

**PENGARUH PENGGUNAAN *SOLAR PROTECTION FILM* PADA
EFISIENSI PANEL SURYA *SOLAR TRACKING DUAL AXIS SYSTEM***

SKRIPSI

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T)



Disusun oleh:

TAMAM FALAH RAMADHAN

NPM. 3332190088

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
2025**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini ditetapkan bahwa Skripsi berikut.

Judul : Pengaruh Penggunaan *Solar Protection Film* Pada Efisiensi Panel Surya *Solar Tracking Dual Axis System*.
Nama Mahasiswa : Tamam Falah Ramadhan
NPM : 3332190088
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, 15 Januari 2025



Tamam Falah Ramadhan

3332190088

LEMBAR PENGESAHAN

Dengan ini ditetapkan bahwa Skripsi berikut.

Judul : Pengaruh Penggunaan *Solar Protection Film* Pada Efisiensi Panel Surya *Solar Tracking Dual Axis System*.
Nama Mahasiswa : Tamam Falah Ramadhan
NPM : 3332190088
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Elektro

Telah diuji dan dipertahankan pada tanggal 7 Januari 2025 melalui Sidang Skripsi di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon dan dinyatakan **LULUS**

Dewan Penguji

Pembimbing I : Dr. Eng. Rocky Alfanz, S.T., M.Sc.
Pembimbing II : Adi Nugraha, S.Pd., M.T.
Penguji I : HM. Hartono, S.T., M.T.
Penguji II : Felycia, S.T., M.T.

Tanda Tangan

.....
.....
.....
.....

Mengetahui,
Ketua Jurusan


Dr. Eng. Rocky Alfanz, S.T., M.Sc.
NIP.198103282010121001

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan keberkahan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi. Penulisan skripsi ini bertujuan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini tanpa mengurangi rasa hormat, saya selaku penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah terlibat serta yang terutama kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Rocky Alfanz, S.T., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa dan selaku Dosen Pembimbing I Skripsi.
2. Bapak Adi Nugraha, S.Pd., M.T. selaku Dosen Pembimbing II Skripsi.
3. Bapak Fadil Muhammad, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik Penulis.
4. Orang tua dan keluarga besar penulis yang memberikan dukungan kepada penulis baik secara moril dan materil.
5. Saudara Albertus Sera Sasmita dan Muhammad Firman Fauzy, selaku rekan satu proyek.
6. Teman-teman yang telah banyak membantu saya dalam proses penelitian dan penyelesaian skripsi ini.

Akhir kata, penulis memohon maaf apabila terdapat kekeliruan di dalam penulisan skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis dan pembaca pada umumnya.

Cilegon, Januari 2025

Penulis

ABSTRAK

Tamam Falah Ramadhan
Teknik Elektro

Pengaruh Penggunaan *Solar Protection Film* Pada Efisiensi Panel Surya *Solar Tracking Dual Axis System*.

Fenomena *shading* merupakan faktor yang dapat mengurangi hasil *output* panel surya. Penelitian ini menganalisis dampak *shading* pada panel surya dengan sistem *solar tracking dual-axis* terhadap daya output dan efisiensi, serta hubungan suhu pada *shading*. Analisis komparasi menggunakan *solar protection film* atau kaca film berguna untuk mengetahui secara detail *output* yang dihasilkan akibat dampak *shading* yang terjadi pada panel surya, analisis dilakukan pada variasi kegelapan 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% dan penutupan $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, hingga 1 panel penuh. Hasil analisis terdapat perbedaan suhu 1°C-3°C antara panel tanpa *shading* dan ter-*shading*. Panel tanpa *shading* rata-rata menghasilkan daya 48 watt dengan efisiensi 44%, sedangkan panel ter-*shading* menunjukkan penurunan daya 36-0,4 watt dengan efisiensi 33%-0,3%. *Shading* secara signifikan menurunkan daya *output* dan efisiensi daya normalisasi, menunjukkan dampak yang berpengaruh pada *output* panel surya *solar tracking dual-axis system*.

Kata Kunci: *Solar Tracking Dual Axis System*, Daya Output, Efisiensi Daya Normalisasi, *Shading*, *Solar Protection Film*

ABSTRACT

Tamam Falah Ramadhan
Electrical Engineering

Effects of The Application Solar Protection Film on The Efficiency of Solar Panel Tracking Dual Axis System

The shading phenomenon is a factor that can reduce the output of solar panels. This study analyzes the impact of shading on solar panels with a dual-axis solar tracking system on output power and efficiency and the relationship between temperature and shading. Comparative analyses using solar protection film were conducted to detail the output affected by shading on solar panels, with variations in darkness levels of 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, and 100%, and coverage of $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, and a full panel. The analysis results show a temperature difference of 1°C-3°C between unshaded and shaded panels. On average, unshaded panels produced 48 watts of power with 44% efficiency, while shaded panels showed a power reduction to 36-0,4 watts with an efficiency of 0,3%-33%. Shading significantly decreases output power and efficiency, demonstrating a notable impact on the performance of solar panels in a dual-axis solar tracking system.

