktur penulisan yang disusun guna mempermudah penyusunan penelitian dalam tugas akhir ini:

## BAB I PENDAHULUAN

Pada bab satu ini, akan dijelaskan latar belakang penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan tata cara penyusunan penulisan.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab 2 ini, akan dibahas mengenai teori-teori terkait energi surya, pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), sel surya, teori sudut yang berkaitan dengan penerimaan radiasi pada panel surya, serta penjelasan mengenai *software* PVsyst.

### **BAB III METODELOGI PENELITIAN**

Bab 3 ini akan mengulas mengenai lokasi penelitian, waktu penelitian, diagram alir penelitian, metode penelitian, desain simulasi penelitian, dan prosedur penelitian.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menjelaskan tentang hasil pengujian dari pembangkit listrik tenaga surya yang telah di simulasikan, analisis karakteristik dari energi yang dihasilkan selama periode satu tahun dari tiap variasi sudut. Analisis energi total yang dihasilkan selama satu tahun, dan perbandingan nilai variasi sudut tersebut terhadap nilai sudut optimal yang menghasilkan energi maksimal.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi pemaparan kesimpulan yang didapat dari penelitian yang telah dilakukan dan saran penulis kepada pembaca mengenai kelemahan dan kekurangan dari penelitiannya.

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRA**



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Cahyono Adi, “Kementerian ESDM RI - Media Center - Arsip Berita - Kementerian ESDM Geliatkan Nilai Tambah Sumber Daya Alam,” *Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral*, 2023. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/kementerian-esdm-geliatkan-nilai-tambah-sumber-daya-alam> (accessed Nov. 15, 2023).
- [2] G. Widayana, “PEMANFAATAN ENERGI SURYA,” *JPTK, UNDIKSHA*, vol. 9, no. 1, pp. 37–46, 2012, [Online]. Available: <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JPTK/article/view/2876/2378>
- [3] S. Ali and T. . Aziz Pandria, “Penentuan Sudut Kemiringan Optimal Panel Surya Untuk Wilayah Meulaboh,” *J. Mekanova Mek. Inov. dan Teknol.*, vol. 5, no. 1, pp. 21–29, 2019, doi: 10.35308/jmkn.v5i1.1621.
- [4] Suwarti, Wahyono, and B. Prasetyo, “Analisis Pengaruh Intensitas Matahari, Suhu Permukaan & Sudut Pengarah Terhadap Kinerja Panel Surya,” *Eksergi*, vol. 14, no. 3, pp. 78–85, 2018, doi: 10.32497/eksergi.v14i3.1373.
- [5] R. Darussalam, A. Rajani, K. Kusnadi, and T. D. Atmaja, “Pengaturan Arah Azimuth Dan Sudut Tilt Panel Photovoltaic Untuk Optimalisasi Radiasi Matahari, Studi Kasus: Bandung - Jawa Barat,” *Pros. Semin. Nas. Fis. SNF*, vol. V, pp. SNF2016-ERE-31-SNF2016-ERE-36, 2016, doi: 10.21009/0305020606.
- [6] T. M. A. Pandria, M. Muzakir, E. Mawardi, S. Samsuddin, M. Munawir, and M. Mukhlizar, “Penentuan Sudut Kemiringan Optimum Berdasarkan Energi Keluaran Panel Surya,” *J. Serambi Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 1655–1661, 2021, doi: 10.32672/jse.v6i1.2665.
- [7] Solargis, *Solar Resource and Photovoltaic Power Potensial of Indonesia*, no. May. 2017.
- [8] D. . Pangestuningtyas, H. Hermawan, and K. Karnoto, “Analisis sudut panel solar cell terhadap daya output dan efisiensi yang dihasilkan,” *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 2, pp. 0–7, 2020.
- [9] A. Rachmi, B. Prakoso, Hanny Berchmans, I. Devi Sara, and Winne,

*Panduan Perencanaan dan Pemanfaatan PLTS atap di Indonesia.* 2020.

- [10] H. Sakke Tira, A. Natsir, and M. Rezanul Iqbal, "Pengaruh Sudut Surya terhadap Daya Keluaran Sel Surya 10 WP Tipe Polycrystalline," *J. Tek. Mesin Univ. Mataram*, vol. 7, no. 2, pp. 69–74, 2018.
- [11] J. Abdurakman, "PENGARUH VARIASI SUDUT KEMIRINGAN PANEL SURYA MONOCRYSTALLINE TERHADAP KELUARAN DAYA DI UNIVERSITAS TIDAR MAGELANG," *J. Elektro Univ. Tidar*, pp. 5–24, 2023.
- [12] S. Dwisetyowati, "Performa Sel Surya," pp. 6–53, 2008.
- [13] G. Ngurah *et al.*, "Kajian Energi Surya Untuk Pembangkit Tenaga Listrik," vol. 4, no. 1, pp. 29–33, 2005.
- [14] F. A. Widiharsa, "Karakteristik Panel Surya dengan Variasi Intensitas Radiasi dan Temperatur Permukaan Panel," *Transmisi*, vol. 4, pp. 233–242, 2006, [Online]. Available: <https://jurnal.unmer.ac.id/index.php/jtmt/article/view/4457>
- [15] N. Safitri, P. N. Lhokseumawe, T. Rihayat, and P. N. Lhokseumawe, *NO . ISBN 978-623-91323-0-9*, no. June. 2020.
- [16] Sun Terra, "Panel Surya Polycrystalline: Pengertian, Kekurangan, dan Kelebihannya - SUN Terra," 2023. <https://www.sunterra.id/panel-surya-polycrystalline/>
- [17] A. R. Dewananta, R. A. Rahmadhani, D. M. Fantoja, M. Muharom, and G. Setyono, "Rancang Bangun Rombong Listrik Dengan Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Kapasitas 200 Watt," *J. Syst. Eng. Technol. Innov.*, vol. 1, no. 01, pp. 1–6, 2022, doi: 10.38156/jisti.v1i01.9.
- [18] A. Ramadhan, Ilmar, E. Diniardi, and S. Mukti, Hari, "Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP," *Tek. 37 (2), 2016, 59-63*, vol. 11, no. 2, pp. 61–78, 2016, doi: 10.14710/teknik.v37n2.9011.
- [19] M. R. Ardiansyah and D. T. Elektro, "OPTIMASI KINERJA INVERTER PADA SMARTGRID PHOTOVOLTAIC SYSTEM BERBASIS NEURAL NETWORK Unit Three Kartini," pp. 727–739.
- [20] "PVsyst Perangkat lunak fotovoltaik," 2024. <https://www.pvsyst.com/>