

ANALISIS PENGARUH FLUKTUASI SUHU PERMUKAAN PANEL SURYA TERHADAP KINERJA PADA PANEL SURYA MONOKRISTALIN

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Strata Satu (S1) Pada
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Islam Nusantara

Oleh:

DECKY PUTRA KURNIA

4103 7002 21 1003



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM NUSANTARA

2025

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH FLUKTUASI SUHU PERMUKAAN PANEL SURYA TERHADAP KINERJA PADA PANEL SURYA MONOKRISTALIN

DECKY PUTRA KURNIA

4103 7002 21 1003

Disetujui dan disahkan pada Sidang Skripsi

pada tanggal:

Pembimbing I

Pembimbing II

Ganis Sanhaji, S.Si., M.Sc.

Joko Haryatno, S.T., M.T.

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Prodi Teknik Elektro

Dr. Ricky Yoseptry, S.T., M.M.Pd.

Ganis Sanhaji, S.Si., M.Sc.

LEMBAR PENGESAHAN

REVISI SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH FLUKTUASI SUHU PERMUKAAN PANEL SURYA
TERHADAP KINERJA PADA PANEL SURYA MONOKRISTALIN**

Telah Direvisi

Oleh:

DECKY PUTRA KURNIA

4103 7002 21 1003

Bandung, 2025

Mengesahkan,

Penguji I

Penguji II

Dr. Iksal Rachman, M.T.

Dr. Tedjo Darmanto, M.T.

Ketua Sidang

Dr. Ricky Yoseptry, S.T., M.M.Pd.

LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Decky Putra Kurnia

NIM : 41037002211003

Program Studi: Teknik Elektro

Menyatakan bahwa Skripsi yang berjudul:

ANALISIS PENGARUH FLUKTUASI SUHU PERMUKAAN PANEL SURYA TERHADAP KINERJA PADA PANEL SURYA MONOKRISTALIN dibuat dengan sebenar-benarnya dari penelitian, pemikiran dan pemaparan hasil saya sendiri, untuk melengkapi sebagai pernyataan menjadi Sarjana (S1) pada jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Islam Nusantara Bandung, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari buku Skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan jenjang Sarjana (S1) di lingkungan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Islam Nusantara Bandung maupun perguruan-perguruan tinggi atau instansi manapun kecuali bagian yang sumber informasi dicantumkan sebagaimana mestinya.

Bandung, 24 Januari 2025

Yang membuat pernyataan,

DECKY PUTRA KURNIA

NIM. 41037002211003

BIODATA PENULIS



Nama : Decky Putra Kurnia

Tempat, Tanggal Lahir : Sumedang, 23 April 2002

Telepon : +6282118233253

Email : deckyputrakurnia2304@gmail.com

Riwayat Pendidikan : SD Negeri 1 Buahdua Sumedang
MTs Negeri 7 Sumedang
SMK Negeri 1 Buahdua Sumedang

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *“ANALISIS PENGARUH FLUKTUASI SUHU PERMUKAAN PANEL SURYA TERHADAP KINERJA PADA PANEL SURYA MONOKRISTALIN”*. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) di Universitas Islam Nusantara Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam penyelesaian penelitian ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Endang Komara, M.Si., selaku Rektor Universitas Islam Nusantara, yang telah memberikan fasilitas dan dukungan akademik selama proses perkuliahan.
2. Dr. Ricky Yoseptry., S.T, M.M.Pd., selaku Dekan Fakultas Fakultas Teknik, atas dukungan dan bimbingannya.
3. Ganis Sanhaji, S.Si, M..Sc., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, yang senantiasa memberikan pengarahan dan nasihat kepada penulis.
4. Ganis Sanhaji, S.Si., M.Sc., selaku dosen pembimbing skripsi, yang telah memberikan arahan, kritik, dan saran selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
5. Seluruh dosen dan staf pengajar di Program Studi Teknik Elektro, yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan dan pengalaman selama masa perkuliahan.
6. Keluarga tercinta, yang selalu mendoakan, memberikan dukungan moral, serta motivasi kepada penulis.

7. Teman seperjuangan skripsi Julian dan Herlan, yang senantiasa memberikan semangat dan kebersamaan selama studi.
8. Teman-teman seperjuangan di program studi teknik elektro angkatan 2021, yang senantiasa memberikan semangat dan kebersamaan selama studi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat, baik bagi penulis sendiri maupun bagi pembaca pada umumnya.

Akhir kata, semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan berkah-Nya kepada kita semua. Amin.

Bandung, 24 Januari 2025

DECKY PUTRA KURNIA

NIM. 41037002211003

ABSTRAK

Nama : Decky Putra Kurnia

Program Studi : Teknik Elektro

Judul : ANALISIS PENGARUH FLUKTUASI SUHU PERMUKAAN PANEL SURYA TERHADAP KINERJA PADA PANEL SURYA MONOKRISTALIN

Indonesia mempunyai rata-rata radiasi harian nasional 5,6 kWh/m² hal ini memiliki potensi besar untuk pengembangan energi surya terutama di daerah terpencil yang belum terjangkau listrik. Namun, efisiensi panel surya dipengaruhi oleh fluktuasi suhu, cuaca mendung, dan intensitas cahaya.

Penelitian ini menganalisis pengaruh fluktuasi suhu permukaan panel surya terhadap efisiensi panel surya monokristalin di Kota Bandung. Dengan pengukuran langsung, penelitian ini mengevaluasi hubungan antara suhu dan efisiensi panel surya. Hasilnya menunjukkan suhu tinggi dan cuaca buruk signifikan dapat menurunkan kinerja panel. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan teknologi panel surya yang lebih adaptif untuk wilayah tropis dan mendukung elektrifikasi daerah terpencil.

Kata Kunci: Energi surya, Fluktuasi suhu, Efisiensi panel surya, Energi terbarukan

ABSTRACT

Name : Decky Putra Kurnia

Study Program : Electrical Engineering

Title : ANALYSIS OF THE EFFECT OF SOLAR PANEL SURFACE
TEMPERATURE FLUCTUATIONS ON PERFORMANCE IN
MONOCRYSTALLINE SOLAR PANELS

Indonesia has a national average daily radiation of 5.6 kWh/m², this has great potential for the development of solar energy, especially in remote areas that have not yet been reached by electricity. However, the efficiency of solar panels is affected by temperature fluctuations, cloudy weather, and light intensity.

This study analyzes the effect of fluctuations in the surface temperature of solar panels on the efficiency of monocrystalline solar panels in the city of Bandung. With direct measurements, the study evaluated the relationship between temperature and efficiency of solar panels. The results show that high temperatures and significant inclement weather can degrade the performance of the panels. This research contributes to the development of solar panel technology that is more adaptive for tropical regions and supports the electrification of remote areas.

Keywords: Solar energy, Temperature fluctuations, Solar panel efficiency, Renewable energy

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	iii
BIODATA PENULIS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Jadwal Penelitian	5
1.7 Sistematika Penulisan	5
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Energi Surya	9
2.3 Suhu Matahari dan Potensinya	10
2.4 Fluktuasi Suhu Permukaan Panel Surya	11
2.5 Panel Surya	12
2.6 Pengaruh Cuaca terhadap efisiensi Panel Surya	15
2.7 Posisi Penelitian	16
BAB III PERANCANGAN SISTEM DAN IMPLEMENTASI SISTEM	18
3.1 Kerangka Berpikir	18
3.2 Metode Penelitian	19
3.3 Perencanaan Eksperimen	20
3.4. Perencanaan Blok Diagram	25

3.5 Perencanaan Pengukuran dan Pengujian Serta Analisis.....	28
3.6 Perencanaan Hardware.....	31
BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISIS	33
4.1 Pengujian Suhu dan Tegangan.....	33
4.2 Analisis Hubungan Suhu dan Tegangan Panel Surya.....	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Kesimpulan.....	60
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	66

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Tabel Jadwal Penelitian.....	5
Tabel 2.1 Tabel Penelitian Terdahulu.....	8
Tabel 4. 1 Tabel Suhu dan Tegangan Panel Surya 1 hari Sabtu, 25 Januari 2025	34
Tabel 4. 2 Tabel Suhu dan Tegangan Panel Surya 1 hari Minggu, 26 Januari 2025.....	36
Tabel 4. 3 Tabel Suhu dan Tegangan Panel Surya 1 hari Senin, 27 Januari 2025	39
Tabel 4. 4 Tabel Suhu dan Tegangan Panel Surya 2 hari Sabtu, 25 Januari 2025	41
Tabel 4. 5 Tabel Suhu dan Tegangan Panel Surya 2 hari Minggu, 26 Januari 2025.....	43
Tabel 4. 6 Tabel Suhu dan Tegangan Panel Surya 2 hari Senin, 27 Januari 2025	45
Tabel 4. 7 Tabel Suhu dan Tegangan Panel Surya 3 hari Sabtu, 25 Januari 2025	47
Tabel 4. 8 Tabel Suhu dan Tegangan Panel Surya 3 hari Minggu, 26 Januari 2025.....	49
Tabel 4. 9 Tabel Suhu dan Tegangan Panel Surya 3 hari Senin, 27 Januari 2025	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Efek Fotovoltaik	14
Gambar 3.1 Gambar Flowchart Sistem	25
Gambar 4.1 Gambar Grafik Hubungan Suhu dan Tegangan Panel Surya 1	52
Gambar 4.2 Gambar Grafik Hubungan Suhu dan Tegangan Panel Surya 2	55
Gambar .3 Gambar Grafik Hubungan Suhu dan Tegangan Panel Surya 3	57
Gambar L.1 Gambar Surat Keputusan Tugas Akhir	66
Gambar L.2 Gambar Surat Permohonan Penelitian Tugas Akhir	67
Gambar L.3 Gambar Surat Bimbingan Tugas Akhir.....	68
Gambar L.4 Gambar Surat Bimbingan Tugas Akhir.....	69
Gambar L.5 Gambar Pengukuran Tegangan Panel Surya 1	70
Gambar L.6 Gambar Pengukuran Tegangan Panel Surya 2	70
Gambar L.7 Gambar Pengukuran Tegangan Panel Surya 3.....	71
Gambar L.8 Gambar Pengukuran Suhu Permukaan Panel Surya	71
Gambar L.9 Gambar Hasil Pengukuran Suhu Permukaan Panel Surya 1	72
Gambar L.10 Gambar Hasil Pengukuran Suhu Permukaan Panel Surya 2	72
Gambar L.11 Gambar Hasil Pengukuran Suhu Permukaan Panel Surya 3.....	73

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Energi surya telah menjadi pusat perhatian dalam upaya global untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang tidak terbarukan. Ketergantungan ini tidak hanya menyebabkan cadangan sumber daya fosil semakin menipis, tetapi juga menghasilkan emisi karbon yang memicu perubahan iklim global. Dampak negatif dari penggunaan bahan bakar fosil meliputi peningkatan suhu bumi, perubahan cuaca ekstrem, kenaikan permukaan air laut, serta terganggunya ekosistem alam (Dwisari, et al., 2023).

Sebagai alternatif yang berkelanjutan, energi surya menawarkan berbagai keunggulan. Sumber daya ini melimpah, dapat diperbarui, dan tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca selama penggunaannya. Indonesia, dengan posisi geografisnya di wilayah tropis, memiliki potensi besar untuk memanfaatkan energi surya sepanjang tahun. Pemanfaatan energi surya dapat dilakukan melalui pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), panel surya, pemanas air, dan berbagai inovasi teknologi lainnya yang terus berkembang (Dwisari, et al., 2023).

Transisi energi menuju pemanfaatan energi surya tidak hanya berkontribusi pada pengurangan emisi karbon tetapi juga mendukung ketahanan energi nasional dengan mengurangi ketergantungan pada sumber energi impor. Dengan investasi yang konsisten dan pengembangan teknologi seperti sistem penyimpanan energi yang andal serta panel surya yang lebih efisien, energi surya memiliki potensi besar untuk menjadi salah satu pilar utama dalam portofolio energi global di masa depan (Dwisari, et al., 2023).

Indonesia merupakan negara yang terletak di garis khatulistiwa, sehingga memiliki karakteristik geografis unik dengan dua musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Sepanjang tahun, wilayah Indonesia menerima sinar matahari yang melimpah, memberikan potensi besar untuk memanfaatkan energi surya sebagai salah satu sumber energi terbarukan. Berdasarkan data dari Global Solar Atlas, potensi rata-rata radiasi harian di Indonesia mencapai 5,6 kWh/m², dengan potensi rata-rata tahunan mencapai

2.045 kWh/m². Kondisi ini menunjukkan bahwa energi surya memiliki potensi besar untuk dikembangkan, terutama di daerah terpencil yang belum terjangkau oleh jaringan listrik PLN (Windarto, et al., 2024).

Sebagai negara dengan sumber daya energi surya yang melimpah, Indonesia berpotensi untuk menjadi salah satu pelopor pemanfaatan energi surya di kawasan tropis. Energi ini dapat dimanfaatkan melalui teknologi panel surya yang mengintegrasikan sel surya untuk mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik (Senaen, et al., 2023). Teknologi panel surya telah mendapat perhatian luas karena sifatnya yang ramah lingkungan, tidak terbatas, dan dapat diperbaharui. Panel surya dirancang dengan modul sel surya yang mampu menangkap energi matahari dan mengubahnya menjadi listrik yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan sehari-hari (Sitepu, et al., 2024).

Namun, keberhasilan teknologi panel surya sangat bergantung pada kondisi cuaca dan lingkungan. Fluktuasi intensitas matahari, perubahan suhu, kerapatan awan, dan kondisi atmosfer lainnya dapat mempengaruhi kinerja panel surya secara signifikan. Radiasi matahari yang stabil pada cuaca cerah cenderung menghasilkan efisiensi tinggi, sedangkan saat mendung, efisiensi dapat menurun akibat berkurangnya intensitas radiasi yang diterima oleh panel surya (Kanugrahan, et al., 2022). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa perubahan kerapatan awan, cuaca mendung, suhu lingkungan, dan sudut jatuhnya sinar matahari di permukaan bumi merupakan faktor penting yang mempengaruhi efisiensi sistem fotovoltaik.

Kondisi lingkungan seperti suhu udara, kecepatan angin, dan cuaca mendung menjadi komponen vital yang mempengaruhi performa panel surya. Misalnya, perubahan suhu yang signifikan dapat mempengaruhi efisiensi sel surya melalui mekanisme semikonduktor yang sensitif terhadap fluktuasi suhu. Celah pita semikonduktor, yaitu perbedaan energi antara pita valensi dan pita konduksi, dapat menyusut saat suhu naik, yang menyebabkan penurunan nilai transpor energi. Selain itu, kenaikan suhu juga meningkatkan resistansi komponen, yang memperlambat laju transpor elektron dan berujung pada penurunan efisiensi panel surya (Nurhasanah, et al., 2023). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan ilmiah yang bermanfaat untuk pengembangan

energi terbarukan di Indonesia serta mendukung optimalisasi sistem panel surya yang lebih efektif dan efisien.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, terdapat beberapa permasalahan utama yang menjadi fokus penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana fluktuasi suhu permukaan panel surya mempengaruhi kinerja panel surya?
2. Apa saja kondisi cuaca yang memberikan pengaruh signifikan terhadap efisiensi panel surya?
3. Bagaimana hubungan antara suhu permukaan panel dan efisiensi sel surya dalam kondisi cuaca cerah atau mendung?

1.3 Batasan Masalah

1. Paramater pengukuran alat ini hanya pada panel surya.
2. Pengukuran dilakukan hanya suhu permukaan panel surya dan tegangan keluaran dari panel surya tersebut.
3. Analisa pengukuran suhu permukaan panel tidak mengukur suhu lingkungan di sekitar panel surya.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan utama, yaitu:

1. Menganalisis pengaruh fluktuasi suhu permukaan panel terhadap kinerja panel surya.
2. Mengidentifikasi kondisi cuaca yang mempengaruhi kinerja panel surya.
3. Menganalisis hubungan antara tingkat suhu permukaan panel surya dan penurunan efisiensi sel surya.
4. Mengidentifikasi hubungan antara cuaca mendung dan penurunan kapasitas daya output dari panel surya.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat Teoritis:

1. Penelitian ini dapat memperkaya literatur mengenai hubungan antara fluktuasi suhu permukaan panel dan efisiensi panel surya dalam berbagai kondisi cuaca.
2. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya, khususnya dalam kajian tentang pengaruh faktor lingkungan terhadap performa sistem fotovoltaik.
3. Memberikan pemahaman ilmiah mengenai mekanisme kerja semikonduktor dalam kondisi cuaca yang beragam, seperti perubahan suhu, cuaca mendung, dan intensitas cahaya matahari.

Manfaat Praktis:

1. Memberikan panduan bagi perancang dan pengembang teknologi panel surya untuk meningkatkan efisiensi perangkat di wilayah tropis seperti Indonesia, yang memiliki pola cuaca dinamis.
2. Hasil penelitian ini dapat membantu operator dan pengguna panel surya untuk mengoptimalkan penggunaan energi surya dengan mempertimbangkan faktor-faktor cuaca yang mempengaruhi daya keluaran.
3. Menyediakan data yang relevan untuk mendukung kebijakan energi terbarukan, khususnya dalam mendorong implementasi panel surya di wilayah terpencil yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik konvensional.

1.6 Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Waktu																									
		September				Oktober				November				Desember				Januari				Februari					
1	Persiapan Penelitian																										
	a. Penelitian Awal																										
	b. Penyusunan Proposal																										
	c. Seminar Proposal																										
	d. Pembuatan SK Pembimbing dan Surat Izin Penelitian																										
2	Pelaksanaan																										
	a. Penelitian Lanjutan dan Pengukuran Panel Surya																										
	b. Pengumpulan dan Analisa Data																										
3	Pelaporan																										
	a. Pembuatan Laporan																										
	b. Pra-Sidang Tugas Akhir																										
	c. Sidang Akhir																										
	d. Perbaikan Tugas Akhir																										

Tabel 1.1 Tabel Jadwal Penelitian

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir disusun untuk memberikan penjelasan singkat mengenai bab-bab dalam laporan tugas akhir, yang meliputi:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini merupakan pengantar terhadap permasalahan yang akan dibahas. Didalamnya menguraikan tentang gambaran suatu penelitian yang mencakup: latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, jadwal penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini membahas teori-teori yang digunakan serta penelitian-penelitian terkait yang mendukung topik penelitian ini, sehingga membentuk dasar yang kuat bagi penelitian ini, mencakup bagian landasan teori dan penelitian terkait.

BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

Bab ini membahas tentang bagaimana penelitian ini dilakukan, yang mencakup kerangka berfikir, metode penelitian, prosedur penelitian, perencanaan eksperimen, perencanaan blok diagram hingga rancangan sistem yang akan dikembangkan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menjelaskan hasil dari penelitian yang telah dilakukan meliputi hasil analisis sampai pada hasil ujicoba sistem yang telah dibangun.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan bab terakhir dari laporan penelitian yang akan menjelaskan tentang kesimpulan dari penelitian dan saran hal-hal yang masih dapat dikembangkan lebih lanjut atau yang belum dikerjakan.

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Teknologi/Metode Yang Digunakan	Kesimpulan
1	Kajian Perubahan Iklim Terhadap Efisiensi Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif Di Indonesia	Nurhasanah et al. (2023)	- Panel surya berbasis sel fotovoltaik - Sensor LDR dan mikrokontroler AVR - Penelitian kualitatif dengan metode kajian pustaka	Suhu lingkungan yang terlalu tinggi dapat menurunkan efisiensi panel surya. Efisiensi terbaik dicapai pada suhu 15°C–35°C, tetapi dapat menurun pada suhu di atas 65°C.
2	Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Terhadap Kapasitas Daya Yang Dihasilkan	Harun et al. (2023)	- panel surya berbasis sel fotovoltaik - Pengukuran langsung - interval setiap satu jam	Suhu permukaan panel surya sangat berpengaruh terhadap efisiensinya. Semakin tinggi suhu

			• Perhitungan daya input dan output	permukaan, semakin rendah daya yang dihasilkan.
3	Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya	Harahap et al. (2020)	• Sel surya polycrystalline • Pengukuran Eksperimental • thermometer, lux meter, multimeter, solar charge controller, inverter, dan baterai • Data diambil setiap 3 jam sekali • Tegangan (Volt), arus (Ampere), daya output (Watt), dan daya input (Watt).	Suhu permukaan panel surya sangat berpengaruh terhadap efisiensi daya yang dihasilkan. Semakin tinggi suhu permukaan, efisiensi panel surya menurun.

Tabel 2.1 Tabel Penelitian Terdahulu

2.2 Energi Surya

Energi surya merupakan salah satu bentuk energi terbarukan yang dihasilkan dari cahaya matahari. Cahaya ini dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik maupun panas. Keunggulan utama energi surya adalah ketersediaannya yang melimpah dan ramah lingkungan, karena tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca seperti halnya bahan bakar fosil. Sebagai sumber energi terbarukan, energi surya sangat relevan untuk memenuhi kebutuhan energi masa depan dengan dampak lingkungan yang minimal (Samsurizal, et al., 2021).

Relevansi Energi Surya memiliki peran penting dalam transisi menuju sistem energi yang berkelanjutan. Beberapa keunggulan energi surya meliputi:

1. **Ketersediaan Melimpah:** Matahari merupakan sumber energi yang hampir tidak terbatas dan dapat dimanfaatkan di hampir semua lokasi di dunia.
2. **Ramah Lingkungan:** Energi surya tidak menghasilkan polusi udara maupun emisi karbon, sehingga membantu mengurangi dampak perubahan iklim.
3. **Pengurangan Ketergantungan:** Dengan memanfaatkan energi surya, ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dapat berkurang, yang berarti juga mengurangi risiko fluktuasi harga energi global.

(Samsurizal, et al., 2021).

Namun, penggunaan energi surya juga memiliki tantangan, seperti kebutuhan lahan untuk instalasi panel surya dan ketergantungan pada kondisi cuaca. Oleh karena itu, optimalisasi teknologi seperti panel fotovoltaik terus dikembangkan untuk meningkatkan efisiensinya (Samsurizal, et al., 2021).

Penggunaan energi surya telah diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk pembangkitan listrik, pemanas air, hingga aplikasi di sektor pertanian. Salah satu keunggulan panel surya adalah efisiensinya dalam menghasilkan listrik dengan biaya operasional yang rendah dan umur pemakaian yang panjang. Selain itu, energi surya menjadi solusi ideal untuk wilayah terpencil yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik

konvensional, sehingga membantu mendorong kemandirian energi di berbagai daerah (Harun, et al., 2023).

Dengan potensi besar yang dimiliki, energi surya dapat menjadi tulang punggung dalam upaya global untuk mengatasi perubahan iklim. Dorongan inovasi dan komitmen terhadap kebijakan yang mendukung transisi energi terbarukan diperlukan untuk memastikan keberlanjutan pemanfaatan energi surya. Di masa depan, energi ini diharapkan tidak hanya memenuhi kebutuhan energi domestik tetapi juga menjadi bagian penting dari solusi energi global (Rahmadani, O., D., T. 2024).

2.3 Suhu Matahari dan Potensinya

Suhu matahari memainkan peran penting dalam memahami sistem iklim global serta mengembangkan teknologi yang mendukung keberlanjutan lingkungan. Dengan potensi energi yang sangat besar, matahari menjadi solusi strategis untuk memenuhi kebutuhan energi dunia yang terus meningkat. Penelitian lanjutan diperlukan untuk memaksimalkan pemanfaatan radiasi matahari, terutama di wilayah tropis seperti Indonesia yang memiliki akses melimpah terhadap sumber daya ini (Sandy, D., A. 2017).

Suhu matahari mengacu pada energi termal yang dihasilkan dari radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi. Suhu ini mempengaruhi berbagai aspek lingkungan, seperti pola iklim, perubahan cuaca, dan efisiensi sistem energi berbasis surya. Peningkatan suhu secara signifikan dapat menurunkan kinerja panel surya, karena sebagian besar teknologi surya memiliki sensitivitas terhadap perubahan suhu. Pada suhu yang lebih tinggi, efisiensi konversi energi cenderung menurun, sehingga menjadi tantangan utama dalam perancangan sistem energi terbarukan. Oleh karena itu, desain sistem energi surya harus mempertimbangkan faktor suhu untuk memastikan kinerja yang optimal. Dengan memanfaatkan secara bijak energi termal dari matahari, hal ini dapat mendukung pengembangan infrastruktur energi terbarukan yang lebih andal dan efisien (Atikah, et al., 2024).

2.4 Fluktuasi Suhu Permukaan Panel Surya

Fluktuasi suhu permukaan panel surya merupakan fenomena yang signifikan dalam mempengaruhi performansi dari instalasi panel surya, baik tipe monokristalin maupun polikristalin. Koefisien temperatur panel, yang merupakan sifat intrinsik material silikon kristalin, juga menjadi faktor utama. Secara umum, koefisien temperatur daya panel memiliki nilai negatif, yang berarti peningkatan suhu akan mengurangi daya keluaran. Sebaliknya, arus cenderung sedikit meningkat secara linear dengan kenaikan suhu, meskipun kontribusinya relatif kecil dibandingkan penurunan tegangan (Asrori et, al. 2019).

Fluktuasi suhu permukaan panel surya memiliki dampak signifikan terhadap efisiensi dan daya yang dihasilkan oleh panel. Berdasarkan penelitian, semakin tinggi suhu permukaan panel, efisiensi konversi energi menjadi lebih rendah. Hal ini dikarenakan material semikonduktor pada panel mengalami penurunan performa akibat peningkatan resistansi internal pada suhu yang tinggi. Sebaliknya, suhu yang lebih rendah memungkinkan panel bekerja lebih optimal dan menghasilkan daya yang lebih besar (Harahap, P., 2020).

Fluktuasi suhu mengacu pada variasi suhu yang terjadi dalam kurun waktu tertentu, yang disebabkan oleh berbagai faktor seperti waktu, lokasi geografis, dan kondisi cuaca setempat. Perubahan suhu ini memiliki pengaruh langsung terhadap performa panel surya. Ketika suhu meningkat, efisiensi panel cenderung menurun akibat peningkatan resistensi dalam material fotovoltaik, sehingga mengurangi daya yang dihasilkan. Oleh sebab itu, penting untuk memahami pola perubahan suhu guna meningkatkan efisiensi sistem energi surya. Tantangan utama dalam menghadapi fluktuasi suhu meliputi pengembangan sistem pendinginan yang lebih efisien, pengawasan suhu secara real-time, serta inovasi teknologi yang mampu beradaptasi dengan berbagai kondisi suhu lingkungan (Atikah, et al., 2024).

Fluktuasi suhu menyebabkan perbedaan yang signifikan antara daya teoritis dan daya aktual panel surya di lapangan. Misalnya, suhu permukaan yang tinggi akibat radiasi matahari intens dapat dikurangi dengan adanya angin yang meningkatkan pendinginan

alami pada panel. Namun, fluktuasi suhu yang tajam tetap berdampak pada performa keseluruhan. Kenaikan suhu permukaan panel surya memiliki dampak negatif pada daya output dan efisiensi panel. Tipe panel monokristal memiliki keunggulan dalam hal performa dibandingkan tipe polikristal karena lebih stabil terhadap perubahan suhu. Oleh karena itu, untuk instalasi panel surya di wilayah dengan radiasi matahari tinggi seperti Indonesia, pemilihan tipe panel yang sesuai sangat penting untuk memaksimalkan efisiensi dan mengurangi kerugian daya akibat suhu (Asrori et, al. 2019).

2.5 Panel Surya

Panel surya adalah perangkat yang dirancang untuk mengubah sinar matahari menjadi energi listrik dengan memanfaatkan prinsip fotovoltaiik. Teknologi ini menggunakan material semikonduktor yang mampu menghasilkan listrik ketika terkena cahaya matahari. Proses ini dimulai dengan penyerapan foton oleh material semikonduktor, yang kemudian menghasilkan pergerakan elektron untuk menciptakan arus listrik. Arus yang dihasilkan berupa arus searah (DC) yang dapat digunakan langsung atau diubah menjadi arus bolak-balik (AC) menggunakan inverter untuk memenuhi kebutuhan perangkat elektronik (Sariman, et al., N. 2021).

Panel surya terdiri dari sejumlah sel surya yang terhubung secara seri atau paralel. Sel surya adalah komponen dasar dalam panel surya yang mengubah energi berbasis gelombang cahaya menjadi listrik dengan prinsip efek fotovoltaiik. Efek fotovoltaiik memungkinkan konversi langsung energi cahaya menjadi energi listrik. Tegangan yang dihasilkan oleh sel surya tergantung pada material semikonduktor yang digunakan. Misalnya, sel surya berbasis silikon mampu menghasilkan tegangan sekitar 0,5 volt per sel (Rettob, et al., 2019).

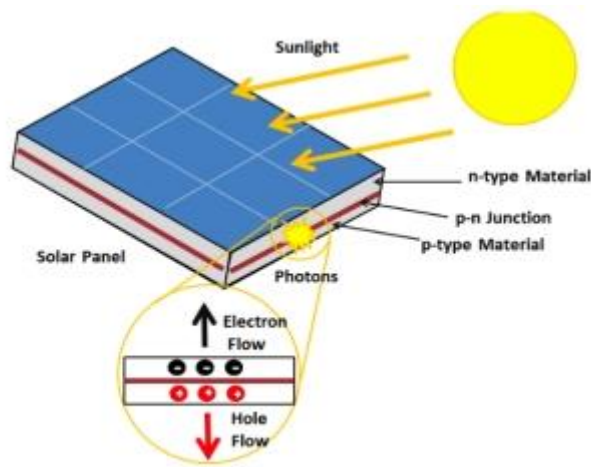
Panel fotovoltaiik adalah perangkat yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaiik. Berikut adalah mekanisme dasar kerjanya:

1. Panel fotovoltaiik terdiri dari lapisan bahan semikonduktor, seperti silikon. Ketika foton dari cahaya matahari mengenai permukaan panel, energi dari foton tersebut diserap oleh elektron-elektron dalam material semikonduktor.

2. Energi yang diserap mengakibatkan elektron dalam atom semikonduktor melompat ke tingkat energi yang lebih tinggi, sehingga menciptakan elektron bebas dan lubang elektron (hole).
3. Elektron bebas dan lubang yang tercipta bergerak ke arah lapisan yang berlawanan di dalam sel fotovoltaik akibat adanya medan listrik internal. Gerakan ini menghasilkan arus listrik searah (DC).
4. Arus listrik yang dihasilkan dikumpulkan melalui elektroda dan dapat digunakan langsung untuk berbagai keperluan atau disimpan dalam baterai untuk penggunaan di waktu mendatang.

(Samsurizal, et al., 2021).

Terdapat dua jenis utama panel surya yang banyak digunakan, yaitu panel monokristalin dan polikristalin. Panel monokristalin memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan polikristalin. Nilai efisiensi panel monokristalin berkisar antara 20–25%, sedangkan efisiensi panel polikristalin hanya sekitar 15–20%. Perbedaan efisiensi ini dipengaruhi oleh struktur kristal pada material semikonduktor yang digunakan. Selain itu, koefisien suhu panel monokristalin lebih rendah ($-0,46\%/^{\circ}\text{C}$) dibandingkan polikristalin ($-0,48\%/^{\circ}\text{C}$), yang berarti panel monokristalin lebih tahan terhadap perubahan suhu lingkungan (Harun, et al., 2023).



Gambar 2.1 Ilustrasi Efek Fotovoltaik
(Mayasari, et al., 2022)

Panel surya bekerja dengan memanfaatkan bahan semikonduktor, seperti silikon, yang terbagi menjadi dua jenis: tipe-N (doping fosfor) dan tipe-P (doping boron). Kedua bahan ini digabungkan menjadi P-N junction. Ketika cahaya matahari mengenai permukaan panel, elektron dari tipe-N akan bergerak ke arah tipe-P, menciptakan arus listrik. Jumlah elektron yang dihasilkan bergantung pada intensitas sinar matahari yang diterima oleh panel surya (Pagan, et al., 2018).

Penggunaan panel surya semakin berkembang seiring dengan kemajuan teknologi. Dalam pengaplikasiannya, panel surya monokristal memiliki daya keluaran lebih tinggi dibandingkan polikristalin pada kondisi radiasi maksimum. Sebagai contoh, pada kondisi siang hari dengan intensitas cahaya matahari optimal, panel monokristalin memiliki spesifikasi maksimum tegangan sistem (maximum system voltage) sebesar 1000V, yang mendukung efisiensi dan kestabilan kinerja pada berbagai kondisi operasional. Perbedaan ini menunjukkan bahwa material pada sel surya mempengaruhi kinerja perangkat secara keseluruhan.

Konstituen utama dari teknologi fotovoltaik adalah sel surya, yang merupakan kumpulan material semikonduktor yang terhubung. Efisiensi panel surya sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, intensitas cahaya, serta teknologi semikonduktor

yang digunakan. Dengan inovasi yang terus berkembang, panel surya kini menjadi salah satu komponen utama dalam mendukung upaya transisi energi menuju energi terbarukan yang lebih bersih dan berkelanjutan (Rudiyanto, et al., 2023).

2.6 Pengaruh Cuaca terhadap efisiensi Panel Surya

Kondisi cuaca memainkan peran penting dalam menentukan efisiensi panel surya (Samsurizal, et al., 2021). Berikut adalah beberapa pengaruh utama:

1. Cahaya Matahari: Intensitas cahaya matahari yang tinggi meningkatkan produksi listrik. Sebaliknya, cuaca mendung atau berawan dapat menurunkan efisiensi karena kurangnya sinar matahari langsung.
2. Suhu Lingkungan: Meskipun cahaya matahari penting, suhu yang terlalu tinggi justru dapat mengurangi efisiensi panel. Panel fotovoltaik biasanya bekerja optimal pada suhu tertentu, dan peningkatan suhu di atas batas ini dapat menyebabkan penurunan output listrik.
3. Angin: Angin dapat membantu menurunkan suhu panel surya, sehingga menjaga kinerjanya tetap optimal, terutama di daerah dengan suhu tinggi.

(Samsurizal, et al., 2021).

Faktor-faktor seperti suhu udara, kelembaban, kecepatan angin, cuaca mendung, dan keberadaan awan menjadi elemen utama yang menentukan performa panel surya dalam menghasilkan energi listrik. Suhu udara, misalnya, mempengaruhi celah pita semikonduktor yang berfungsi mengatur kemampuan sel surya dalam mengkonversi energi foton menjadi listrik. Ketika suhu meningkat, celah pita semikonduktor menyusut sehingga menurunkan efisiensi panel surya. Sebaliknya, suhu yang rendah dapat meningkatkan resistansi komponen, yang juga berdampak negatif pada daya keluaran panel (Harun, et al., 2023).

Perubahan iklim dan fluktuasi cuaca juga turut mempengaruhi kinerja panel surya. Intensitas sinar matahari yang menurun akibat kabut atau cuaca mendung dapat menghalangi sinar matahari mencapai permukaan panel secara efisien. Di sisi lain, angin dapat membantu menurunkan suhu panel surya yang terlalu panas, sehingga membantu

menjaga efisiensi konversi energi (Nurhasanah, et al., 2023). Namun, kondisi seperti badai atau angin kencang yang dapat merusak struktur panel atau memengaruhi output listrik yang dihasilkan.

Wilayah tropis seperti Indonesia, dengan pola cuaca yang dinamis, memberikan tantangan sekaligus peluang dalam pengembangan teknologi panel surya. Pada musim kemarau, intensitas radiasi matahari yang tinggi memberikan peluang untuk produksi energi yang optimal. Oleh karena itu, implementasi sistem penyimpanan energi seperti baterai sangat penting untuk menjaga kestabilan pasokan listrik, terutama di wilayah dengan pola cuaca yang berubah-ubah (Nurhasanah, et al., 2013).