Keywords: Solar Tracking Dual Axis System, Output Power, Normalized Output Power Efficiency, Shading, Solar Protection Film

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PRAKATA	iv
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Masalah	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. <i>Solar Panel</i>	5
2.1.1. <i>Monocrystalline Solar Panel</i>	6
2.1.2. <i>Polycrystalline Solar Panel</i>	6
2.1.3. <i>Thin Film Solar Panel</i>	7
2.1.4. <i>Half-Cut Solar Panel</i>	8
2.2. Hal-hal Penentu Kinerja <i>Solar Panel</i>	9
2.2.1. Suhu <i>Solar Panel</i>	9
2.2.2. Intensitas Sinar Matahari	9

2.2.3.	Kebersihan <i>Solar Panel</i>	10
2.2.4.	Kinerja Arah <i>Solar Panel</i>	11
2.2.5.	Efek <i>Partial Shading</i>	11
2.3.	Kaca Film (<i>Solar Protection Film</i>)	13
2.3.1	<i>Visible Light Transmittance</i> (VLT).....	14
2.3.2	<i>Total Solar Energy Rejection</i> (TSER)	15
2.3.3	<i>Ultraviolet Rejection</i> (UVR).....	15
2.3.4	<i>Infrared Rejection</i> (IRR).....	15
2.4.	Mikrokontroler Arduino Mega.....	15
2.5.	<i>Solar Tracking Dual-Axis</i>	16
2.6.	Motor <i>Stepper</i>	17
2.7.	Pyranometer	18
2.8.	<i>Light Dependent Resistor</i> (LDR)	19
2.9.	<i>Digital Clamp Multimeter</i>	19
2.10.	<i>Thermogun</i>	20
2.11.	Perhitungan Daya pada <i>Solar Panel</i>	22
2.12.	Kajian Pustaka.....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		26
3.1.	Metodologi Penelitian	26
3.2.	Desain Model <i>Solar Tracking Dual Axis System</i>	30
3.3.	Komponen Alat Penelitian	32
3.4.	Spesifikasi Modul Panel Surya	32
3.5.	Metode Pengambilan Data	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		38
4.1.	Hasil Eksperimen Alat	38
4.2.	Eksperimen <i>Shading</i>	39

4.2.1. Pengamatan Iradiasi dan Suhu	41
4.2.2 Pengamatan Daya dan Efisiensi.....	51
BAB V PENUTUP.....	61
5.1. Kesimpulan.....	61
5.2. Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN A HASIL PENGUKURAN & PERHITUNGAN	A-1
LAMPIRAN B RANGKAIAN PANEL SURYA DAN <i>SHADING</i>	B-1
LAMPIRAN C DOKUMENTASI PENELITIAN	C-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur lapisan <i>solar panel</i>	5
Gambar 2.2 <i>Monocrystalline solar panel</i>	6
Gambar 2.3 <i>Polycrystalline solar panel</i>	7
Gambar 2.4 Perbandingan sistem sel panel surya	8
Gambar 2.5 Pengaruh suhu pada panel surya	9
Gambar 2.6 Pengaruh iradiasi matahari terhadap panel surya	10
Gambar 2.7 Penutupan panel surya yang disebabkan oleh kotoran	10
Gambar 2.8 Arah solar panel terhadap pergerakan matahari	11
Gambar 2.9 Visualisasi shading objek pada panel surya	12
Gambar 2.10 Kondisi <i>solar panel</i>	12
Gambar 2.11 Efek <i>partial shading</i> pada rangkaian panel surya	13
Gambar 2.12 Refleksi dan refraksi pada kaca film	14
Gambar 2.13 Mikrokontroler arduino mega 2560	16
Gambar 2.14 Panel surya <i>solar tracking dual axis</i>	16
Gambar 2.15 <i>Start position</i> pada <i>motor stepper</i>	17
Gambar 2.16 Bentuk fisik dari <i>motor stepper</i>	17
Gambar 2.17 Pyranometer	18
Gambar 2.18 Struktur komponen pyranometer	18
Gambar 2.19 Komponen <i>light dependent resistor</i>	19
Gambar 2.20 Digital clamp multimeter	20
Gambar 2.21 Alat pengukur suhu thermogun	21
Gambar 3.1 Diagram pembagian penelitian pada <i>capstone project</i>	26
Gambar 3.2 Diagram blok penelitian	27
Gambar 3.3 Sistem kendali panel surya	29
Gambar 3.4 Sketsa dasar panel surya	31
Gambar 3.5 Desain panel surya <i>solar tracking dual axis system</i>	31
Gambar 3.6 Panel surya <i>monocristaline</i> 85 WP	32
Gambar 3.7 Stuktur panel surya <i>monocristaline</i> 85 WP	33
Gambar 3.8 Spesifikasi pada <i>nameplate</i> modul surya 85 WP	33
Gambar 3.9 Variasi kondisi penutupan panel surya	34

Gambar 3.10 Variasi tingkat kegelapan kaca film	34
Gambar 3.11 Klasifikasi kegelapan <i>Shading</i> pada panel surya	35
Gambar 3.12 Diagram blok pengambilan data	37
Gambar 4.1 Visualisasi <i>solar tracking dual axis system</i>	38
Gambar 4.2 Eksperimen <i>shading</i> panel surya,	39
Gambar 4.3 Kondisi panel surya kegelapan <i>shading</i> 0%.....	41
Gambar 4.4 Grafik Iradiasi Matahari Eksperimen <i>Shading</i> 0%	41
Gambar 4.5 Grafik Suhu Eksperimen <i>Shading</i> 0%.....	42
Gambar 4.6 Kondisi panel surya kegelapan <i>shading</i> 20%	42
Gambar 4.7 Grafik Iradiasi Matahari Eksperimen <i>Shading</i> 20%	43
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Suhu Permukaan Eksperimen <i>Shading</i> 20%...	43
Gambar 4.9 Kondisi panel surya kegelapan <i>shading</i> 40%	44
Gambar 4.10 Grafik Iradiasi Eksperimen <i>Shading</i> 40%.....	44
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Suhu Permukaan Eksperimen <i>Shading</i> 40%.	45
Gambar 4.12 Kondisi panel surya kegelapan <i>shading</i> 60%	45
Gambar 4.13 Grafik Iradiasi Matahari Eksperimen <i>Shading</i> 60%	46
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Suhu Permukaan Eksperimen <i>Shading</i> 60%.	46
Gambar 4.15 Kondisi panel surya kegelapan <i>shading</i> 80%	47
Gambar 4.16 Grafik Iradiasi Matahari Eksperimen <i>Shading</i> 80%	47
Gambar 4.17 Grafik Perbandingan Suhu Permukaan Eksperimen <i>Shading</i> 80%.	48
Gambar 4.18 Kondisi panel surya kegelapan <i>shading</i> 80%,	48
Gambar 4.19 Grafik Iradiasi Matahari Eksperimen <i>Shading</i> 100%	49
Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Suhu Permukaan Eksperimen <i>Shading</i> 100%	49
Gambar 4.21 Grafik Daya <i>Output</i> Panel Kegelapan <i>Shading</i> 0%	52
Gambar 4.22 Grafik Efisiensi Daya Normalisasi Kegelapan <i>Shading</i> 0%	52
Gambar 4.23 Grafik Daya <i>Output Shading</i> 20%	53
Gambar 4.24 Grafik Efisiensi Daya Normalisasi <i>Shading</i> 20%	53
Gambar 4.25 Grafik Daya <i>Output Shading</i> 40%	54
Gambar 4.26 Grafik Efisiensi Daya Normalisasi <i>Shading</i> 40%	54
Gambar 4.27 Grafik Daya <i>Output Shading</i> 60%	55
Gambar 4.28 Grafik Efisiensi Daya Normalisasi <i>Shading</i> 60%	55
Gambar 4.29 Grafik Daya <i>Output Shading</i> 80%	56

Gambar 4.30 Grafik Efisiensi Daya Normalisasi <i>Shading</i> 80%	56
Gambar 4.31 Grafik Daya <i>Output Shading</i> 100%	57
Gambar 4.32 Grafik Efisiensi Daya Normalisasi <i>Shading</i> 100%	57