2.7 Posisi Penelitian

Penelitian ini berada pada posisi unik dengan fokus spesifik pada pengaruh fluktuasi suhu permukaan panel surya terhadap kinerja panel surya di wilayah tropis Indonesia. Keunikan ini didasarkan pada pengamatan langsung di wilayah Bandung, yang memiliki karakteristik cuaca khas daerah tropis, seperti fluktuasi suhu harian yang tinggi, intensitas cahaya yang bervariasi, serta pengaruh cuaca mendung. Kondisi ini memungkinkan penelitian memberikan data empiris yang relevan untuk wilayah dengan potensi energi surya yang tinggi namun menghadapi tantangan cuaca yang dinamis.

Penelitian ini berbeda dari studi sebelumnya karena menggunakan pendekatan pengukuran langsung terhadap suhu permukaan dan tegangan keluaran dari panel surya monokristalin. Panel ini dikenal memiliki efisiensi tinggi tetapi sensitif terhadap suhu, sehingga penelitian ini dapat memberikan analisis yang lebih mendalam terkait pengaruh suhu dan intensitas radiasi matahari pada efisiensi panel. Dengan metodologi eksperimen yang sistematis, penelitian ini mampu mengevaluasi performa panel surya dalam berbagai kondisi cuaca, seperti cerah dan mendung, sehingga hasilnya dapat diaplikasikan secara langsung dalam pengembangan teknologi energi terbarukan di Indonesia.

Dibandingkan penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Nurhasanah et al. (2023) yang membahas mengenai pengaruh fluktuasi suhu terhadap celah pita semikonduktor dan efisiensi panel surya, penelitian ini memberikan data langsung dari lokasi yang spesifik. Penelitian oleh Kanugrahan et al. (2022) membahas mengenai

dampak intensitas radiasi matahari dan kerapatan awan pada efisiensi panel fotovoltaik menjadi referensi penting, tetapi studi ini lebih memperdalam analisis dalam konteks tropis dengan kondisi lokal yang spesifik.

Efek cuaca terhadap efisiensi panel surya juga telah dibahas dalam studi oleh Harun et al. (2023), yang menunjukkan pengaruh suhu udara, cuaca mendung, dan kecepatan angin terhadap performa panel surya, serta Sitepu et al. (2024), yang membahas mengenai efisiensi energi pada kondisi mendung dan cuaca ekstrem. Namun, penelitian ini melangkah lebih jauh dengan mengintegrasikan semua variabel tersebut dalam pengukuran langsung, memberikan hasil yang lebih akurat dan aplikatif.

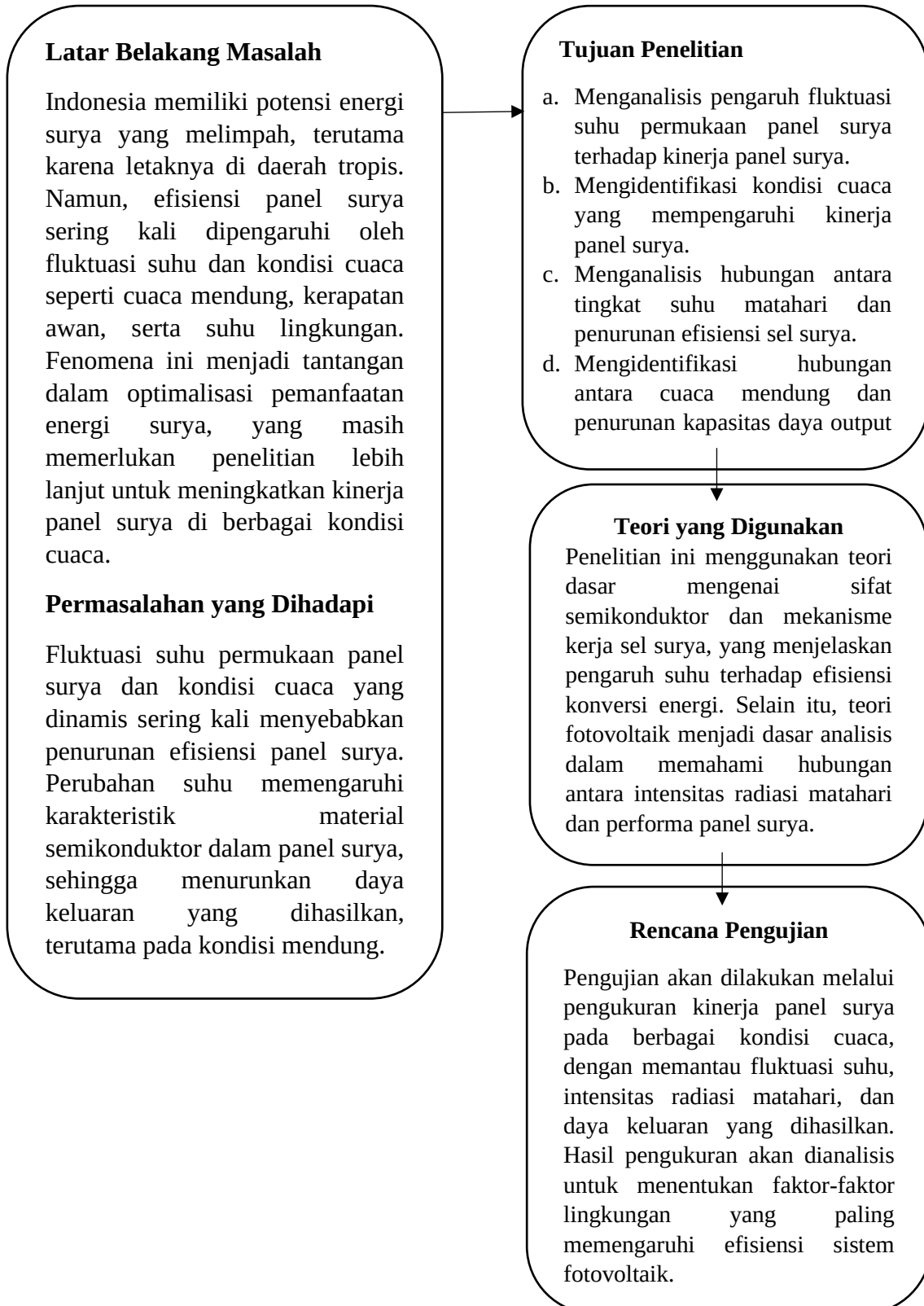
Interval waktu pengukuran yang dilakukan secara langsung telah dibahas dalam studi oleh Harahap et al. (2020), melakukan pengukuran dengan interval 3 jam dalam satu hari dan hasilnya menunjukkan data dalam jangka panjang waktu yang cukup luas. Namun, penelitian yang dilakukan melakukan pengukuran dengan interval 10 menit dapat memberikan respon panel surya terhadap perubahan waktu dalam waktu singkat selama dalam satu hari selama beberapa hari penelitian.

Selain itu, penelitian ini memiliki kontribusi besar dalam inovasi teknologi panel surya di wilayah tropis, sebagaimana diungkapkan oleh Sariman et al. (2021) tentang pemanfaatan panel surya di daerah dengan kondisi cuaca dinamis. Penelitian ini memperkuat temuan tersebut dengan fokus pada pengembangan panel yang lebih tahan terhadap fluktuasi suhu, sekaligus mendukung upaya elektrifikasi di wilayah terpencil yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik konvensional.

Melalui pendekatan ini, hasil penelitian diharapkan dapat menjadi acuan bagi pengembangan sistem panel surya yang lebih efisien, adaptif terhadap iklim tropis, dan mendukung transisi energi berkelanjutan. Data yang dihasilkan tidak hanya relevan untuk Indonesia, tetapi juga berpotensi diaplikasikan di wilayah tropis lain dengan karakteristik serupa, memberikan dampak yang luas terhadap pengembangan teknologi energi terbarukan di dunia.

BAB III PERANCANGAN SISTEM DAN IMPLEMENTASI SISTEM

3.1 Kerangka Berpikir



3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yang bertujuan untuk mengamati dan menganalisis hubungan antara fluktuasi suhu permukaan panel surya dengan kinerja panel surya pada berbagai kondisi cuaca. Metode ini dipilih karena memberikan fleksibilitas untuk melakukan pengujian langsung pada panel surya di lingkungan yang dikontrol dan memungkinkan pengumpulan data empiris yang akurat.

Metode eksperimen dilakukan dengan cara menempatkan panel surya di area terbuka, sehingga dapat terkena paparan langsung sinar matahari selama penelitian. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah suhu permukaan panel surya dan intensitas cahaya matahari, sementara variabel terikat adalah kinerja panel surya yang diukur berdasarkan daya listrik yang dihasilkan dari tegangan keluaran panel surya. Selain itu, kondisi cuaca (cerah dan mendung) juga dipertimbangkan sebagai faktor yang memengaruhi fluktuasi suhu permukaan panel surya.

Langkah pertama dalam metode penelitian ini adalah studi literatur, yaitu mengumpulkan referensi terkait pengaruh suhu terhadap material semikonduktor yang digunakan dalam panel surya. Literatur yang digunakan mencakup buku, jurnal ilmiah, serta artikel penelitian sebelumnya yang membahas faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi panel surya.

Setelah itu, dilakukan perencanaan eksperimen, yang meliputi penentuan alat dan bahan yang dibutuhkan, serta perumusan metode pengukuran. Penelitian ini menggunakan beberapa alat utama, di antaranya:

- a. Panel Surya Monokristalin sebagai objek penelitian.
- b. Thermometer Inframerah (Thermo Gun), untuk mencatat fluktuasi suhu permukaan panel surya.
- c. Multimeter Digital, untuk mengukur tegangan dan arus listrik yang dihasilkan panel surya.
- d. Software Analisis Data, seperti Microsoft Excel untuk memvisualisasikan data hasil pengukuran.

Setelah persiapan alat selesai, penelitian dilanjutkan dengan pengambilan data lapangan. Panel surya ditempatkan di lokasi penelitian yang terkena sinar matahari langsung. Data suhu permukaan panel surya dan parameter listrik panel surya (tegangan) dicatat pada interval waktu tertentu, misalnya setiap 10 menit, selama periode penelitian. Pengambilan data dilakukan selama beberapa hari untuk mencakup variasi kondisi cuaca.

3.3 Perencanaan Eksperimen

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh fluktuasi suhu permukaan panel surya terhadap kinerja panel surya dengan pendekatan eksperimen. Oleh karena itu, perencanaan eksperimen dirancang secara sistematis untuk memastikan setiap tahap berjalan lancar dan hasil penelitian yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan. Beberapa aspek yang menjadi fokus dalam perencanaan ini meliputi lokasi penelitian, parameter yang diukur, dan kondisi cuaca yang menjadi faktor penting dalam eksperimen.

3.3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dipilih di area terbuka dengan paparan sinar matahari langsung. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa panel surya mendapatkan intensitas cahaya matahari maksimal selama penelitian berlangsung. Lokasi yang ideal harus memenuhi beberapa kriteria sebagai berikut:

- **Minim Hambatan Fisik:** Tidak ada pohon, bangunan tinggi, atau struktur lain yang dapat menghalangi paparan sinar matahari pada panel surya, terutama pada siang hari ketika intensitas cahaya matahari mencapai puncaknya.
- **Paparan Sinar Matahari yang Stabil:** Lokasi harus memungkinkan paparan sinar matahari selama setidaknya 8 jam sehari, yaitu dari pagi hingga sore. Kondisi ini penting untuk mendapatkan data yang mencerminkan fluktuasi suhu sepanjang hari.
- **Akses ke Peralatan dan Keamanan:** Lokasi harus memiliki akses mudah untuk pemasangan alat serta keamanan yang memadai agar peralatan tidak terganggu selama penelitian berlangsung.

Sebagai contoh, lokasi yang dapat dipertimbangkan adalah depan Rektorat yang luas atau lapangan terbuka di mana paparan sinar matahari dapat diamati tanpa gangguan sepanjang hari. Lokasi yang digunakan juga dipastikan bebas dari polusi udara yang signifikan, seperti asap kendaraan, karena dapat memengaruhi hasil pengamatan intensitas radiasi matahari.

3.3.2 Parameter yang Diukur

Dalam eksperimen ini, terdapat beberapa parameter yang diukur untuk menentukan hubungan antara fluktuasi suhu dan kinerja panel surya. Parameter tersebut meliputi:

- Tegangan (V): Besaran listrik yang dihasilkan oleh panel surya diukur dalam satuan volt. Tegangan mencerminkan perbedaan potensial listrik yang dihasilkan oleh sel surya dalam berbagai kondisi cuaca dan suhu lingkungan.
- Arus Listrik (I): Jumlah aliran listrik yang dihasilkan oleh panel surya diukur dalam satuan ampere. Arus ini penting untuk menghitung daya listrik yang dihasilkan.
- Daya Listrik (P): Dihitung menggunakan rumus:

$$P = V \times I$$

Daya listrik menunjukkan kemampuan panel surya dalam mengonversi energi matahari menjadi energi listrik.

Efisiensi Panel Surya: Efisiensi dihitung dengan membandingkan daya listrik yang dihasilkan dengan energi radiasi matahari yang diterima oleh panel, menggunakan rumus:

$$G = k (T_{max} - T_{min})$$

Dengan:

G: Radiasi matahari (W/m²)

k: Koefisien empiris yang bergantung pada jenis lokasi dan waktu

T max: Suhu Maksimal

T min: Suhu Minimal

Efisiensi Panel Surya: Efisiensi dihitung dengan membandingkan daya listrik yang dihasilkan dengan energi radiasi matahari yang diterima oleh panel, menggunakan rumus:

$$Efisiensi (\%) = \frac{Daya Listrik}{Energi Radiasi Matahari} \times 100\%$$

Suhu permukaan panels surya: Sebagai variabel bebas, suhu lingkungan diukur menggunakan alat thermo gun. Alat ini mencatat fluktuasi suhu selama periode pengamatan untuk dianalisis hubungannya dengan daya dan efisiensi panel surya.

3.3.3 Kondisi Cuaca

Kondisi cuaca merupakan salah satu faktor yang sangat memengaruhi kinerja panel surya, terutama karena variasi intensitas radiasi matahari yang diterima pada berbagai situasi atmosfer. Dalam penelitian ini, kondisi cuaca diobservasi secara rinci untuk mendapatkan data yang relevan dan dapat digunakan sebagai dasar analisis performa panel surya. Berikut adalah pembahasan detail pengaruh masing-masing kondisi cuaca:

1. Cuaca Cerah

Pada cuaca cerah, intensitas cahaya matahari biasanya mencapai puncaknya, dengan radiasi yang stabil sepanjang hari, terutama saat tidak ada gangguan seperti kabut atau partikel udara lainnya. Kondisi ini memungkinkan panel surya bekerja pada efisiensi optimal, menghasilkan tegangan dan arus listrik yang maksimal.

Data yang diperoleh dari pengamatan pada cuaca cerah digunakan sebagai acuan utama untuk membandingkan performa panel surya pada kondisi cuaca lainnya. Selain itu, cuaca cerah memberikan gambaran ideal tentang kemampuan panel surya saat mendapatkan paparan radiasi penuh. Intensitas cahaya matahari pada cuaca cerah dapat bervariasi berdasarkan waktu dalam sehari. Misalnya, pada pagi hari intensitas cahaya

lebih rendah dibandingkan siang hari, sedangkan menjelang sore intensitas akan kembali menurun. Variasi ini diamati untuk menganalisis performa panel surya sepanjang hari.

2. Cuaca Mendung

Pada kondisi mendung, awan tebal menghalangi sebagian besar radiasi matahari, sehingga intensitas cahaya yang mencapai permukaan panel surya cenderung menurun drastis. Meskipun radiasi matahari berkurang, panel surya tetap dapat menghasilkan energi listrik meskipun dalam jumlah yang lebih rendah. Penelitian ini bertujuan untuk memahami sejauh mana penurunan radiasi pada cuaca mendung memengaruhi tegangan, arus, daya, dan efisiensi konversi energi panel surya. Selain intensitas radiasi yang lebih rendah, suhu lingkungan pada cuaca mendung cenderung lebih dingin. Kondisi ini juga diperhatikan karena suhu memengaruhi efisiensi panel surya, di mana suhu rendah dapat meningkatkan efisiensi semikonduktor pada panel.

3.3.4 Waktu Pengambilan Data

Waktu pengambilan data memainkan peran penting dalam memastikan variabilitas data yang mencerminkan perubahan radiasi matahari sepanjang hari. Dalam penelitian ini, data diambil secara berkala dengan mempertimbangkan faktor waktu untuk menggambarkan dinamika kinerja panel surya.

1. Interval Waktu Pengamatan

Pengamatan dilakukan dengan interval waktu tertentu, misalnya setiap 10 menit. Interval ini terbaik untuk mendeteksi fluktuasi jangka pendek dengan detail tinggi, cocok untuk mendapatkan data akurat terhadap perubahan kecil dalam suhu, radiasi, dan daya keluaran.

2. Rentang Waktu Pengamatan

Pengamatan dilakukan dari pukul 08.00 WIB hingga pukul 13.00 WIB, mencakup periode dari pagi hingga siang hari. Rentang waktu ini dipilih karena:

- Pagi Hari: Intensitas cahaya cenderung rendah, namun mulai meningkat seiring dengan naiknya posisi matahari.

- Siang Hari: Pada waktu ini, intensitas cahaya mencapai puncaknya, memberikan gambaran maksimal tentang kemampuan panel surya dalam mengonversi energi matahari.

3. Rekapitulasi Data

Setelah pengumpulan data selesai, hasil pengamatan direkapitulasi dalam bentuk tabel untuk memudahkan analisis. Data yang dikumpulkan meliputi:

$$P=V \times I.$$

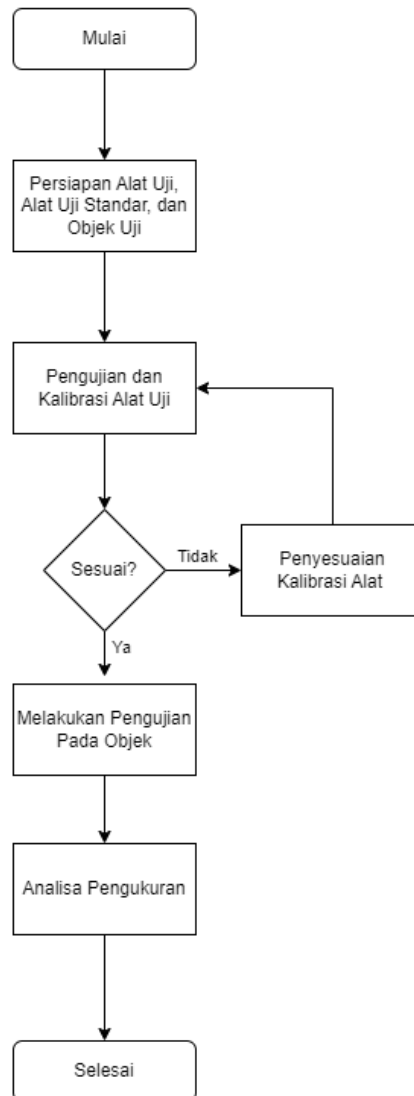
Suhu lingkungan dan intensitas cahaya (jika tersedia).