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Desain Eksperimen Pengambilan Data	30
Tabel 3.2 Komponen alat penelitian	32
Tabel 3.3 Spesifikasi modul panel surya 85 WP.....	33
Tabel A.1 Hasil Pengukuran <i>Shading</i> Kegelapan 0%.....	A-1
Tabel A.2 Hasil Pengukuran <i>Shading</i> Kegelapan 20%, Penutupan $\frac{1}{4}$ Panel	A-1
Tabel A.3 Hasil Pengukuran <i>Shading</i> Kegelapan 20%, Penutupan $\frac{1}{2}$ Panel	A-2
Tabel A.4 Hasil Pengukuran <i>Shading</i> Kegelapan 20%, Penutupan $\frac{3}{4}$ Panel	A-2
Tabel A.5 Hasil Pengukuran <i>Shading</i> Kegelapan 20%, Penutupan 1 Panel	A-3
Tabel A.6 Hasil Pengukuran <i>Shading</i> Kegelapan 40%, Penutupan $\frac{1}{4}$ Panel	A-3
Tabel A.7 Hasil Pengukuran <i>Shading</i> Kegelapan 40%, Penutupan $\frac{1}{2}$ Panel	A-4
Tabel A.8 Hasil Pengukuran <i>Shading</i> Kegelapan 40%, Penutupan $\frac{3}{4}$ Panel	A-4
Tabel A.9 Hasil Pengukuran <i>Shading</i> Kegelapan 40%, Penutupan 1 Panel	A-5
Tabel A.10 Hasil Pengukuran <i>Shading</i> Kegelapan 60%, Penutupan $\frac{1}{4}$ Panel	A-5
Tabel A.11 Hasil Pengukuran <i>Shading</i> Kegelapan 60%, Penutupan $\frac{1}{2}$ Panel	A-6
Tabel A.12 Hasil Pengukuran <i>Shading</i> Kegelapan 60%, Penutupan $\frac{3}{4}$ Panel	A-6
Tabel A.13 Hasil Pengukuran <i>Shading</i> Kegelapan 60%, Penutupan 1 Panel	A-7
Tabel A.14 Hasil Pengukuran <i>Shading</i> Kegelapan 80%, Penutupan $\frac{1}{4}$ Panel	A-7
Tabel A.15 Hasil Pengukuran <i>Shading</i> Kegelapan 80%, Penutupan $\frac{1}{2}$ Panel	A-8
Tabel A.16 Hasil Pengukuran <i>Shading</i> Kegelapan 80%, Penutupan $\frac{3}{4}$ Panel	A-8
Tabel A.17 Hasil Pengukuran <i>Shading</i> Kegelapan 80%, Penutupan 1 Panel	A-9
Tabel A.18 Hasil Pengukuran <i>Shading</i> Kegelapan 100%, Penutupan $\frac{1}{4}$ Panel..	A-9
Tabel A.19 Hasil Pengukuran <i>Shading</i> Kegelapan 100%, Penutupan $\frac{1}{2}$ Panel	A-10
Tabel A.20 Hasil Pengukuran <i>Shading</i> Kegelapan 100%, Penutupan $\frac{3}{4}$ Panel	A-10
Tabel A.21 Hasil Pengukuran <i>Shading</i> Kegelapan 100%, Penutupan 1 Panel.	A-11
Tabel A.22 Hasil rata-rata <i>output</i> eksperimen <i>shading</i> kegelapan 0%	A-11
Tabel A.23 Hasil rata-rata daya <i>output</i> eksperimen <i>shading</i>	A-11
Tabel A.24 Hasil rata-rata efisiensi daya normalisasi eksperimen <i>shading</i>	A-11

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Panel surya merupakan sumber daya alternatif yang tepat untuk digunakan sebagai penyedia energi berkelanjutan ramah lingkungan dengan sistem kerjanya yaitu menggunakan iradiasi matahari yang ditangkap oleh sel surya kemudian menghasilkan energi daya listrik yang dapat digunakan untuk segala keperluan yang dibutuhkan lingkungan [1], [2], [3], [4], [5]. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) semakin lama semakin mengalami perkembangan yang sangat cepat, sehingga berbagai teknologi yang berhubungan dengan panel surya semakin bervariasi [6], [7], [8], [9], [10].

Pada perkembangan panel surya terdapat suatu teknologi untuk meningkatkan penyerapan iradiasi matahari yaitu menggunakan suatu sistem yang disebut *solar tracking*, pada sistem ini bekerja dengan melakukan pergerakan matahari secara dinamis yang dideteksi langsung oleh suatu sensor cahaya, sensor ini memiliki fungsi untuk mendeteksi pergerakan dari intensitas radiasi pada matahari yang dapat membuat proses penyerapan radiasi matahari menjadi lebih baik [11]. Pada saat panel surya menangkap sinar radiasi matahari untuk menghasilkan energi listrik terdapat faktor eksternal yang dapat mempengaruhi nilai dari daya keluaran yang dihasilkan dari panel surya tersebut yaitu fenomena berbayang atau *shading* [12], [13].

Pada *shading* ini adalah suatu kondisi atau fenomena yang terjadi pada panel surya tertutup oleh suatu objek dengan visualisasi kegelapan yang berbeda tergantung dari objek yang menutupinya yang dimana pada panel surya yang tertutup tersebut nilai dari daya keluarannya mengalami penurunan tergantung besar dari *shading* tersebut, sehingga dapat dikatakan *shading* ini dapat menyebabkan hasil nilai dari daya keluaran dari panel suryanya menjadi rendah, dan juga berdampak dari hasil daya yang mempengaruhi efisiensi daya yang menyebabkan penurunan dan bahkan tidak ada *output* yang dihasilkan oleh panel surya akibat fenomena *shading* [14], [15], [16], [17].

Pada fenomena *shading* yang terjadi dengan ukuran dan visualisasi kegelapan yang berbeda diperkirakan dapat mengurangi hasil *output* dari panel surya serta belum ada penelitian yang menganalisis seberapa hasil *output* yang dihasilkan panel surya pada saat terjadi fenomena *shading* dengan berbagai ukuran serta visibilitas kegelapan yang tampak berbeda akibat dari objek tertentu yang menutupi panel surya tersebut. Dilihat pada fenomena *shading* yang terjadi pada panel surya maka untuk merepresentasikan fenomena tersebut agar dapat dengan mudah divisualisasikan maka langkah yang dilakukan yaitu dengan menggunakan pengaplikasian *solar protection film*, hal tersebut dikarenakan pada *solar protection film* ini memiliki karakteristik yang sesuai dengan karakteristik dari *shading* pada panel surya yaitu dapat merefraksikan dan merefleksikan cahaya serta memiliki kemampuan untuk memblokir radiasi infra merah atau *infrared rejection* (IRR) sehingga dapat memblokir panas yang berasal dari radiasi infra merah cahaya matahari, selain itu *solar protection film* juga dapat mengurangi intensitas dari cahaya matahari yang masuk langsung mengenai modul panel surya atau disebut kemampuan *visible light transmittance* (VLT) merupakan sifat penerusan cahaya berdasarkan visibilitas kegelapan dengan nilai persentase. Pada *solar protection film* yang memiliki sifat karakteristik yang sama dengan *shading* yang terjadi pada panel surya maka hal ini akan berpengaruh terhadap kinerja serta hasil *output* pada panel surya tersebut [18], [19].

Berdasarkan dengan latar belakang maka pada tugas akhir ini, penelitian yang dilakukan yaitu melakukan analisis kinerja dan hasil daya *output* serta efisiensi daya normalisasi terhadap fenomena *shading* dengan representasi menggunakan *solar protection film* dengan kondisi normal atau tidak tertutup *shading* serta *shading* yang tertutup oleh *solar protection film* pada panel surya *solar tracking dual axis system*.

1.2. Rumusan Masalah

Pada penelitian ini memiliki rumusan masalah, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh suhu terhadap daya *output* pada panel surya *solar tracking dual axis system* saat kondisi normal dan *shading*?

2. Berapakah nilai daya *output* dan efisiensi daya normalisasi panel surya *solar tracking dual axis system* saat kondisi normal dan *shading*?
3. Bagaimana pengaruh *shading* terhadap daya *output* dan efisiensi daya normalisasi panel surya *solar tracking dual axis system*?

1.3. Tujuan Penelitian

Pada penelitian ini, memiliki beberapa tujuan yang berhubungan dengan pengaruh efek *shading*, yaitu:

1. Menganalisis hubungan pengaruh suhu terhadap daya *output* pada panel surya *solar tracking dual axis system* saat kondisi normal dan *shading*.
2. Mengestimasi nilai daya *output* dan efisiensi daya normalisasi panel surya *solar tracking dual axis system* saat kondisi normal dan *shading*.
3. Menganalisis pengaruh *shading* terhadap daya *output* dan efisiensi daya normalisasi panel surya *solar tracking dual axis system*.

1.4. Manfaat Penelitian

Pada bagian ini merupakan manfaat dari penelitian dengan pengaruh efek *shading*, yaitu:

1. Sebagai bahan referensi untuk penelitian yang berkaitan dengan efek *shading* pada panel surya jenis *solar tracking dual axis system*.
2. Sebagai referensi untuk penelitian yang berkaitan dengan efisiensi daya panel surya dalam kondisi normal dan *shading*.
3. Sebagai bahan pengembangan penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan *shading* dalam berbagai variasi kegelapan pada panel surya.

1.5. Batasan Masalah

Pada penelitian ini, memiliki batasan masalah mengenai penelitian panel surya, yaitu:

1. Jenis panel surya yaitu *monocrystalline* memiliki kapasitas sebesar 85 WP.
2. Area pengambilan data di Area lahan terbuka FT UNTIRTA.
3. Waktu untuk pengambilan data dilakukan 21 hari, pada jam 06.00 WIB sampai 18.00 WIB dalam kondisi cerah.

4. Pada penelitian ini pengambilan data pada panel surya dilakukan dalam kondisi normal dan *shading*.
5. Pada pengujian *shading* menggunakan *solar protection film* berwarna hitam dengan berbagai variasi kegelapan yaitu 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% serta dengan penutupan $\frac{1}{4}$ panel, $\frac{1}{2}$ panel, $\frac{3}{4}$ panel, dan 1 panel.
6. Merk stiker kaca film yang digunakan yaitu 3M AutoFilm.
7. Variabel penelitian mencakup daya *output* dan efisiensi daya normalisasi.
8. Pada penelitian ini sistem yang digunakan yaitu *open circuit*.
9. Pada penelitian ini hanya membahas efek *shading* yang ditimbulkan pada panel surya *solar tracking dual axis system* dengan *solar protection film*.

1.6. Sistematika Penulisan

Pada sistematika penulisan ini terdapat pembahasan inti dalam setiap bab yang ada, yaitu sebagai berikut.

BAB I

Dalam bab ini terdapat penjelasan latar belakang penulisan, rumusan masalah, tujuan dari penelitian, manfaat dari penelitian, batasan penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II

Dalam bab ini terdapat beberapa dasar teori panel surya, arduino mega, komponen sensor LDR, motor *stepper*, komponen pyranometer, sistem *solar tracking*, serta efek *partial shading*.

BAB III

Dalam bab ini terdapat penjelasan tentang beberapa metode penelitian yang digunakan, alur pada penelitian, perancangan rangka *solar panel*, perancangan sistem *solar panel*, dan alur pengujian *solar panel* sistem *dual axis*.

BAB IV

Dalam bab ini berisi tentang hasil dari penelitian yang telah dilaksanakan beserta dengan analisis sesuai dengan batasan yang digunakan.