4. Analisis Data

Setiap sesi pengamatan dianalisis untuk mengetahui hubungan antara waktu, suhu, intensitas cahaya, dan kinerja panel surya. Analisis ini memungkinkan penelitian untuk:

- Mengidentifikasi jam-jam optimal untuk produksi energi.
- Membandingkan performa panel dalam kondisi cuaca yang berbeda sepanjang hari.
- Dengan pengaturan waktu pengambilan data yang terstruktur, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan data yang akurat dan representatif untuk analisis lebih lanjut.

3.4. Perencanaan Blok Diagram



Gambar 3.1 Gambar Flowchart Sistem

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengujian dan kalibrasi alat uji yang sistematis, sesuai dengan diagram alir yang dirancang. Diagram blok pada penelitian ini menggambarkan langkah-langkah perencanaan, pengujian, dan analisis yang dilakukan secara terstruktur untuk memastikan akurasi serta efektivitas proses kalibrasi alat uji. Diagram ini dirancang sebagai panduan dalam setiap proses pengujian,

dimulai dari persiapan hingga analisa hasil. Berikut adalah penjelasan rinci dari setiap tahapan yang digambarkan dalam diagram tersebut:

1. Mulai

Tahapan awal dalam sistem ini adalah "Mulai", yang menjadi titik awal proses perencanaan. Langkah ini dilakukan untuk memastikan semua kebutuhan proses telah terpenuhi sebelum melanjutkan ke tahapan selanjutnya. Kesiapan proses ini meliputi perencanaan jadwal, alokasi sumber daya, serta memastikan semua instrumen yang akan digunakan dalam kondisi baik. Aspek-aspek yang dipastikan di sini mencakup:

- Verifikasi dokumentasi standar operasional prosedur (SOP).
- Pemastian personel memiliki kompetensi sesuai kebutuhan.
- Penyusunan daftar periksa untuk alat dan kebutuhan pengujian lainnya.

2. Persiapan Alat Uji, Alat Uji Standar, dan Objek Uji

Langkah berikutnya adalah mempersiapkan alat uji, alat uji standar, dan objek uji. Proses ini adalah inti dari tahapan awal, yang memastikan semua peralatan yang akan digunakan telah siap dan sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Alat uji standar bertindak sebagai acuan untuk menentukan keakuratan alat uji yang akan dikalibrasi. Persiapan ini meliputi:

- Pemeriksaan fisik alat uji, termasuk kebersihan dan integritas alat.
- Kalibrasi awal alat uji standar untuk menjamin hasil yang konsisten.
- Dokumentasi kondisi awal objek uji.

3. Pengujian dan Kalibrasi Alat Uji

Pada tahap ini, proses pengujian dan kalibrasi alat uji dilakukan secara seksama. Langkah ini bertujuan untuk memastikan alat uji mampu memberikan hasil yang konsisten dan akurat. Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan alat uji dengan alat uji standar. Proses ini mencakup:

- Pengujian parameter alat dengan simulasi pengukuran terhadap objek kontrol.

- Pencatatan nilai-nilai yang dihasilkan oleh alat uji dibandingkan dengan alat uji standar.
- Analisa perbedaan (deviasi) hasil pengujian untuk menentukan tingkat akurasi alat.

4. Apakah Sesuai?

Setelah proses pengujian, hasil yang diperoleh dianalisis untuk menentukan apakah alat uji memenuhi standar yang ditetapkan. Tahapan ini adalah langkah pengambilan keputusan berdasarkan data yang telah dikumpulkan. Jika hasil pengujian sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan, maka proses dilanjutkan ke tahap berikutnya. Sebaliknya, jika ditemukan ketidaksesuaian, maka alat uji perlu disesuaikan melalui proses kalibrasi ulang.

5. Penyesuaian Kalibrasi Alat

Ketika hasil pengujian menunjukkan adanya ketidaksesuaian, dilakukan proses penyesuaian kalibrasi pada alat uji. Penyesuaian ini bertujuan untuk memperbaiki parameter yang tidak sesuai hingga alat dapat memberikan hasil yang akurat. Tahapan ini meliputi:

- Pengaturan ulang pengukuran internal alat.
- Pengujian ulang hingga hasil memenuhi kriteria akurasi.
- Dokumentasi perubahan parameter pada alat uji.

Setelah proses penyesuaian selesai, alat diuji ulang untuk memastikan bahwa semua deviasi telah dihilangkan dan hasil pengukuran alat konsisten dengan standar.

6. Melakukan Pengujian pada Objek

Setelah alat uji dikalibrasi dan dipastikan sesuai, proses dilanjutkan dengan pengujian pada objek. Pada tahap ini, alat yang telah terkalibrasi digunakan untuk mengukur parameter tertentu pada objek uji. Langkah ini dilakukan secara sistematis dengan mencatat semua data pengukuran secara rinci. Proses ini juga mencakup:

- Penyesuaian metode pengujian berdasarkan jenis objek uji.

- Verifikasi ulang hasil untuk memastikan tidak ada anomali data.
- Pengumpulan data untuk dianalisis pada tahap selanjutnya.

7. Analisa Pengukuran

Data yang diperoleh dari pengujian pada objek kemudian dianalisis untuk menentukan kualitas objek dan kinerja alat uji. Tahap analisis ini dilakukan dengan menggunakan metode statistik atau metode lain yang relevan, bergantung pada jenis pengujian. Tahapan ini mencakup:

- Pengolahan data hasil pengujian menggunakan perangkat lunak analisis.
- Interpretasi hasil berdasarkan standar dan kriteria yang telah ditentukan.
- Penyusunan laporan hasil pengujian untuk kebutuhan dokumentasi.

8. Selesai

Tahapan terakhir dalam proses ini, yaitu "Selesai", merupakan langkah kritis yang menandai berakhirnya seluruh rangkaian pengujian dan kalibrasi. Pada tahap ini, seluruh data yang telah dikumpulkan selama proses pengujian diintegrasikan dan dianalisis secara komprehensif untuk memastikan validitas hasil. Laporan akhir yang disusun mencakup seluruh temuan, mulai dari hasil pengukuran, analisis perbandingan dengan standar, hingga interpretasi hasil dalam konteks pengembangan lebih lanjut.

3.5 Perencanaan Pengukuran dan Pengujian Serta Analisis

Pada tahap ini, dilakukan perencanaan pengukuran dan pengujian untuk mengevaluasi kinerja panel surya yang menjadi objek penelitian. Pengukuran ini didasarkan pada parameter-parameter kunci seperti suhu, tegangan, dan waktu, yang nantinya digunakan sebagai bahan analisis untuk memahami performa panel surya dalam berbagai kondisi lingkungan. Tahap ini dirancang secara sistematis agar data yang diperoleh memiliki validitas yang tinggi dan dapat menjadi dasar evaluasi yang akurat terkait efisiensi dan kinerja panel surya.

Perencanaan pengukuran dimulai dengan persiapan alat dan objek uji. Alat uji yang digunakan meliputi perangkat pengukur suhu permukaan panel surya, multimeter untuk mengukur tegangan listrik, serta alat bantu lain yang dibutuhkan untuk mendukung proses pengujian. Objek uji adalah tiga unit panel surya yang telah disiapkan sebelumnya. Ketiga panel ini diuji dalam kondisi lingkungan yang sama namun dengan variasi parameter suhu dan intensitas cahaya yang dapat memengaruhi hasil pengukuran. Setiap pengujian dilakukan secara sistematis dengan metode pengukuran yang konsisten untuk memastikan data yang diperoleh bebas dari bias atau kesalahan pengukuran.

3.5.1 Persiapan Alat dan Objek Uji

a. Alat Pengukuran

Alat-alat yang digunakan dalam pengukuran terdiri dari:

- **Thermometer Inframerah (Thermo Gun):** Alat ini digunakan untuk mengukur suhu permukaan panel surya. Arahkan alat ini dengan menembakkan ke permukaan panel surya secara langsung pada bagian tengah permukaan panel untuk mendapatkan hasil yang representatif.
- **Multimeter Digital:** Alat ini digunakan untuk mengukur tegangan keluaran dari panel surya. Multimeter telah dikalibrasi untuk memastikan keakuratan hasil pengukuran.
- **Catatan Data:** Semua hasil pengukuran dicatat secara sistematis pada tabel pengamatan.

b. Objek Uji

Objek uji dalam penelitian ini adalah tiga unit panel surya. Panel surya dipilih sebagai objek uji karena relevansinya dalam penerapan teknologi energi terbarukan. Ketiga panel ini memiliki spesifikasi serupa sehingga hasil pengukuran yang diperoleh dapat dibandingkan secara langsung. Variabel yang memengaruhi performa panel surya, seperti suhu, intensitas cahaya, dan waktu pengukuran, akan dipantau dan dicatat selama proses pengujian.

c. Prosedur Pengukuran

Proses pengukuran dibagi ke dalam beberapa tahap sebagai berikut:

- Pengukuran Suhu Permukaan Panel Surya

Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan alat thermo gun yang diarahkan pada permukaan panel surya. Suhu diukur secara berkala dengan interval waktu setiap 10 menit, dari rentang waktu dimulai dari pukul 08.00 WIB pagi hingga pukul 13.00 WIB siang. Data yang diperoleh akan digunakan untuk memahami perubahan suhu sepanjang hari dan pengaruhnya terhadap tegangan keluaran panel surya.

- Pengukuran Tegangan Keluaran Panel Surya

Tegangan yang dihasilkan oleh panel surya diukur menggunakan multimeter digital. Multimeter ditempatkan pada terminal keluaran panel untuk mencatat tegangan yang dihasilkan pada berbagai kondisi suhu. Pengukuran dilakukan secara bersamaan dengan pengukuran suhu untuk mendapatkan data yang terintegrasi.

- Analisis Data Hubungan Suhu dan Tegangan

Setelah proses pengukuran selesai, langkah berikutnya adalah menganalisis data yang telah terkumpul. Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi performa panel surya berdasarkan parameter suhu, tegangan, dan waktu pengukuran. Data suhu dan tegangan dibandingkan untuk melihat hubungan antara peningkatan suhu permukaan panel dengan penurunan tegangan yang dihasilkan. Grafik suhu vs tegangan dibuat untuk memvisualisasikan tren tersebut.

- Evaluasi Efisiensi Panel Surya

Efisiensi panel dihitung berdasarkan rasio antara daya yang dihasilkan oleh panel dengan intensitas cahaya matahari yang diterima. Semakin tinggi efisiensi, semakin baik performa panel surya dalam mengonversi energi cahaya menjadi energi listrik.

d. Hasil yang Diharapkan

Melalui proses perencanaan, pengukuran, dan analisis ini, diharapkan diperoleh data yang valid dan dapat digunakan sebagai acuan dalam mengevaluasi performa panel surya. Hasil pengukuran akan memberikan informasi yang berharga terkait efisiensi panel dalam kondisi lingkungan yang bervariasi, sehingga dapat menjadi dasar untuk pengembangan teknologi panel surya di masa mendatang.

Proses ini juga memastikan bahwa pengukuran dilakukan secara sistematis, akurat, dan dapat dipertanggungjawabkan. Jika terdapat deviasi atau kesalahan pengukuran, maka langkah perbaikan akan dilakukan untuk memastikan keandalan data yang diperoleh.

3.6 Perencanaan Hardware

Penjelasan Panel Surya Monokristalin

Panel surya merupakan komponen utama dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang berfungsi mengubah energi matahari menjadi energi listrik melalui teknologi fotovoltaik. Panel ini terdiri dari sejumlah sel surya yang terbuat dari bahan semikonduktor seperti silikon. Ketika cahaya matahari menyentuh permukaan panel, energi foton akan menyebabkan pergerakan elektron dalam material semikonduktor, yang menghasilkan arus listrik searah (DC). Efisiensi panel surya dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti intensitas cahaya matahari, sudut pemasangan panel, dan kondisi cuaca. Selain itu, sistem ini sangat ramah lingkungan karena tidak memerlukan bahan bakar fosil dan tidak menghasilkan emisi karbon. Panel surya juga dapat dipasang di berbagai lokasi, termasuk daerah terpencil, sehingga membantu mendukung elektrifikasi wilayah yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik konvensional (Sahar, et al., 2024).

Panel surya monokristalin dibuat dari irisan tipis batangan kristal silikon murni dan sering disebut sebagai kristal tunggal, yang memiliki ciri khas warna hitam pekat. Penggunaan silikon dengan tingkat kemurnian tinggi memungkinkan panel ini mencapai efisiensi konversi energi antara 15% hingga 22%. Struktur kristal tunggal memungkinkan

pergerakan elektron yang lebih bebas, meningkatkan efisiensi konversi energi. Namun, bentuk batangan kristal silikon yang sering kali berbentuk segi enam atau bulat dapat menyisakan ruang kosong pada modul panel surya (Rudiyanto, et al., 2023).

Prinsip Kerja dari panel surya monokristalin bekerja berdasarkan prinsip efek fotovoltaiik. Ketika cahaya matahari mengenai permukaan panel, foton diserap oleh sel-sel surya, yang menghasilkan medan listrik dan menciptakan tegangan serta arus. Daya listrik yang dihasilkan dapat dihitung menggunakan rumus:

$$P \text{ (daya)} = V \text{ (tegangan)} \times I \text{ (arus)}.$$

Energi ini dapat digunakan langsung untuk perangkat yang menggunakan arus searah (DC) atau diubah menjadi arus bolak-balik (AC) menggunakan inverter.

Aplikasi dari panel surya monokristalin memiliki berbagai aplikasi, di antaranya:

- **Proyek Tenaga Surya Skala Besar:** Panel ini sangat cocok untuk digunakan di area yang luas dengan kebutuhan efisiensi tinggi.
- **Penggunaan Rumah Tangga:** Panel surya monokristalin dapat dipasang di atap rumah untuk menyediakan energi ramah lingkungan.
- **Perangkat Portabel:** Panel kecil ini digunakan untuk mengisi daya perangkat portabel seperti ponsel dan laptop.
- **Penerangan Jalan:** Panel surya monokristalin cocok untuk sistem penerangan jalan, baik dalam jaringan (on-grid) maupun tanpa jaringan (off-grid).
- **Listrik Pedesaan:** Panel ini sangat berguna untuk daerah terpencil, mengingat efisiensi dan daya tahan yang tinggi.

(Rudiyanto, et al., 2023)

BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISIS

4.1 Pengujian Suhu dan Tegangan

4.1.1 Panel Surya 1

Pengujian suhu permukaan panel surya dan tegangan keluaran dari panel surya dilakukan di kampus Universitas Islam Nusantara pada hari Sabtu, 25 Januari 2025, dengan pengukuran yang dilakukan secara berkala mulai pukul 08.00 WIB hingga pukul 13.00 WIB.

No	Pukul (WIB)	Suhu (C°)	Tegangan yang dihasilkan (V)
1	08.00	32,4	17,45
2	08.10	32,6	17,38
3	08.20	32,8	17,31
4	08.30	33	17,28
5	08.40	33,2	17,24
6	08.50	33,4	17,22
7	09.00	33,6	17,21
8	09.10	33,7	17,33
9	09.20	33,8	17,45
10	09.30	33,9	17,65
11	09.40	34	17,78
12	09.50	34,2	17,87
13	10.00	33,9	17,96
14	10.10	34,1	18,05
15	10.20	34,3	18,14
16	10.30	34,5	18,25

17	10.40	34,6	18,35
18	10.50	34,7	18,4
19	11.00	34,7	18,42
20	11.10	34,8	18,65
21	11.20	34,9	18,78
22	11.30	35	18,92
23	11.40	35,2	19,1
24	11.50	35,4	19,32
25	12.00	35,5	20,54
26	12.10	35,4	19,95
27	12.20	35,3	19,7
28	12.30	35,2	19,42
29	12.40	35	19,2
30	12.50	34,8	19
31	13.00	34,6	18,06

Tabel 4. 1 Tabel Suhu dan Tegangan Panel Surya 1 hari Sabtu, 25 Januari 2025

Pada pukul 08.00-09.00 WIB, suhu meningkat dari 32,4°C ke 33,6°C, sementara tegangan cenderung menurun dari 17,45 V menjadi 17,21 V. Pola ini menunjukkan bahwa kenaikan suhu awal tidak secara langsung menyebabkan kenaikan tegangan. Dari pukul 09.10-11.50 WIB, baik suhu maupun tegangan mengalami peningkatan. Suhu naik dari 33,7°C ke 35,4°C, sedangkan tegangan meningkat dari 17,33 V menjadi 19,32 V. Tegangan mencapai nilai maksimum (20,54 V) pada pukul 12.00 WIB, bersamaan dengan suhu tertinggi sebesar 35,5°C. Setelah itu, suhu menurun secara bertahap dari 35,4°C ke 34,6°C pada pukul 13.00 WIB, diikuti oleh penurunan tegangan dari 19,95 V ke 18,06 V.

Tegangan cenderung meningkat seiring dengan kenaikan suhu hingga mencapai titik tertentu misalnya, pada pukul 12.00 WIB. Namun, setelah mencapai suhu maksimum, tegangan justru menurun meskipun suhu tetap relatif tinggi. Hal ini menunjukkan adanya hubungan non-linear antara suhu dan tegangan, yang dipengaruhi oleh faktor lain seperti efisiensi perangkat atau sifat material yang digunakan. Peningkatan suhu dapat menyebabkan perubahan sifat material, seperti resistansi, yang memengaruhi tegangan. Meskipun tegangan menunjukkan peningkatan hingga pukul 12.00 WIB, fluktuasi kecil yang terjadi sebelum waktu tersebut (misalnya, antara pukul 08.00-09.00 WIB) menunjukkan bahwa sistem memiliki respon yang tidak sepenuhnya stabil terhadap perubahan suhu awal. Penurunan tegangan setelah pukul 12.00 WIB lebih signifikan yang mengindikasikan adanya batasan pada performa sistem.

Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa suhu permukaan panel surya sangat memengaruhi tegangan panel surya yang dihasilkan. Penurunan efisiensi terjadi pada suhu rendah di pagi hari atau ketika intensitas penyinaran berkurang. Oleh karena itu, optimasi sistem panel surya diperlukan untuk meningkatkan kinerja pada suhu rendah dan mempertahankan efisiensi pada kondisi penurunan intensitas penyinaran matahari.

Pengukuran suhu permukaan panel surya dan tegangan panel surya pada hari Minggu, 26 Januari 2025, dilakukan secara berkala mulai pukul 08.00 WIB hingga pukul 13.00 WIB. Berdasarkan hasil pengamatan, pola perubahan suhu pada hari kedua menunjukkan fluktuasi yang berbeda dibandingkan dengan hari sebelumnya. Suhu permukaan panel surya tidak mengalami peningkatan yang signifikan dan cenderung stabil dengan sedikit penurunan pada tengah hari. Hal ini memberikan indikasi adanya pengaruh faktor eksternal seperti kondisi cuaca, intensitas cahaya matahari, atau karakteristik lingkungan lainnya yang memengaruhi suhu permukaan panel.

No	Pukul (WIB)	Suhu (°C)	Tegangan yang dihasilkan (V)
1	08.00	35,2	20,13
2	08.10	35,13	20,11
3	08.20	35,07	20,08
4	08.30	35	20,06
5	08.40	34,93	20,02
6	08.50	34,87	19,99
7	09.00	34,9	19,96
8	09.10	34,9	19,95
9	09.20	34,9	19,95
10	09.30	34,9	19,95
11	09.40	34,9	19,95
12	09.50	34,9	19,95
13	10.00	34,9	19,95
14	10.10	34,93	19,96
15	10.20	34,95	19,96
16	10.30	34,97	19,97
17	10.40	34,98	20
18	10.50	35	20,02
19	11.00	35,2	20,04
20	11.10	35,16	20
21	11.20	35,12	19,96
22	11.30	35,08	19,92
23	11.40	35,04	19,88
24	11.50	35	19,81
25	12.00	34,8	19,65
26	12.10	34,77	19,56
27	12.20	34,75	19,48
28	12.30	34,72	19,4
29	12.40	34,7	19,32
30	12.50	34,68	19,12
31	13.00	34,7	18,91

Tabel 4. 2 Tabel Suhu dan Tegangan Panel Surya 1 hari Minggu, 26 Januari 2025

Pada pukul 08.00 WIB, Suhu awal pada pukul 08.00 WIB adalah 35,2°C dengan tegangan 20,13 V. Selama pengukuran, suhu berkisar antara 34,68°C hingga 35,2°C, sedangkan tegangan bervariasi dari 18,91 V hingga 20,13 V. Data menunjukkan penurunan suhu dan tegangan yang signifikan setelah pukul 12.00 WIB. Secara umum, tegangan yang dihasilkan cenderung menurun seiring waktu, meskipun suhu tetap berada dalam rentang yang relatif stabil di sekitar 34,7°C hingga 35,2°C.

Pada pukul 08.00 hingga 08.50 WIB, suhu sedikit menurun dari 35,2°C ke 34,87°C, dan tegangan menurun dari 20,13 V menjadi 19,99 V. Dari pukul 09.00 hingga 10.00 WIB, suhu hampir konstan pada sekitar 34,9°C, dengan tegangan stabil di 19,95 V. Setelah pukul 11.00 WIB, suhu mencapai nilai maksimum 35,2°C, tetapi tegangan tetap menurun secara bertahap hingga mencapai 19,81 V pada pukul 11.50 WIB. Setelah pukul 12.00 WIB, terjadi penurunan tegangan yang lebih signifikan, sementara suhu sedikit menurun dari 34,8°C menjadi 34,68°C pada akhir pengukuran.

Tegangan yang dihasilkan menunjukkan penurunan bertahap, bahkan ketika suhu relatif stabil. Hal ini mengindikasikan bahwa tegangan yang dihasilkan tidak hanya dipengaruhi oleh suhu, tetapi juga oleh faktor lain, seperti efisiensi sistem, kondisi perangkat, atau penurunan daya pada sumber energi. Meskipun suhu hanya mengalami fluktuasi kecil, pola tegangan yang menurun tetap terlihat. Ini menunjukkan bahwa suhu bukan satu-satunya faktor yang memengaruhi tegangan, tetapi menjadi salah satu indikator kondisi sistem secara keseluruhan. Dari analisis data, dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan yang lemah antara suhu dan tegangan yang dihasilkan. Tegangan cenderung menurun seiring waktu, meskipun suhu relatif stabil. Faktor-faktor lain, seperti efisiensi sistem atau penurunan daya pada sumber energi, berperan dalam penurunan tegangan ini.

Pengujian suhu permukaan panel surya dan tegangan panel surya pada hari Senin, 27 Januari 2025, dilakukan dengan pengukuran berkala mulai pukul 08.00 WIB hingga pukul 13.00 WIB. Berdasarkan hasil pengamatan, suhu permukaan

panel pada hari ketiga ini menunjukkan pola fluktuasi yang stabil dengan kecenderungan penurunan suhu setelah mencapai puncak pada waktu tertentu. Hasil pengukuran ini mengindikasikan adanya pengaruh lingkungan yang menyebabkan suhu tidak meningkat signifikan seperti yang terjadi di hari-hari sebelumnya.

No	Pukul (WIB)	Suhu (°C)	Tegangan yang dihasilkan (V)
1	08.00	35,3	19,97
2	08.10	35,17	20,04
3	08.20	35,03	20,1
4	08.30	34,9	20,14
5	08.40	34,77	20,16
6	08.50	34,73	20,17
7	09.00	34,7	20,18
8	09.10	34,7	20,19
9	09.20	34,7	20,19
10	09.30	34,7	20,2
11	09.40	34,7	20,2
12	09.50	34,7	20,21
13	10.00	34,7	20,21
14	10.10	34,77	20,27
15	10.20	34,83	20,32
16	10.30	34,9	20,38
17	10.40	34,97	20,47
18	10.50	35,03	20,57
19	11.00	35	20,67
20	11.10	34,92	20,54
21	11.20	34,85	20,41
22	11.30	34,77	20,31
23	11.40	34,7	20,21
24	11.50	34,67	20,16
25	12.00	34,6	20,11
26	12.10	34,58	20,05
27	12.20	34,56	20
28	12.30	34,54	19,94
29	12.40	34,52	19,88

30	12.50	34,51	19,83
31	13.00	34,5	19,79

Tabel 4. 3 Tabel Suhu dan Tegangan Panel Surya 1 hari Senin, 27 Januari 2025

Dari pukul 08.00 WIB hingga 11.00 WIB, suhu mengalami fluktuasi kecil namun tetap menunjukkan tren peningkatan dari 35,3°C ke 35°C. Tegangan yang dihasilkan juga meningkat dari 19,97 V menjadi 20,67 V. Kenaikan tegangan ini mengindikasikan bahwa pada rentang suhu tertentu (sekitar 34,5°C hingga 35°C), sistem menunjukkan efisiensi tinggi dalam menghasilkan tegangan.

Setelah pukul 11.00 WIB, suhu mulai menurun secara perlahan dari 35°C menjadi 34,5°C pada pukul 13.00 WIB. Tegangan yang dihasilkan juga menurun dari 20,67 V menjadi 19,79 V. Penurunan ini menunjukkan bahwa efisiensi sistem menurun seiring dengan penurunan suhu.

Dari data, terlihat bahwa kenaikan suhu cenderung diikuti oleh kenaikan tegangan hingga mencapai puncaknya. Namun, setelah mencapai suhu maksimum, penurunan suhu juga diikuti oleh penurunan tegangan. Korelasi ini menunjukkan hubungan positif antara suhu dan tegangan pada rentang tertentu, tetapi hubungan tersebut dapat dipengaruhi oleh batasan performa material atau perangkat yang digunakan.

Perubahan suhu dapat memengaruhi sifat material pada sistem, seperti resistansi listrik. Pada suhu tertentu, resistansi berada dalam kondisi optimal untuk menghasilkan tegangan maksimum. Namun, ketika suhu melebihi atau berada di bawah batas optimal, resistansi dapat meningkat sehingga menurunkan tegangan. Sistem yang digunakan memiliki efisiensi maksimal pada rentang suhu tertentu. Setelah mencapai batas tersebut, efisiensi mulai menurun sehingga tegangan yang dihasilkan juga menurun. Selain suhu, faktor lingkungan lain seperti kelembapan dan intensitas cahaya (jika sistem terkait dengan energi matahari) juga dapat memengaruhi hasil pengukuran tegangan.

Secara keseluruhan, pola suhu pada hari Senin ini memberikan tegangan yang dihasilkan oleh sistem cenderung meningkat seiring dengan kenaikan suhu hingga mencapai nilai maksimum pada pukul 11.00 WIB. Setelah itu, tegangan menurun bersamaan dengan penurunan suhu. Hubungan antara suhu dan tegangan bersifat positif pada rentang suhu tertentu, tetapi hubungan tersebut dipengaruhi oleh batas efisiensi sistem. Faktor seperti karakteristik material dan kondisi lingkungan turut memengaruhi pola hubungan antara suhu dan tegangan.

4.1.2 Panel Surya 2

Pengujian suhu permukaan panel surya dan tegangan panel surya 2 dilakukan di kampus Universitas Islam Nusantara pada hari Sabtu, 25 Januari 2025, dengan pengukuran yang dilakukan secara berkala mulai pukul 08.00 WIB hingga pukul 13.00 WIB.

No	Pukul (WIB)	Suhu (°C)	Tegangan yang dihasilkan (V)
1	08.00	32,4	17,39
2	08.10	32,63	17,32
3	08.20	32,87	17,25
4	08.30	33,1	17,21
5	08.40	33,33	17,2
6	08.50	33,47	17,19
7	09.00	33,6	17,18
8	09.10	33,7	17,31
9	09.20	33,8	17,44
10	09.30	33,9	17,57
11	09.40	34,1	17,7
12	09.50	34,2	17,79
13	10.00	33,9	17,88
14	10.10	34,23	17,98
15	10.20	34,57	18,09
16	10.30	34,9	18,2
17	10.40	35,13	18,32
18	10.50	35,27	18,39

19	11.00	35,3	18,45
20	11.10	35,37	18,82
21	11.20	35,43	19,18
22	11.30	35,47	19,54
23	11.40	35,5	20,03
24	11.50	35,53	20,32
25	12.00	35,5	20,61
26	12.10	35,33	19,97
27	12.20	35,17	19,34
28	12.30	35	18,7
29	12.40	34,8	18,45
30	12.50	34,7	18,21
31	13.00	34,6	17,96

Tabel 4. 4 Tabel Suhu dan Tegangan Panel Surya 2 hari Sabtu, 25 Januari 2025

Pada awal pengamatan pukul 08.00 WIB, suhu tercatat sebesar 32,4°C. Suhu secara bertahap meningkat hingga mencapai puncaknya pada pukul 12.00 WIB dengan nilai 35,5°C. Setelah itu, suhu mulai menunjukkan penurunan kecil hingga akhir pengamatan pada pukul 13.00 WIB dengan nilai 34,6°C. Peningkatan suhu yang konsisten di pagi hari menunjukkan bahwa lingkungan menjadi semakin hangat seiring bertambahnya waktu, disebabkan akibat peningkatan intensitas radiasi matahari.

Tegangan yang dihasilkan menunjukkan pola yang serupa dengan perubahan suhu. Tegangan awal sebesar 17,39 V pada pukul 08.00 WIB secara bertahap meningkat, mencapai nilai tertinggi 20,61 V pada pukul 12.00 WIB. Setelah itu, tegangan mulai menurun hingga mencapai 17,96 V pada pukul 13.00 WIB. Pola ini menunjukkan bahwa tegangan yang dihasilkan berkorelasi positif dengan suhu hingga titik tertentu.

Berdasarkan data yang ada, dapat disimpulkan bahwa peningkatan suhu berbanding lurus dengan peningkatan tegangan hingga suhu mencapai sekitar 35,5°C. Setelah suhu melewati puncaknya, tegangan juga mulai menurun. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor-faktor eksternal seperti efisiensi material dalam

menghasilkan tegangan pada suhu tinggi atau adanya batas optimal kerja alat pengukur.

Data menunjukkan hubungan positif antara suhu dan tegangan hingga mencapai batas tertentu, setelah itu tegangan mulai menurun meskipun suhu masih tinggi. Pemahaman tentang pola ini penting untuk aplikasi yang memanfaatkan suhu dan tegangan, seperti dalam sistem energi surya. Dengan mengoptimalkan kondisi lingkungan dan alat, efisiensi pengumpulan tegangan dapat ditingkatkan.

Pengujian suhu permukaan panel surya dan tegangan panel surya pada panel surya 2 untuk hari Minggu, 26 Januari 2025, dilakukan dalam rentang waktu pukul 08.00 WIB hingga pukul 13.00 WIB. Pola ini memperlihatkan bahwa suhu permukaan panel surya dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari, kondisi lingkungan, dan pergerakan posisi matahari di langit.

No	Pukul (WIB)	Suhu (°C)	Tegangan yang dihasilkan (V)
1	08.00	35,2	20,1
2	08.10	35,1	20,06
3	08.20	35	20,03
4	08.30	34,93	20
5	08.40	34,91	19,98
6	08.50	34,9	19,97
7	09.00	34,9	19,96
8	09.10	34,9	19,94
9	09.20	34,9	19,93
10	09.30	34,9	19,92
11	09.40	34,9	19,91
12	09.50	34,9	19,9
13	10.00	34,9	19,9
14	10.10	34,97	19,95
15	10.20	35,03	20
16	10.30	35,1	20,03
17	10.40	35,17	20,05
18	10.50	35,2	20,07

19	11.00	35,2	20,08
20	11.10	35,1	20,02
21	11.20	35	19,96
22	11.30	34,93	19,88
23	11.40	34,87	19,77
24	11.50	34,83	19,71
25	12.00	34,8	19,65
26	12.10	34,77	19,5
27	12.20	34,73	19,35
28	12.30	34,7	19,19
29	12.40	34,68	19,04
30	12.50	34,67	18,95
31	13.00	34,7	18,86

Tabel 4. 5 Tabel Suhu dan Tegangan Panel Surya 2 hari Minggu, 26 Januari 2025

Suhu yang tercatat dalam tabel mengalami fluktuasi kecil selama periode pengamatan. Pada awal pengamatan pukul 08.00 WIB, suhu tercatat sebesar 35,2 °C, yang merupakan suhu tertinggi di awal waktu. Selanjutnya, suhu perlahan menurun hingga mencapai 34,7 °C pada pukul 13.00 WIB. Perubahan suhu ini menunjukkan pola yang relatif stabil dengan sedikit penurunan dari waktu ke waktu. Suhu cenderung berada di kisaran 34,6 °C hingga 35,2 °C sepanjang pengamatan, yang mengindikasikan kondisi lingkungan yang tidak terlalu berubah secara signifikan dalam jangka waktu tersebut. Pada pukul 08.00 WIB, tegangan awal tercatat sebesar 20,1 V. Tegangan ini secara bertahap menurun seiring dengan penurunan suhu. Pada pukul 13.00 WIB, tegangan yang dihasilkan mencapai nilai terendah sebesar 18,86 V.

Berdasarkan data, terlihat adanya hubungan positif antara suhu dan tegangan yang dihasilkan. Ketika suhu lebih tinggi, tegangan yang dihasilkan cenderung lebih besar. Pada pukul 08.00 WIB, dengan suhu 35,2 °C, tegangan yang dihasilkan mencapai 20,1 V. Sedangkan pada pukul 13.00 WIB, ketika suhu turun menjadi 34,7 °C, tegangan yang dihasilkan turun menjadi 18,86 V.

Penurunan tegangan ini dapat disebabkan oleh sifat material atau perangkat yang digunakan dalam pengukuran tegangan, yang menunjukkan efisiensi yang lebih tinggi pada suhu yang lebih tinggi. Penurunan suhu dapat menyebabkan penurunan aktivitas elektron dalam perangkat tersebut, yang berdampak pada penurunan tegangan.

Dari data yang diberikan, dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan langsung antara suhu dan tegangan yang dihasilkan. Tegangan yang lebih tinggi dihasilkan pada suhu yang lebih tinggi, sementara penurunan suhu menyebabkan penurunan tegangan. Pola ini konsisten sepanjang periode pengamatan. Faktor-faktor seperti efisiensi perangkat pada suhu tertentu, material yang digunakan, dan kondisi lingkungan lainnya dapat memengaruhi hubungan ini. Studi lebih lanjut dapat dilakukan untuk mengeksplorasi hubungan ini secara lebih rinci, termasuk pengujian pada rentang suhu yang lebih luas atau dalam kondisi lingkungan yang berbeda.

Pengujian suhu permukaan panel surya dan tegangan panel surya pada panel surya 2 dilakukan pada Senin, 27 Januari 2025, dalam rentang waktu pukul 08.00 WIB hingga pukul 13.00 WIB. Berdasarkan hasil pengukuran, suhu permukaan panel cenderung menunjukkan pola penurunan yang gradual sepanjang pengamatan, meskipun terdapat sedikit fluktuasi pada rentang waktu tertentu.