BAB V

Pada bab ini berisikan kesimpulan dan saran pengembangan penelitian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Yuwono, D. Diharto, and N. W. Pratama, "Manfaat Pengadaan Panel Surya dengan Menggunakan Metode On Grid," *ENERGI & KELISTRIKAN*, vol. 13, no. 2, pp. 161–171, Dec. 2021, doi: 10.33322/energi.v13i2.1537.
- [2] L. Adi Gunawan, A. Imam Agung, M. Widyartono, and S. Isnur Haryudo, "RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA PORTABLE," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 1, no. 10, pp. 65–71, 2021.
- [3] T. Haryanto, H. Charles, and D. H. Pranoto, "Perancangan Energi Terbarukan Solar Panel Untuk Essential Load Dengan Sistem Switch," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 10, no. 1, p. 41, 2021.
- [4] M. Saleh Al Amin, I. F. Kartika, and Y. Irwansi, "Penggunaan Panel Surya Sebagai Pembangkit Listrik Pada Alat Pengering Makanan," *Jurnal Ampere*, vol. 7, no. 1, pp. 15–21, 2022, doi: 10.31851/ampere.
- [5] Mardianto, A. Akmal, A. Hafid, and Adriani, "PERANCANGAN SOLAR CELL UNTUK SUMBER ENERGI LISTRIK MESIN POMPA AIR," *Jurnal Teknik Elektro UNISMUH*, vol. 15, no. 1, pp. 48–56, 2023.
- [6] R. Hasrul, "Analisis Efisiensi Panel Surya Sebagai Energi Alternatif," *SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri)*, vol. 5, no. 2, pp. 79–87, 2021.
- [7] N. Hayati, "Aplikasi Tenaga Surya sebagai Sumber Energi Alternatif," *Abdimasku (Jurnal Teknik Mesin IST Akprind Yogyakarta)*, vol. 4, no. 1, pp. 43–48, 2021.
- [8] P. P. T. Dharma Priatam, M. Fitra Zambak, Suwarno, and P. Harahap, "Analisa Radiasi Sinar Matahari Terhadap Panel Surya 50 WP," *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 48–54, 2021, doi: 10.30596/rele.v4i1.7825.
- [9] B. Rangga Julian, Muliadi, and Syukri, "Analisis Pengaruh Radiasi Matahari Dan Temperatur Terhadap Daya Keluaran Fotovoltaik Menggunakan SPSS," *Aceh Journal of Electrical Engineering and Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 14–18, Jun. 2023.
- [10] D. Perangin Angin, P. Sihombing, and Y. Tri Nugraha, "ANALISIS

PENGARUH POSISI SUDUT SOLAR CELL TERHADAP INTENSITAS RADIASI MATAHARI,” *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro.*, vol. 6, no. 1, pp. 50–54, 2023.

- [11] P. Siagian and R. Manurung, “Pengembangan Panel Surya 120 Wp Dengan Solar Tracker Double Axis Sebagai Bahan Pembelajaran Mahasiswa di Program Studi Teknik Mesin UHN,” *Sprocket Journal of Mechanical Engineering (SJoME)*, vol. 3, no. 2, pp. 115–128, 2022.
- [12] R. Ramful and N. Sowaruth, “Low-cost solar tracker to maximize the capture of solar energy in tropical countries,” *Energy Reports*, vol. 8, pp. 295–302, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.10.145>.
- [13] A. Giyantara, R. Bagja Rizqullah, and Wisyahyadi, “PENGARUH PARTIAL SHADING TERHADAP DAYA KELUARAN PADA PANEL SURYA,” in *Prosiding Seminar Nasional Kahuripan I Tahun 2020*, 2020, pp. 279–283.
- [14] M. Saputra, A. H. Santoso, S. Gumilang, T. Chandra, and A. Pratama, “Analisis Pengaruh Suhu dan Partial Shading Terhadap Output Daya PV 100-WP,” *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan*, vol. 10, no. 2, pp. 124–129, 2023.
- [15] Arfittariah and Wisyahyadi, “Efisiensi dari Solar panel terhadap Efek Partial shading di Wilayah Karang Joang,” *Jurnal ELEMENTER*, vol. 8, no. 1, pp. 53–62, 2022.
- [16] H. Hazman and A. Asnil, “Measurement of I-V and P-V Characteristics of Solar Panels Under Partial Shading Conditions,” *MOTIVECTION : Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, vol. 4, no. 2, pp. 99–114, May 2022, doi: [10.46574/motivection.v4i2.116](https://doi.org/10.46574/motivection.v4i2.116).
- [17] Rohana, M. Fitra Zambak, and I. Indra Siregar, “Analisis Pengaruh Bayangan Terhadap Daya Keluaran Yang Dihasilkan Oleh Pembangkit Listrik Tenaga Surya,” *Schrodinger (Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Fisika)*, vol. 4, no. 1, pp. 77–90, 2023.
- [18] A. Pawawoi and V. A. Pranata, “Peningkatan Daya Output Photovoltaik Dengan Penambahan Lapisan Kaca Film Pada Permukaannya,” *JURNAL NASIONAL TEKNIK ELEKTRO*, vol. 9, no. 3, pp. 124–130, Nov. 2020, doi:

10.25077/jnte.v9n3.712.2020.

- [19] L. Abidin, C. Wieried Priananda, K. Imron Muzaki, F. Imaduddin Adhim, L. Putri Rahayu, and A. Musthofa, "Analisis Pengaruh Bayangan Sebagian Terhadap Karakteristik Daya Listrik pada PV Array," *JOURNAL OF APPLIED ELECTRICAL ENGINEERING*, vol. 6, no. 2, pp. 48–58, Dec. 2022.
- [20] P. Guerriero, M. Coppola, I. Spina, I. Maticena, and S. Daliento, "A voltage divider strategy for reducing the hot spot temperature in partially shaded solar panels," in *2017 6th International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP)*, 2017, pp. 53–57. doi: 10.1109/ICCEP.2017.8004791.
- [21] B. H. Purwoto, Jatmiko, M. F. Alimul, and I. Fahmi Huda, "EFISIENSI PENGGUNAAN PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF," *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 18, no. 1, pp. 10–14, 2018.
- [22] F. S. Putri *et al.*, "Rancang Bangun PLTS Kapasitas 50 Wp Menggunakan Reflektor untuk Meningkatkan Efisiensi Panel Surya," *Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Seminar*, pp. 13–14, 2022.
- [23] A. H. Andriawan and P. Slamet, "Tegangan Keluaran Solar Cell Type Monocrystalline Sebagai Dasar Pertimbangan Pembangkit Tenaga Surya," *Jurnal Penelitian LPPM Untag Surabaya*, vol. 02, no. 01, pp. 39–45, 2017.
- [24] N. Safitri, T. Rihayat, and S. Riskina, *BUKU TEKNOLOGI PHOTOVOLTAIC*, vol. 1. Banda Aceh: Yayasan Puga Aceh Riset, 2019. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/341909134>
- [25] B. A. Pratama, A. Hiendro, J. Marpaung, M. I. Yusuf, and F. Imansyah, "EFFECT OF SHADING ON HALF-CUT SOLAR PANELS POWER OUTPUT," *Telecommunications, Computers, and Electricals Engineering Journal*, vol. 1, no. 2, p. 73, Oct. 2023, doi: 10.26418/telectrical.v1i2.69957.
- [26] A. Joshi, A. Khan, and A. SP, "Comparison of half cut solar cells with standard solar cells," in *2019 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET)*, Mar. 2019, pp. 1–3. doi: 10.1109/ICASET.2019.8714488.
- [27] P. Kusumaning Tiyas and M. Widyardono, "Pengaruh Efek Suhu Terhadap Kinerja Panel Surya," *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, vol. 9, no. 1, pp. 871–

876, 2020.

- [28] P. A. Sujana, I. N. S. Kumara, and I. A. D. Giriantari, "PENGARUH KEBERSIHAN MODUL SURYA TERHADAP UNJUK KERJA PLTS," *E-Journal SPEKTRUM*, vol. 2, no. 3, pp. 49–54, 2015.
- [29] B. Sri Aprillia, M. Rafiqy Zulfahmi, and dan Achmad Rizal, "Investigasi Efek Partial Shading Terhadap Daya Keluaran Sel Surya," *Jurnal ELEMENTER*, vol. 5, no. 2, pp. 9–17, 2019, [Online]. Available: <https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/elementer>
- [30] L. Castañer and S. Silvestre, "Introduction to Photovoltaic Systems and PSpice," in *Modelling Photovoltaic Systems Using PSpice®*, 2006, pp. 1–18. doi: 10.1002/0470855541.ch1.
- [31] M. A. Hasan and S. K. Parida, "Temperature dependency of partial shading effect and corresponding electrical characterization of PV panel," in *2015 IEEE Power & Energy Society General Meeting*, IEEE, Jul. 2015. doi: 10.1109/pesgm.2015.7286084.
- [32] J. Bai, Y. Cao, Y. Hao, Z. Zhang, S. Liu, and F. Cao, "Characteristic output of PV systems under partial shading or mismatch conditions," *Solar Energy*, vol. 112, pp. 41–54, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2014.09.048>.
- [33] L. Castañer, S. Bermejo, T. Markvart, and K. Fragaki, "IIIa-1 - Energy Production by a PV Array," in *Practical Handbook of Photovoltaics*, T. Markvart and L. Castañer, Eds., Amsterdam: Elsevier Science, 2003, pp. 517–529. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-185617390-2/50021-0>.
- [34] R. Ramabadran and B. Mathur, "Effect of Shading on Series and Parallel Connected Solar PV Modules," *Modern Applied Science*, vol. 3, no. 10, pp. 32–41, Oct. 2009, [Online]. Available: www.cadence.com
- [35] J. Pereira, H. Teixeira, M. da G. Gomes, and A. M. Rodrigues, "Performance of Solar Control Films on Building Glazing: A Literature Review," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 12, no. 12, pp. 1–26, Jun. 2022, doi: 10.3390/app12125923.
- [36] R. Mahendra, I. Salamah, and Nasron, "KOTAK SAMPAH OTOMATIS BERBASIS ARDUINO MEGA 2560," *Jurnal Qua Teknika*, vol. 10, no. 2,

pp. 24–33, 2020.