No	Pukul (WIB)	Suhu (°C)	Tegangan yang dihasilkan (V)
1	08.00	35	20,15
2	08.10	34,93	20,11
3	08.20	34,87	20,07
4	08.30	34,8	20,03
5	08.40	34,73	19,99
6	08.50	34,67	19,96
7	09.00	34,6	19,93
8	09.10	34,6	19,91
9	09.20	34,6	19,89

10	09.30	34,57	19,87
11	09.40	34,57	19,85
12	09.50	34,57	19,84
13	10.00	34,6	19,87
14	10.10	34,52	19,8
15	10.20	34,45	19,74
16	10.30	34,38	19,67
17	10.40	34,3	19,6
18	10.50	34,25	19,55
19	11.00	34,2	19,5
20	11.10	34,25	19,53
21	11.20	34,3	19,56
22	11.30	34,35	19,58
23	11.40	34,4	19,6
24	11.50	34,45	19,63
25	12.00	34,5	19,6
26	12.10	34,48	19,44
27	12.20	34,45	19,28
28	12.30	34,43	19,12
29	12.40	34,42	18,96
30	12.50	34,41	18,88
31	13.00	34,4	18,8

Tabel 4. 6 Tabel Suhu dan Tegangan Panel Surya 2 hari Senin, 27 Januari 2025

Pada pukul 08.00 WIB, suhu berada pada 35°C dengan tegangan sebesar 20,15 V. Tegangan menunjukkan penurunan bertahap seiring waktu, hingga mencapai 18,8 V pada pukul 13.00 WIB. Hal ini mengindikasikan bahwa perubahan waktu, yang dapat berkaitan dengan perubahan intensitas cahaya atau kondisi lingkungan lainnya, memengaruhi tegangan yang dihasilkan.

Dari data yang diperoleh, suhu cenderung menurun perlahan sepanjang waktu. Pada pukul 08.00 WIB, suhu adalah 35°C dengan tegangan 20,15 V. Sedangkan pada pukul 12.00 WIB, suhu turun menjadi 34,5°C, dengan tegangan 19,6 V. Kemudian pada pukul 13.00 WIB, suhu turun sedikit lagi menjadi 34,4°C, dan tegangan menurun menjadi 18,8 V. Secara umum, terdapat pola bahwa

penurunan suhu beriringan dengan penurunan tegangan. Penurunan ini bisa disebabkan oleh faktor eksternal seperti penurunan intensitas cahaya matahari atau perubahan kondisi lingkungan lainnya.

Berdasarkan analisis data, terdapat hubungan yang jelas antara suhu dan tegangan yang dihasilkan. Tegangan cenderung menurun seiring dengan penurunan suhu, yang dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti intensitas cahaya matahari atau perubahan lingkungan lainnya. Pola ini menunjukkan bahwa perangkat yang diuji memiliki sensitivitas terhadap suhu dan efisien pada suhu yang lebih tinggi. Hasil ini memberikan gambaran penting tentang performa panel surya dalam kondisi cuaca yang dinamis. Data ini dapat digunakan sebagai dasar untuk menganalisis efisiensi panel surya dalam berbagai kondisi lingkungan serta untuk mengoptimalkan kinerja panel di masa mendatang.

4.1.3 Panel Surya 3

Pengujian suhu permukaan Panel Surya dan tegangan panel surya 3 dilakukan di kampus Universitas Islam Nusantara pada hari Sabtu, 25 Januari 2025, dengan pengukuran yang dilakukan secara berkala mulai pukul 08.00 WIB hingga pukul 13.00 WIB.

No	Pukul (WIB)	Suhu (°C)	Tegangan yang dihasilkan (V)
1	08.00	32,4	17,37
2	08.10	32,6	17,25
3	08.20	32,8	17,22
4	08.30	33	17,2
5	08.40	33,2	17,17
6	08.50	33,4	17,15
7	09.00	33,6	17,14
8	09.10	33,68	17,24
9	09.20	33,76	17,35
10	09.30	33,84	17,45
11	09.40	33,92	17,56
12	09.50	34	17,67

13	10.00	33,9	17,82
14	10.10	34,07	17,97
15	10.20	34,24	18,12
16	10.30	34,41	18,27
17	10.40	34,58	18,41
18	10.50	34,65	18,47
19	11.00	34,7	18,52
20	11.10	34,85	18,84
21	11.20	35	19,16
22	11.30	35,15	19,48
23	11.40	35,3	19,81
24	11.50	35,4	20,22
25	12.00	35,5	20,63
26	12.10	35,3	20,29
27	12.20	35,1	19,95
28	12.30	34,9	19,61
29	12.40	34,7	19,27
30	12.50	34,6	19,1
31	13.00	34,6	17,93

Tabel 4. 7 Tabel Suhu dan Tegangan Panel Surya 3 hari Sabtu, 25 Januari 2025

Dari pukul 08.00 hingga pukul 12.00 WIB, terjadi peningkatan suhu yang konsisten dari 32,4°C menjadi 35,5°C. Selama periode ini, tegangan listrik yang dihasilkan juga meningkat dari 17,37 V menjadi 20,63 V. Hal ini menunjukkan adanya hubungan positif antara suhu dan tegangan listrik. Fenomena ini dapat dijelaskan dengan prinsip bahwa kenaikan suhu meningkatkan aktivitas termal dalam perangkat, sehingga meningkatkan tegangan listrik yang dihasilkan.

Setelah pukul 12.00 WIB, suhu mulai menurun perlahan. Tegangan listrik yang dihasilkan juga menunjukkan penurunan meskipun tidak selalu proporsional. Contohnya, pada pukul 12.10 WIB, suhu turun menjadi 35,3°C, dan tegangan menurun ke 20,29 V. Penurunan ini menunjukkan bahwa ada faktor tambahan yang memengaruhi produksi tegangan selain suhu, seperti efisiensi perangkat atau perubahan lingkungan lainnya.

Puncak tegangan tercatat pada pukul 12.00 WIB dengan nilai 20,63 V pada suhu 35,5°C. Penurunan tegangan yang signifikan mulai terlihat setelah pukul 12.20 WIB, di mana tegangan turun di bawah 20 V meskipun suhu masih berada di sekitar 35°C.

Hasil analisis ini menunjukkan adanya korelasi positif antara kenaikan suhu dan tegangan listrik yang dihasilkan. Namun, setelah mencapai suhu dan tegangan maksimum, hubungan ini tidak lagi berlaku linear. Penurunan tegangan yang terjadi setelah puncak yang disebabkan oleh faktor-faktor lain seperti penurunan efisiensi perangkat atau pengaruh lingkungan eksternal. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami faktor-faktor tersebut secara lebih rinci.

Pengujian suhu permukaan panel surya dan tegangan panel surya pada panel surya 3 dilaksanakan pada Minggu, 26 Januari 2025, dengan pengukuran suhu dilakukan dari pukul 08.00 WIB hingga pukul 13.00 WIB. Hasil pengamatan menunjukkan tren fluktuasi suhu yang relative stabil, dengan variasi kecil antar jam pengukuran.

No	Pukul (WIB)	Suhu (°C)	Tegangan yang dihasilkan (V)
1	08.00	35,2	20,03
2	08.10	35,16	20
3	08.20	35,12	19,98
4	08.30	35,08	19,96
5	08.40	35,04	19,94
6	08.50	35	19,93
7	09.00	34,9	19,93
8	09.10	34,9	19,94
9	09.20	34,9	19,95
10	09.30	34,9	19,96
11	09.40	34,9	19,97
12	09.50	34,9	19,98
13	10.00	34,9	19,98
14	10.10	35	20
15	10.20	35,1	20,01
16	10.30	35,1	20,01

17	10.40	35,1	20,02
18	10.50	35,2	20,02
19	11.00	35,2	20,02
20	11.10	35,08	19,95
21	11.20	34,96	19,88
22	11.30	34,84	19,81
23	11.40	34,72	19,74
24	11.50	34,6	19,67
25	12.00	34,8	19,57
26	12.10	34,76	19,48
27	12.20	34,72	19,39
28	12.30	34,68	19,3
29	12.40	34,64	19,21
30	12.50	34,6	19,12
31	13.00	34,7	18,82

Tabel 4. 8 Tabel Suhu dan Tegangan Panel Surya 3 hari Minggu, 26 Januari 2025

Dari data yang diperoleh, suhu cenderung stabil pada rentang antara pukul 08.00 WIB hingga 09.00 WIB dengan penurunan bertahap dari 35,2°C menjadi 34,9°C. Setelah itu, suhu sedikit berfluktuasi, tetapi tren umumnya menunjukkan penurunan secara perlahan hingga pukul 13.00 WIB, dengan suhu mencapai 34,7°C.

Tegangan listrik yang dihasilkan juga menunjukkan pola yang serupa dengan perubahan suhu. Pada awal pengamatan, tegangan sedikit menurun dari 20,03 V menjadi 19,93 V antara pukul 08.00 hingga 09.00 WIB. Tegangan tetap stabil di sekitar nilai 19,93 V hingga 19,98 V sampai pukul 10.00 WIB, lalu menunjukkan tren menurun secara perlahan hingga mencapai nilai 18,82 V pada pukul 13.00 WIB.

Pada rentang waktu awal (08.00 WIB–09.00 WIB), baik suhu maupun tegangan menunjukkan sedikit penurunan, yang menunjukkan adanya hubungan langsung antara suhu lingkungan dan tegangan yang dihasilkan. Setelah pukul 09.00 WIB, tegangan cenderung stabil meskipun suhu mengalami sedikit

fluktuasi. Tegangan mulai menurun secara signifikan setelah pukul 11.00 WIB, yang disebabkan oleh penurunan suhu yang semakin nyata atau pengaruh faktor eksternal lainnya, seperti efisiensi sistem yang menurun seiring waktu.

Data ini dapat digunakan untuk optimalisasi sistem, terutama dalam menjaga stabilitas tegangan pada rentang suhu tertentu. Penelitian lanjutan dapat difokuskan pada analisis lebih rinci terhadap faktor eksternal lainnya yang dapat memengaruhi tegangan listrik.

Pengujian suhu permukaan panel surya dan tegangan keluaran panel surya pada panel surya 3 dilaksanakan pada hari Senin, 27 Januari 2025, dimulai dari pukul 08.00 WIB hingga pukul 13.00 WIB. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui tren suhu panel surya pada berbagai waktu pengamatan dan menganalisis perubahan suhu yang terjadi selama proses pengujian.

No	Pukul (WIB)	Suhu (°C)	Tegangan yang dihasilkan (V)
1	08.00	34,8	19,9
2	08.10	34,76	19,86
3	08.20	34,72	19,82
4	08.30	34,68	19,78
5	08.40	34,64	19,73
6	08.50	34,6	19,64
7	09.00	34,4	19,55
8	09.10	34,37	19,52
9	09.20	34,34	19,49
10	09.30	34,31	19,47
11	09.40	34,28	19,45
12	09.50	34,25	19,43
13	10.00	34,3	19,46
14	10.10	34,33	19,49
15	10.20	34,36	19,52
16	10.30	34,39	19,55
17	10.40	34,42	19,58
18	10.50	34,45	19,64
19	11.00	34,6	19,7
20	11.10	34,54	19,63

21	11.20	34,48	19,56
22	11.30	34,42	19,49
23	11.40	34,36	19,42
24	11.50	34,3	19,33
25	12.00	34,2	19,25
26	12.10	34,24	19,36
27	12.20	34,28	19,47
28	12.30	34,32	19,57
29	12.40	34,36	19,62
30	12.50	34,4	19,65
31	13.00	34,5	19,68

Tabel 4. 9 Tabel Suhu dan Tegangan Panel Surya 3 hari Senin, 27 Januari 2025

Suhu yang tercatat berkisar antara 34,2°C hingga 34,8°C. Suhu ini menunjukkan variasi yang sangat kecil, dengan fluktuasi yang tidak terlalu signifikan. Pada awal pengukuran (08.00 WIB), suhu tercatat sebesar 34,8°C dan sedikit menurun sepanjang waktu, meskipun tidak ada penurunan drastis. Pada akhir periode pengukuran, suhu tercatat sebesar 34,5°C pada pukul 13.00 WIB, menunjukkan bahwa suhu cenderung stabil dalam kisaran tersebut.

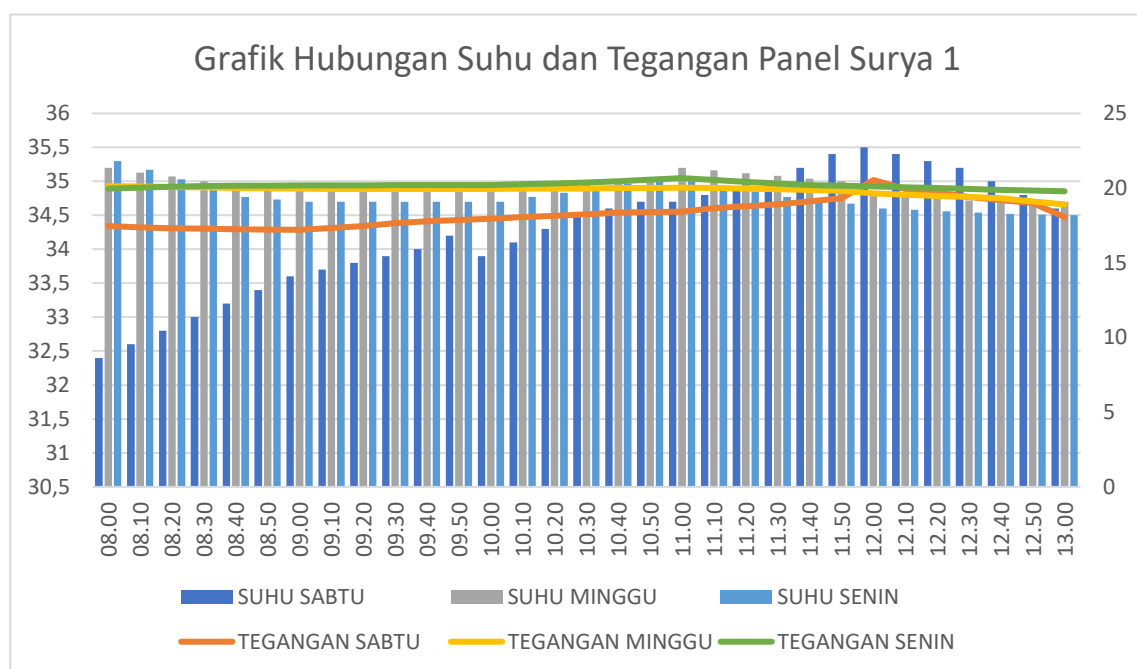
Tegangan yang tercatat dalam data bervariasi sedikit lebih banyak dibandingkan suhu, meskipun fluktuasinya juga relatif kecil. Tegangan dimulai pada 19,9V pada pukul 08.00 WIB, lalu menurun sedikit seiring berjalannya waktu, mencapai 19,33V pada pukul 11.50 WIB, sebelum akhirnya naik kembali sedikit pada pukul 13.00 WIB menjadi 19,68V. Tegangan yang tercatat menunjukkan pola penurunan secara bertahap selama periode waktu tertentu, kemudian mengalami sedikit peningkatan di bagian akhir. Tegangan mencapai nilai terendahnya pada pukul 12.00 WIB (19,25V), sebelum sedikit kembali naik.

Pada awal pengukuran (08.00 WIB), suhu lebih tinggi (34,8°C) dan tegangan tercatat pada nilai tertinggi (19,9V). Seiring berjalannya waktu, suhu sedikit menurun dan tegangan juga mengalami penurunan. Meskipun terdapat penurunan yang stabil dalam suhu dan tegangan pada beberapa periode (misalnya,

pukul 08.00-11.50 WIB), ada fluktuasi yang lebih kompleks pada tegangan yang tidak sepenuhnya sebanding dengan perubahan suhu.

Dari analisis data yang ada, kita dapat menyimpulkan bahwa ada hubungan antara suhu dan tegangan yang dihasilkan, meskipun hubungan ini tidak terlalu kuat atau langsung. Penurunan suhu cenderung disertai dengan penurunan tegangan, tetapi fluktuasi tegangan yang lebih besar dapat dipengaruhi oleh faktor lain selain suhu. Sebagai langkah selanjutnya, analisis lebih mendalam menggunakan model statistik atau eksperimen lain dapat membantu untuk memahami hubungan lebih jelas antara suhu dan tegangan ini.

4.2 Analisis Hubungan Suhu dan Tegangan Panel Surya



Gambar 4.1 Gambar Grafik Hubungan Suhu dan Tegangan Panel Surya 1

Grafik yang disajikan menunjukkan hubungan antara suhu dan tegangan pada panel surya 1 untuk tiga hari berbeda, yaitu Sabtu, Minggu, dan Senin. Grafik ini menggambarkan data suhu dalam bentuk batang (bar chart) dan data tegangan dalam bentuk garis (line chart). Sumbu horizontal (sumbu x) menunjukkan waktu pengamatan, dimulai dari pukul 08.00 hingga 13.00, sementara sumbu vertikal

(sumbu y) terbagi menjadi dua skala, yakni skala untuk suhu (di sebelah kiri) dan skala untuk tegangan (di sebelah kanan).

Pada awal waktu pengamatan, suhu untuk ketiga hari (Sabtu, Minggu, dan Senin) cenderung menunjukkan nilai yang relatif stabil. Di pagi hari, suhu mulai berkisar pada angka 31°C hingga 32°C . Suhu ini secara bertahap meningkat seiring dengan waktu, menunjukkan pengaruh paparan sinar matahari yang semakin intens. Tren kenaikan suhu ini terlihat konsisten pada ketiga hari tersebut, meskipun terdapat sedikit perbedaan antara hari-hari yang diamati. Sebagai contoh, pada pukul 12.00, suhu pada hari Sabtu mencapai nilai tertinggi dibandingkan dengan hari lainnya, yaitu sekitar $35,5^{\circ}\text{C}$, sementara suhu pada hari Minggu dan Senin sedikit lebih rendah, berada pada kisaran $34,5^{\circ}\text{C}$ hingga 35°C .

Sementara itu, data tegangan yang ditampilkan dalam bentuk garis menunjukkan pola yang berbeda dibandingkan dengan suhu. Tegangan cenderung stabil pada pagi hari, berada di kisaran 19–20 Volt untuk semua hari. Namun, seiring dengan meningkatnya suhu, tegangan pada panel surya mulai menunjukkan perubahan. Pada hari Sabtu, tegangan terlihat mengalami sedikit penurunan ketika suhu mencapai puncaknya, terutama setelah pukul 12.00. Pola ini juga terlihat pada hari Minggu dan Senin, meskipun penurunan tegangan lebih halus dan tidak terlalu signifikan dibandingkan dengan hari Sabtu.

Hubungan antara suhu dan tegangan pada panel surya ini dapat dijelaskan oleh karakteristik fisik dari panel surya itu sendiri. Ketika suhu panel meningkat akibat paparan sinar matahari yang lebih intens, efisiensi konversi energi dari panel surya cenderung menurun. Hal ini mengakibatkan penurunan tegangan listrik yang dihasilkan, seperti yang terlihat pada grafik. Oleh karena itu, pada pukul 12.00 hingga 13.00, ketika suhu mencapai nilai tertinggi, tegangan justru sedikit menurun, yang menunjukkan bahwa suhu yang terlalu tinggi dapat memengaruhi kinerja panel surya secara negatif.

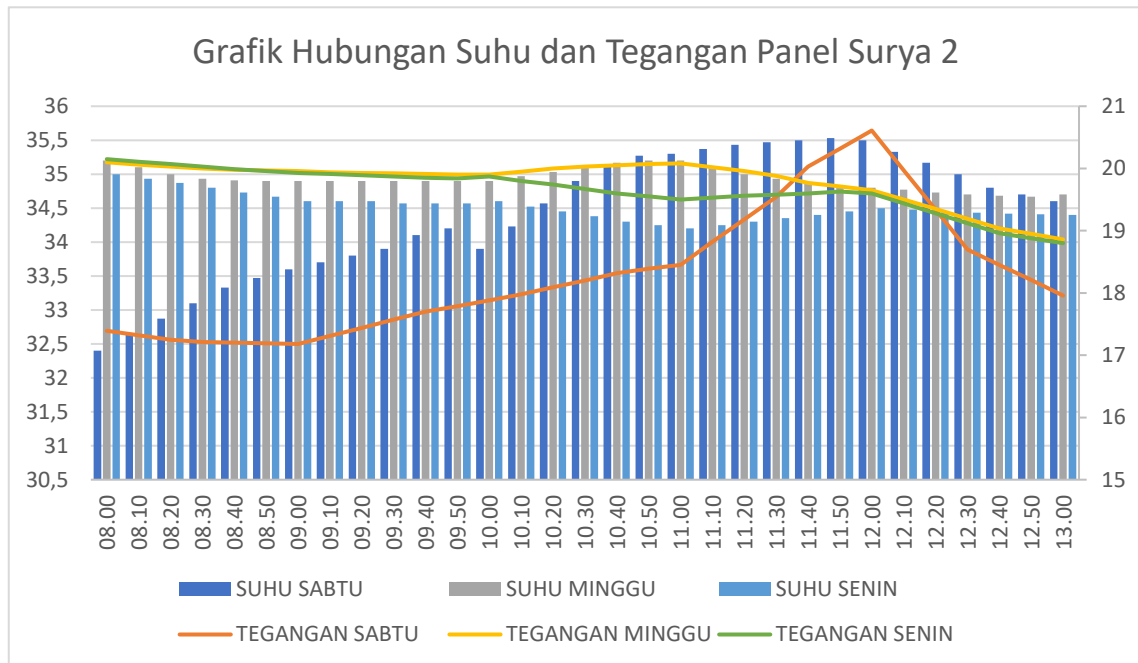
Selain itu, jika dilihat lebih detail, hari Sabtu menunjukkan fluktuasi tegangan yang lebih besar dibandingkan dengan hari Minggu dan Senin. Hal ini dapat disebabkan oleh kondisi cuaca atau intensitas sinar matahari yang dapat

berubah-ubah pada hari Sabtu, sehingga menyebabkan suhu dan tegangan panel surya menjadi kurang stabil. Sebaliknya, hari Minggu dan Senin menunjukkan tren yang lebih konsisten, baik pada suhu maupun tegangan, yang mengindikasikan bahwa kondisi lingkungan pada hari-hari tersebut lebih stabil.

Secara keseluruhan, grafik ini memberikan gambaran yang jelas mengenai hubungan antara suhu dan tegangan pada panel surya. Suhu yang lebih tinggi cenderung menyebabkan penurunan tegangan, terutama ketika suhu mencapai nilai puncaknya pada siang hari. Informasi ini sangat penting untuk memahami kinerja panel surya dalam berbagai kondisi cuaca dan waktu, serta untuk mengoptimalkan penggunaan panel surya dalam sistem pembangkit energi. Dengan data ini, pengelolaan panel surya dapat dilakukan secara lebih efisien, misalnya dengan mempertimbangkan penggunaan sistem pendinginan atau ventilasi untuk menjaga suhu panel tetap stabil agar menghasilkan tegangan yang optimal.

Dengan demikian, hasil pengukuran ini dapat dijadikan dasar untuk memahami lebih dalam mengenai pengaruh fluktuasi suhu permukaan matahari dan kondisi cuaca terhadap efisiensi kinerja panel surya dalam menghasilkan tegangan listrik. Analisis ini juga dapat membantu mengidentifikasi waktu-waktu

optimal untuk memaksimalkan produksi energi dari panel surya, khususnya dalam kondisi cuaca yang berbeda-beda.



Gambar 4.2 Gambar Grafik Hubungan Suhu dan Tegangan Panel Surya 2

Grafik hubungan suhu dan tegangan pada panel surya 2 menggambarkan pola perubahan suhu dan tegangan untuk tiga hari berbeda, yaitu Sabtu, Minggu, dan Senin. Grafik ini menggunakan kombinasi diagram batang untuk data suhu dan diagram garis untuk data tegangan. Sumbu horizontal (sumbu x) merepresentasikan waktu pengamatan, mulai dari pukul 08.00 hingga 13.00, sedangkan sumbu vertikal terbagi menjadi dua, yaitu sumbu kiri untuk suhu dalam derajat Celsius ($^{\circ}\text{C}$) dan sumbu kanan untuk tegangan dalam Volt (V).

Pada pagi hari, suhu untuk ketiga hari cenderung berada pada kisaran 31°C hingga 32°C . Suhu menunjukkan pola kenaikan yang relatif konsisten seiring waktu, mencerminkan intensitas sinar matahari yang meningkat. Hari Sabtu menunjukkan kenaikan suhu yang cukup stabil, mencapai puncaknya sekitar pukul 12.30 dengan suhu mendekati $35,5^{\circ}\text{C}$. Demikian pula, suhu pada hari Minggu dan Senin mengalami tren kenaikan yang serupa, meskipun pada hari

Senin, kenaikan suhu terlihat sedikit lebih lambat dibandingkan dua hari sebelumnya.

Dari segi tegangan, terdapat perbedaan pola yang menarik dibandingkan dengan suhu. Tegangan pada hari Sabtu menunjukkan tren yang unik, di mana nilainya mulai meningkat secara bertahap hingga mencapai puncaknya sekitar pukul 12.30. Setelah itu, tegangan mengalami penurunan tajam, yang bertepatan dengan suhu yang sedang berada pada puncaknya. Hal ini menunjukkan adanya korelasi negatif antara suhu dan tegangan pada panel surya, terutama ketika suhu mencapai nilai ekstrem.

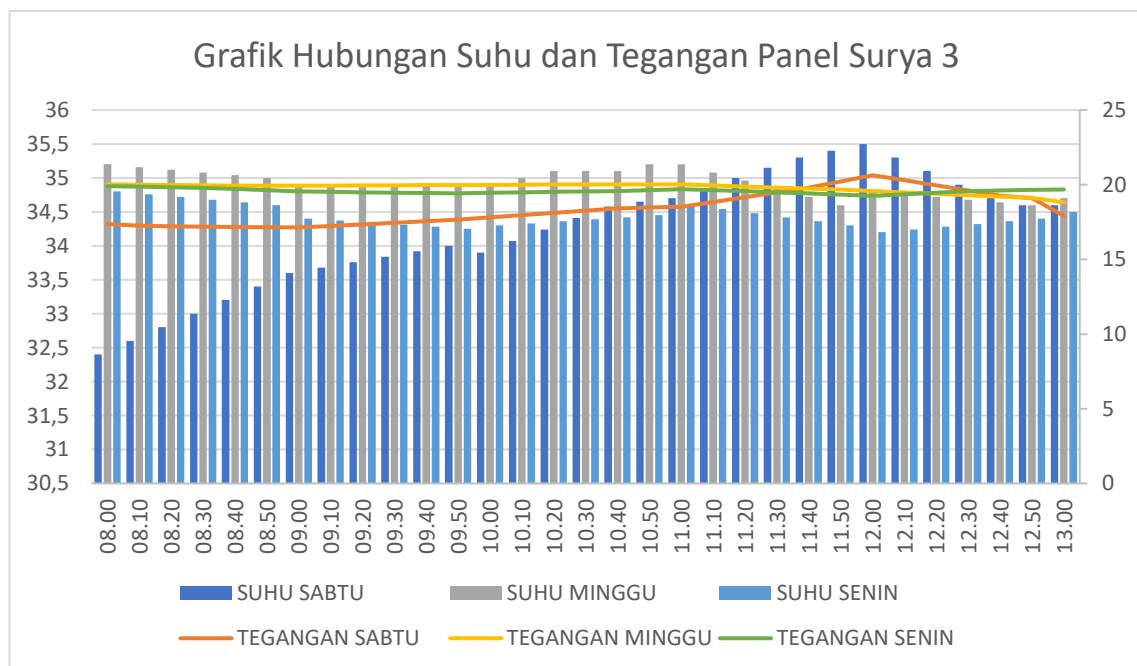
Pada hari Minggu dan Senin, pola tegangan menunjukkan konsistensi yang lebih baik dibandingkan hari Sabtu. Tegangan pada kedua hari ini relatif stabil pada pagi hari, berada pada kisaran 19–20 Volt. Namun, ketika suhu meningkat, tegangan mulai mengalami sedikit penurunan, terutama setelah pukul 11.00. Penurunan ini cenderung lebih halus dibandingkan pola yang terlihat pada hari Sabtu. Hari Senin, khususnya, menunjukkan kestabilan yang lebih tinggi, dengan perubahan tegangan yang minimal sepanjang waktu pengamatan.

Hubungan antara suhu dan tegangan pada panel surya 2 ini dapat dijelaskan melalui prinsip kerja panel surya. Ketika suhu panel meningkat akibat paparan sinar matahari yang intens, efisiensi sel surya dalam mengubah energi cahaya menjadi energi listrik cenderung menurun. Hal ini disebabkan oleh peningkatan resistansi internal pada panel surya, yang menyebabkan tegangan keluaran menurun. Oleh karena itu, pada pukul 12.30, ketika suhu mencapai puncaknya, tegangan menunjukkan penurunan yang signifikan, terutama pada hari Sabtu.

Selain itu, pola fluktuasi tegangan yang lebih besar pada hari Sabtu dibandingkan dengan Minggu dan Senin dapat disebabkan oleh beberapa faktor lingkungan, seperti variasi intensitas cahaya matahari, kecepatan angin, atau kelembaban udara yang lebih dinamis pada hari Sabtu. Sebaliknya, kondisi

lingkungan yang lebih stabil pada hari Minggu dan Senin memungkinkan tegangan panel surya untuk tetap konsisten, meskipun suhu meningkat.

Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan bahwa suhu memiliki pengaruh langsung terhadap kinerja panel surya, khususnya pada nilai tegangan keluaran. Untuk menjaga kinerja panel surya yang optimal, penting untuk memantau dan mengelola suhu panel, misalnya melalui penggunaan sistem pendinginan atau ventilasi yang efektif. Selain itu, analisis pola ini dapat membantu dalam perencanaan operasional sistem panel surya, seperti menentukan waktu yang paling efisien untuk memanen energi listrik berdasarkan kondisi suhu dan tegangan.



Gambar 1.3 Gambar Grafik Hubungan Suhu dan Tegangan Panel Surya 3

Grafik hubungan suhu dan tegangan pada panel surya 3 menyajikan data pengamatan selama tiga hari berbeda, yakni Sabtu, Minggu, dan Senin.

Grafik ini terdiri dari dua jenis data: suhu yang ditampilkan dalam bentuk diagram batang dan tegangan dalam bentuk garis. Sumbu horizontal (sumbu x) menunjukkan rentang waktu pengamatan dari pukul 08.00 hingga 13.00, sedangkan sumbu vertikal terbagi menjadi dua bagian, yaitu sumbu kiri yang merepresentasikan suhu dalam derajat Celsius ($^{\circ}\text{C}$) dan sumbu kanan yang menunjukkan tegangan dalam Volt (V).

Pada awal waktu pengamatan, suhu pada ketiga hari cenderung menunjukkan nilai yang mirip, yaitu sekitar 31°C hingga 32°C . Seiring bertambahnya waktu, suhu perlahan meningkat karena intensitas sinar matahari yang semakin kuat. Pola kenaikan suhu ini terlihat konsisten di semua hari, meskipun terdapat variasi kecil pada waktu tertentu. Sebagai contoh, suhu pada hari Sabtu mengalami kenaikan yang stabil dan mencapai puncaknya sekitar pukul 12.30 dengan nilai hampir $35,5^{\circ}\text{C}$. Sebaliknya, suhu pada hari Minggu dan Senin cenderung lebih rendah, dengan nilai maksimum sekitar 35°C . Hal ini menunjukkan adanya perbedaan intensitas cahaya matahari atau kondisi cuaca di masing-masing hari.

Dari sisi tegangan, grafik menunjukkan bahwa tegangan awal pada pagi hari relatif stabil di semua hari, berada di kisaran 19 Volt hingga 20 Volt. Namun, seiring dengan kenaikan suhu, tegangan pada panel surya mulai menunjukkan penurunan. Pada hari Sabtu, penurunan tegangan mulai terlihat setelah pukul 11.00, bertepatan dengan waktu ketika suhu mencapai nilai tertinggi. Tegangan pada hari Sabtu bahkan sempat mengalami penurunan tajam mendekati pukul 12.30, dengan nilai akhir sekitar 18 Volt. Tren ini menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik antara suhu dan tegangan pada panel surya, di mana suhu yang terlalu tinggi dapat mengurangi efisiensi panel dalam menghasilkan tegangan listrik.

Sementara itu, pada hari Minggu dan Senin, pola tegangan menunjukkan fluktuasi yang lebih kecil dibandingkan dengan hari Sabtu. Tegangan pada kedua hari ini cenderung lebih stabil, meskipun tetap

menunjukkan sedikit penurunan seiring meningkatnya suhu. Tegangan pada hari Minggu, misalnya, hanya turun dari 20 Volt menjadi sekitar 19 Volt pada pukul 12.30, sedangkan pada hari Senin, penurunannya bahkan lebih kecil, dengan nilai akhir tegangan tetap berada di sekitar 19 Volt. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa kondisi cuaca atau desain panel surya pada hari Minggu dan Senin lebih mendukung kestabilan tegangan, meskipun suhu meningkat.

Fenomena ini dapat dijelaskan melalui prinsip kerja panel surya. Ketika suhu panel meningkat, resistansi internal panel juga meningkat, sehingga efisiensi konversi energi cahaya menjadi energi listrik menurun. Akibatnya, tegangan keluaran dari panel surya berkurang. Hubungan ini terlihat paling jelas pada hari Sabtu, di mana suhu yang lebih tinggi secara signifikan memengaruhi tegangan. Sebaliknya, pada hari Minggu dan Senin, kondisi suhu yang sedikit lebih rendah atau lebih stabil membantu menjaga tegangan panel tetap konsisten.

Analisis grafik ini juga menunjukkan pentingnya memantau suhu operasional panel surya untuk memastikan kinerja optimal. Pada suhu yang terlalu tinggi, panel surya memerlukan mekanisme pendinginan atau strategi lain untuk menjaga suhu tetap dalam rentang yang optimal. Dengan demikian, data ini dapat digunakan untuk perencanaan dan pengelolaan sistem panel surya yang lebih efisien, terutama dalam menghadapi kondisi cuaca yang berubah-ubah.

Secara keseluruhan, grafik ini memberikan wawasan yang penting mengenai hubungan antara suhu dan tegangan pada panel surya. Sementara suhu cenderung meningkat secara konsisten pada pagi hingga siang hari, tegangan justru menurun, terutama ketika suhu mencapai puncaknya. Pola ini menyoroti tantangan teknis yang perlu diatasi untuk meningkatkan efisiensi panel surya dalam berbagai kondisi lingkungan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa fluktuasi suhu permukaan panel surya memiliki pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi panel surya, terutama di wilayah tropis seperti Indonesia yang memiliki potensi besar untuk pengembangan energi terbarukan. Berikut beberapa penjelasannya.

1. Hubungan Suhu permukaan panel dan Tegangan keluaran panel

Pada awal hari, kenaikan suhu secara bertahap (misalnya dari 32,4°C ke kisaran 35°C) mendorong peningkatan tegangan keluaran. Hal ini terlihat pada Panel 1 di hari Sabtu, di mana tegangan meningkat dari 17,45 V hingga mencapai puncaknya sekitar 20,54 V. Data pada Panel 2 dan Panel 3 juga menunjukkan tren serupa, meskipun nilai absolutnya sedikit berbeda. Peningkatan suhu dalam rentang optimal mendukung pergerakan elektron pada material semikonduktor sehingga meningkatkan efisiensi konversi energi. Setelah mencapai titik suhu optimal (sekitar 35,5°C pada beberapa pengukuran), meskipun suhu masih tinggi, tegangan mulai menurun. Hal ini disebabkan oleh peningkatan resistansi internal dan perubahan sifat semikonduktor yang mengurangi efisiensi. Contohnya, pada Panel 1 setelah pukul 12.00 WIB, meskipun suhu masih tinggi, tegangan menurun (misalnya turun menjadi 18,06 V pada pukul 13.00 WIB). Tren penurunan serupa juga teramati pada Panel 2 dan Panel 3. Data pengukuran pada ketiga panel menunjukkan bahwa peningkatan suhu awal berkontribusi positif terhadap peningkatan tegangan hingga mencapai titik optimal. Setelah melewati ambang optimal tersebut, peningkatan suhu malah mengakibatkan penurunan tegangan, sehingga mendukung rumusan masalah yang menanyakan pengaruh fluktuasi suhu terhadap kinerja panel.