- [37] M. T. Taha, E. O. Mohamed, A. M. Abdolsalam, and A. B. Taha, “Control of Single-Axis and Dual-Axis Solar Tracking System,” in *2020 International Conference on Computer, Control, Electrical, and Electronics Engineering (ICCCEEE)*, Feb. 2021, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICCCEEE49695.2021.9429585.
- [38] B. Cahyo Wibowo and F. Nugraha, “Stepper Motor Speed Control Using Start-Stop Method Based On PLC,” *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 10, no. 3, pp. 213–220, 2021.
- [39] A. W. Wardhana and D. T. Nugroho, “Pengontrolan Motor Stepper Menggunakan Driver DRV 8825 Berbasis Signal Square Wave dari Timer Mikrokontroler AVR,” *JURNAL NASIONAL TEKNIK ELEKTRO*, vol. 7, no. 1, pp. 80–89, Mar. 2018, doi: 10.25077/jnte.v7n1.530.2018.
- [40] Syahrul, “MOTOR STEPPER: TEKNOLOGI, METODA DAN RANGKAIAN KONTROL,” *Majalah Ilmiah UNIKOM*, vol. 6, no. 2, pp. 187–202, 2011.
- [41] Y. Sianturi and C. M. Simbolon, “Pengukuran dan Analisa Data Radiasi Matahari di Stasiun Klimatologi Muaro Jambi,” *Megasains*, vol. 12, no. 1, pp. 40–47, Apr. 2021, doi: 10.46824/megasains.v12i1.45.
- [42] M. Putri and S. Aryza, “DESIGN OF SECURITY TOOLS USING SENSOR LIGHT DEPENDENT RESISTOR (LDR) THROUGH MOBILE PHONE,” *Peer-Reviewed, Refereed, Indexed Journal with IC*, vol. 4, no. 10, pp. 168–173, 2018.
- [43] I. R. Imaduddin, D. A. Fahreza, L. Hakim, and F. R. Maulana, “ANALISIS POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HIDRO VORTEX (PLTHV) DI DESA SAWAH KEMBANG,” *JURNAL TEKNIK MESIN*, vol. 9, no. 2, pp. 110–118, Dec. 2022, doi: 10.34128/je.v9i2.207.
- [44] I. Paramudita, T. Ari, W. Wijanarko, A. Putri Amanda, and P. Bakti, “PENGARUH JARAK UKUR DAN JENIS TERMOMETER INFRAMERAH PADA HASIL PENGUKURAN SUHU TUBUH SEBAGAI SKRINING AWAL COVID-19,” *Jurnal Standardisasi*, vol. 23, no. 2, pp. 133–140, Jul. 2021.

- [45] A. Rafhi Syahdu, H. Suropto, and Y. Rizal, "Analisis Daya Output Solar Cell Menggunakan Solar Tracker Skala Laboratorium," *Jurnal Energi dan Inovasi Teknologi (ENOTEK)*, vol. 2, no. 2, pp. 49–53, 2023.
- [46] K. Witono, A. Asrori, and A. Harijono, "The Comparison of Performance Polycrystalline and Amorphous Solar Panels under Malang City Weather Conditions (Perbandingan Kinerja Panel Surya Tipe Polycrystalline dan Amorphous dibawah Kondisi Cuaca Kota Malang)," *Bulletin of Science Education*, vol. 1, no. 2, pp. 125–135, May 2021, [Online]. Available: <https://www.attractivejournal.com/index.php/bse/index>
- [47] Samsurizal, S. Dody P, M. Fikri, and Christiono, "Dampak Bayangan Pada Panel Surya Terhadap Daya Keluaran Photovoltaic," *Jurnal Ilmiah Setrum*, vol. 9, no. 2, pp. 50–62, 2020.
- [48] D. Prima, P. Utami, and A. Rajagukguk, "ANALISA DAYA PEMBANGKIT PHOTOVOLTAIC ARRAY 9×10 WP MENDAPAT EFEK TERBAYANG (SHADING EFFECT)," *JOM FTEKNIK*, vol. 6, no. 2, pp. 1–5, 2019.
- [49] N. A. Windarko, M. N. Habibi, M. Ari, B. Nugroho, and E. Prasetyono, "Simulator Panel Surya Ekonomis untuk Pengujian MPPT pada Kondisi Berbayang Sebagian (Low Cost PV Photovoltaic Simulator for MPPT Testing under Partial Shading)," *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi* |, vol. 9, no. 1, pp. 110–115, 2020.
- [50] A. Surya Wardhana, A. Kusuma Dewi, and H. Taufiqurrahman, "PENGARUH KERUSAKAN DIODA BYPASS PADA PERFORMA 50 MODUL PHOTOVOLTAIC BERDASARKAN KONDISI PARTIAL SHADING," *Aseptia Surya Wardhana, SNTEM*, vol. 1, pp. 887–895, 2021.