2. Dampak Kondisi Cuaca terhadap Efisiensi Panel Surya

Perbandingan antara hari dengan kondisi cuaca berbeda (misalnya hari Sabtu dengan fluktuasi suhu yang cukup tinggi dan hari Minggu dengan suhu

yang relatif stabil) mengungkapkan bahwa kondisi cuaca juga memengaruhi kinerja. Meskipun suhu relatif stabil pada hari Minggu, penurunan tegangan yang terjadi menunjukkan bahwa berkurangnya intensitas radiasi matahari (akibat cuaca mendung) turut menurunkan efisiensi panel. Pengamatan pada hari dengan kondisi mendung (misalnya hari Minggu) menunjukkan bahwa walaupun suhu tetap stabil, tegangan yang dihasilkan cenderung menurun. Hal ini menjawab pertanyaan tentang kondisi cuaca apa saja yang memberikan pengaruh signifikan terhadap efisiensi panel surya. Cuaca cerah memberikan efisiensi tertinggi dengan daya keluaran maksimal, mencapai 100% dari kapasitas terukur. Sebaliknya, cuaca mendung mengurangi intensitas cahaya matahari, yang menyebabkan penurunan tegangan hingga 30% dan efisiensi hingga 40%. Jika potensi maksimal daya adalah 100 W, hanya 60 W yang dihasilkan. Tegangan pun menurun hingga 30%, menunjukkan penurunan signifikan dalam kapasitas panel untuk menghasilkan listrik.

3. Kontribusi terhadap Energi Terbarukan

Penelitian ini memberikan wawasan penting bagi pengembangan teknologi panel surya yang lebih adaptif terhadap kondisi tropis. Mendukung optimalisasi energi terbarukan di Indonesia, dengan potensi peningkatan elektrifikasi hingga 30% di wilayah terpencil.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, penting untuk mengembangkan teknologi yang mampu mengatasi tantangan akibat fluktuasi suhu permukaan panel dan kondisi cuaca, seperti:

1. Optimasi Desain Panel dan Manajemen Termal

Mengingat setiap panel menunjukkan rentang suhu optimal (sekitar 34,5°C hingga 35,5°C) untuk kinerja maksimal, perlu dilakukan optimasi desain dengan mengintegrasikan sistem pendinginan pasif atau pemilihan material dengan koefisien suhu rendah guna menjaga suhu permukaan tetap berada dalam rentang optimal.

2. Strategi Pengelolaan Berdasarkan Kondisi Cuaca

Perencanaan penggunaan panel surya harus mempertimbangkan prediksi cuaca. Di daerah dengan potensi cuaca mendung, misalnya, perlu diintegrasikan sistem penyimpanan energi atau inverter adaptif untuk mengantisipasi penurunan intensitas radiasi yang dapat mengurangi kinerja panel.

3. Riset dan Pengembangan Material

Temuan penurunan efisiensi pada suhu yang melebihi ambang optimal membuka peluang untuk penelitian lebih lanjut dalam pengembangan material semikonduktor baru yang lebih tahan terhadap fluktuasi suhu ekstrem. Inovasi dalam material dapat meningkatkan stabilitas dan efisiensi panel meskipun dihadapkan pada kondisi lingkungan yang dinamis.

4. Dukungan Kebijakan

Pemerintah diharapkan memberikan insentif untuk meningkatkan adopsi panel surya, baik untuk penggunaan rumah tangga maupun proyek skala besar. Kebijakan ini juga dapat mencakup subsidi hingga 30% untuk riset dan pengembangan teknologi energi terbarukan.

5. Edukasi Publik

Peningkatan kesadaran masyarakat tentang manfaat energi surya dan cara penggunaannya dapat mempercepat adopsi teknologi ini. Edukasi dapat dilakukan melalui kampanye yang menargetkan peningkatan adopsi panel surya sebesar 20% dalam lima tahun ke depan..

DAFTAR PUSTAKA

- Atikah, N., Jati, B., P., Nugroho, D. (2024). Analisis Pengaruh Suhu Terhadap Daya Output Pada Panel Surya *Monocrystalline* dan *Polycrystalline* 50 WP. CYCLOTRON: Jurnal Teknik Elektro, 7(2), 18-25.
- Asrori, A., Yudiyanto, E. (2019). Kajian Karakteristik Temperatur Permukaan Panel terhadap Performansi Instalasi Panel Surya Tipe Mono dan Polikristal. Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta, 5(2), 68 – 73.
- Dwisari, V., Sudarti, Yushardi. (2023). Pemanfaatan Energi Matahari: Masa Depan Energi Terbarukan. Jurnal Pendidikan Fisika, 7(1), 376-384.
- Harahap, P. (2020). Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya. RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro, 2(2), 73-80.
- Harun, E., H., Ahmad, F., Ilham, J. (2023). Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Terhadap Kapasitas Daya Yang Dihasilkan. Journal Of Renewable Energy Engineering, 1(2), 25-28.
- Kanugrahan, L., Sujarwanto, E. (2022). Komparasi Potensi Bahan Panel Surya Berdasarkan Iklim Kota Tasikmalaya. Journal for Physics Education and Applied Physics, 3(2), 62-67.
- Nurhasanah, A., F., Sudarti, Yushardi. (2023). Kajian Perubahan Iklim Terhadap Efisiensi Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif Di Indonesia. Jurnal Pendidikan Fisika, 7(2), 366-375.
- Pagan, S., E., P., Sara, I., D., Hasan, H. (2018). Komparasi Kinerja Panel Surya Jenis Monokristal dan Polykristal Studi Kasus Cuaca Banda Aceh. KITEKTRO: Jurnal Online Teknik Elektro, 3(4), 19-23.
- Rahmadani, O., D., T. (2024). Matahari Sebagai Sumber Energi Utama Kehidupan Serta Pemanfaatan Energi Matahari. Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek, 3(7), 1-10.

- Rettob, A., L., Warembra, R., S. (2019). Pompa Air Bertenaga Energi Matahari (Solar Cell) Untuk Pengairan Sawah. *Musamus Journal Science Education*, 1(2), 46-52.
- Rudiyanto, B., Rachmanita, R., E., Budiprasojo, A. (2023). *Dasar-Dasar Pemasangan Panel Surya*. Malang: Unisma Press.
- Sahar, M., Hayati, M., Syahrizal, Gunawan, A., Alfizah. (2024). Rancang Bangun Trainer PLTS On Grid dan Off Grid Sebagai Penunjang Praktikum. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, 6(3), 385-394.
- Samsurizal, Mauriraya, K., T., Fikri, M., Pasra, N., Christiono. (2021). *Pengenalan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)*. Jakarta Barat: Institut Teknologi PLN.
- Sandy, D., A. (2017). Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Perubahan Suhu, Kelembaban Udara Dan Tekanan Udara. (Skripsi Sarjana, Universitas Jember).
<http://repository.unej.ac.id/handle/123456789/84640>.
- Sariman, Fitriyani, N. (2021). Analisa Pemanfaatan Solar Cell Monocrystalline Sebagai Sumber Energi Listrik Pada Pompa Air Arus Searah (DC) 12 Volt Berdaya 180 Watt. *Jurnal Syntax Admiration*, 2(5), 902-918.
- Senaen, J., P., Rampegan, A., Tumimomor, F. (2023). Analisis Pengaruh Radiasi Matahari Terhadap Tegangan Dan Arus Pada Panel Surya DI Universitas Negeri Manado. *Jurnal Arjuna*, 1(6), 220-231.
- Sitepu, F., Dalimunthe, M., E., Anisah, S. (2024). Optimalisasi Daya Luaran Panel Surya Dengan Sistem Pencarian Intensitas Matahari Optimal Dengan Kontrol Fuzzy. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 12(3), 3074-3080.
- Windarto, D., Chamdan, M., U., Yudha, G., Hadipradana., I., Santoso, D. (2024). Analisis Pengaruh Cuaca Terhadap Efektivitas Kinerja Produksi

Energi Listrik PLTS On-Grid Pada Laboratorium Listrik dan Mekanik
1 PPSDM Migas. Majalah Ilmiah Swarta Prata, 14(2), 131-138.

LAMPIRAN



UNIVERSITAS ISLAM NUSANTARA
FAKULTAS TEKNIK
Jl. Soekarno Hatta No. 530, Bandung 40286, Telp./Faks.+6222 7509656
Website:www.uninus.ac.id-email:info@uninus.ac.id

Nomor : 1066/UNINUS/FTEK/PK/2024
Lamp. : -
Hal : Surat Keputusan Tugas Akhir

SURAT KEPUTUSAN TUGAS AKHIR

Dekan Fakultas Teknik UNINUS menyatakan bahwa :

Nama	: Decky Putra Kurnia
NIM	: 41037002211003
Program Studi	: Teknik Elektro
Pembimbing I	: Ganis Sanhaji, S.Si., M.Sc.
Pembimbing II	: Ir. Joko Haryatno, M.T.

Diberi hak untuk mengerjakan Tugas Akhir terhitung tanggal 02 November 2024 s/d 02 Mei 2025 (1 Semester), dengan Judul :

"ANALISIS PENGARUH FLUKTUASI SUHU MATAHARI TERHADAP KINERJA PADA PANEL SURYA MONOCRYSTALLINE"

Maka dengan ini yang bersangkutan diberi hak untuk menggunakan fasilitas Laboratorium Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik UNINUS menurut ketentuan yang berlaku dan berkewajiban memenuhi ketentuan-ketentuan yang ada.

Apabila terdapat kekeliruan dikemudian hari dalam penetapan ini, maka akan diperbaiki sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Bandung
Pada Tanggal, 2 November 2024
Dekan

Dr. Ricky Yoseptry, M.M.Pd.
FTEK UNINUS
NIDN. 0419097201

Gambar L.1 Gambar Surat Keputusan Tugas Akhir



UNIVERSITAS ISLAM NUSANTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Soekarno Hatta No. 530, Bandung 40286, Telp./Faks.+6222 7509656
 Website:www.uninus.ac.id-email:info@uninus.ac.id

Bandung, 4 November 2024

Nomor : 977A/UNINUS/FTEK/PK/2024
Lampiran : -
Perihal : Permohonan Penelitian Tugas Akhir

Kepada Yth.
Universitas Islam Nusantara
 Jl. Soekarno-Hatta No.530, Sekejati, Kec. Buahbatu,
 Kota Bandung, Jawa Barat 40286

Assalamua'laikum Wr. Wb

Dengan ini kami mengajukan permohonan kepada Bapak/Ibu untuk dapat menerima mahasiswa kami :

No	Nama	NIM	Program Studi
1.	Decky Putra Kurnia	41037002211003	Teknik Elektro
2.	Herlan Syah	41037002211001	Teknik Elektro

Untuk Melakukan Penelitian Tugas Akhir di **Universitas Islam Nusantara**. Penelitian Tugas Akhir tersebut merupakan salah satu syarat untuk dapat lulus dan mendapat gelar sarjana di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Islam Nusantara.

Sehubungan dengan hal tersebut, mohon bantuan Bapak/Ibu untuk dapat menerima dan membimbing mahasiswa kami. Demikianlah permohonan ini kami sampaikan, atas perhatian Bapak/Ibu kami ucapkan Terima Kasih.

Wassalamua'laikum Wr.Wb


 Dekan Fakultas Teknik
Dr. Ricky Yoseptry, M.M.Pd.
 FTEK UNINUS
 N. 0419097201

Gambar L.2 Gambar Surat Permohonan Penelitian Tugas Akhir



UNIVERSITAS ISLAM NUSANTARA
FAKULTAS TEKNIK
 Jl. Soekarno Hatta No. 530, Bandung 40286, Telp/Faks +6222 7509656
 Website: www.uninus.ac.id - email: fakultasteknikuninus@gmail.com

FORMULIR BIMBINGAN TUGAS AKHIR MAHASISWA

Nama : **Decky Putra Kurnia**
 NIM : **41037002211003**
 Program Studi : Teknik Elektro
 Pembimbing I : Ganis Sanhaji, S.Si., M.Sc.
 Pembimbing II : Ir. Joko Haryatno, M.T.
 Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaruh Fluktuasi Suhu Matahari Terhadap Kinerja Pada Panel Surya *Monocrystalline*

No.	Tanggal	Catatan Perbaikan	Hal/Bab	Paraf Pembimbing
1.	02/01/2025	Penulisan referensi web	BAB 1	<i>[Signature]</i>
2.	02/01/2025	Penulisan referensi satu orang saja	BAB 1	<i>[Signature]</i>
3.	02/01/2025	Perbaikan referensi jika gambar diambil dari jurnal atau lain.	Hal. 13	<i>[Signature]</i>
4.	02/01/2025	Penambahan derajat Celsius	Hal. 41 & Hal. 47	<i>[Signature]</i>
5.	02/01/2025	Pemberian angka rata kesimpulan	BAB 5	<i>[Signature]</i>

Pembimbing I

Pembimbing II

[Signature]
Ganis Sanhaji, S.Si., M.Sc.

Ir. Joko Haryatno, M.T.

Gambar L.3 Gambar Surat Bimbingan Tugas Akhir



UNIVERSITAS ISLAM NUSANTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Soekarno Hatta No. 530, Bandung 40286, Telp/Faks +6222 7509656
Website: www.uninus.ac.id-email: fakultasteknikuninus@gmail.com

FORMULIR BIMBINGAN TUGAS AKHIR MAHASISWA

Nama : **Decky Putra Kurnia**
 NIM : **41037002211003**
 Program Studi : **Teknik Elektro**
 Pembimbing I : **Ganis Sanhaji, S.Si., M.Sc.**
 Pembimbing II : **Ir. Joko Haryatno, M.T.**
 Judul Tugas Akhir : **Analisis Pengaruh Fluktuasi Suhu Matahari Terhadap Kinerja Pada Panel Surya Monocrystalline**

No.	Tanggal	Catatan Perbaikan	Hal/Bab	Paraf Pembimbing
1.	10/01/2025	Tambahkan data nilai kerja terbaik		
2.	10/01/2025	Jelaskan kondisinya seperti formal		

Pembimbing I

Pembimbing II

Ganis Sanhaji, S.Si., M.Sc.

Ir. Joko Haryatno, M.T.

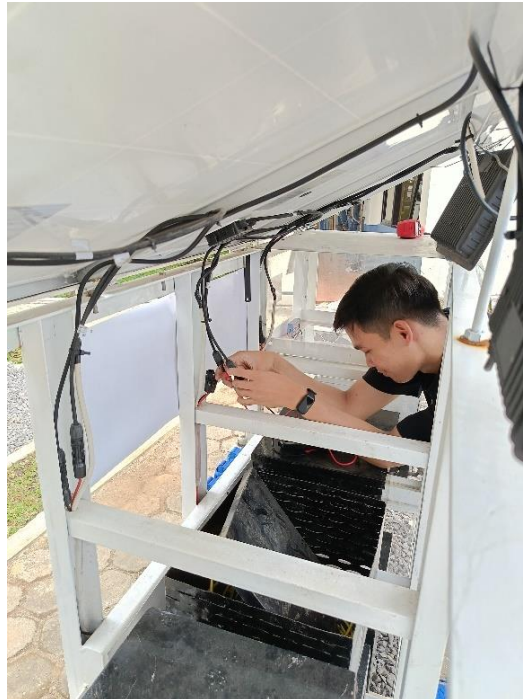
Gambar L.4 Gambar Surat Bimbingan Tugas Akhir



Gambar L.5 Gambar Pengukuran Tegangan Panel Surya 1



Gambar L.6 Gambar Pengukuran Tegangan Panel Surya 2



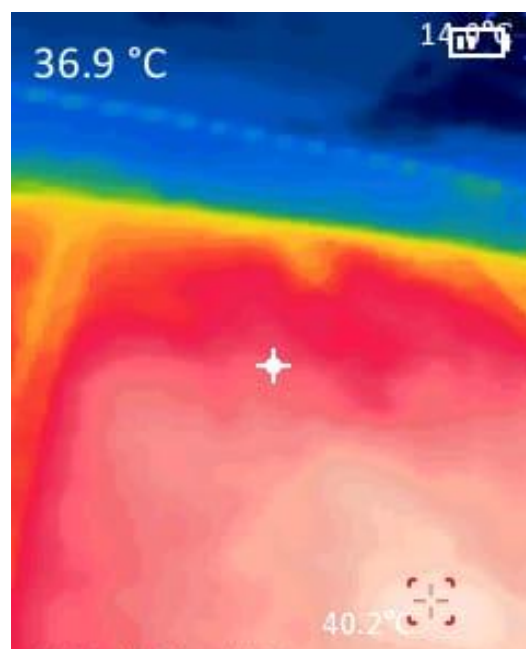
Gambar L.7 Gambar Pengukuran Tegangan Panel Surya 3



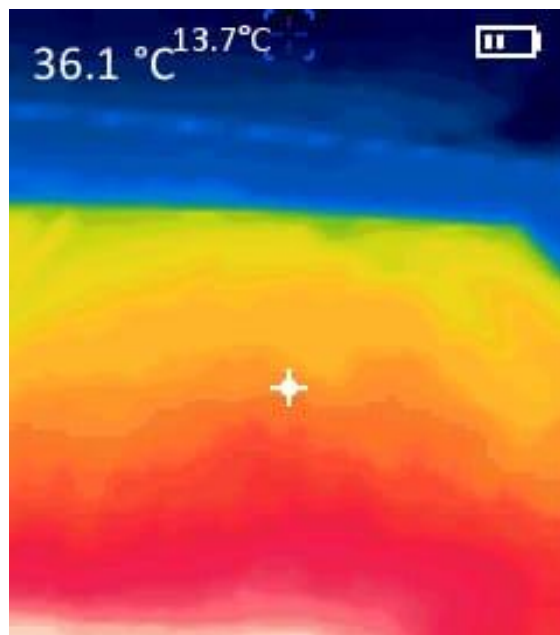
Gambar L.8 Gambar Pengukuran Suhu Permukaan Panel Surya



Gambar L.9 Gambar Hasil Pengukuran Suhu Permukaan Panel Surya 1



Gambar L.10 Gambar Hasil Pengukuran Suhu Permukaan Panel Surya 2



Gambar L.11 Gambar Hasil Pengukuran Suhu Permukaan Panel Surya 3