

**EFISIENSI DAYA PANEL SURYA MONOCRYSTALLINE
DENGAN SOLAR TRACKING DUAL AXIS SYSTEM**

SKRIPSI

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



Disusun oleh:

ALBERTUS SERA SASMITA

3332190092

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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : EFISIENSI DAYA PANEL SURYA
*MONOCRYSTALLINE DENGAN SOLAR TRACKING
DUAL AXIS SYSTEM*

Nama Mahasiswa : Albertus Sera Sasmita

NPM : 3332190092

Fakultas/Jurusan : Fakultas Teknik/Jurusan 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 dipertanggung jawabkan. 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 nyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, 7 Januari 2025



Albertus Sera Sasmita

NPM.3332190092

LEMBAR PENGESAHAN

Dengan ini ditetapkan bahwa Skripsi berikut

Judul : EFISIENSI DAYA PANEL SURYA
MONOCRYSTALLINE DENGAN SOLAR
TRACKING DUAL AXIS SYSTEM

Nama Mahasiswa : Albertus Sera Sasmita

NPM : 3332190092

Fakultas/Jurusan : Fakultas Teknik/Jurusan Teknik Elektro

Telah diuji dan dipertahankan pada tanggal 7 Januari 2024 melalui sidang Skripsi di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon dan dinyatakan LULUS.

Dewan Penguji

Tanda Tangan

Pembimbing I : Dr. Eng. Rocky Alfanz, S.T., M.Sc.

Pembimbing II : Felycia, S.T., M.T.

Penguji I : Dr. Romi Wiryadinata, S.T., M.Eng.

Penguji II : HM. Hartono, S.T., M.T.

.....

.....

.....

.....

Mengetahui,

Ketua Jurusan



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

NIP.198103282010121001

PRAKATA

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Efisiensi Daya Panel Surya *Monocrystalline* Dengan *Solar Tracking Dual Axis System*”. Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Penulis mengucapkan banyak terima kasih terhadap semua pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan skripsi. Tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini tanpa mengurangi rasa hormat, saya selaku penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah terlibat serta yang terutama kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga besar penulis yang memberikan dukungan kepada penulis baik secara moril maupun materi.
2. Dr. Eng. Rocky Alfanz, S.T., M.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro sekaligus sebagai dosen pembimbing skripsi I yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi;
3. Felycia, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing skripsi II yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
4. Cakra Adipura W, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik penulis.
5. Muhammad Firman Fauzy dan Tamam Falah Ramadhan, selaku tim *project capstone* yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, dari awal hingga akhir pembuatan skripsi;
6. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada seluruh dosen dan staf akademik Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang telah memberikan ilmu serta pendidikan yang bermanfaat serta teman-teman yang telah banyak membantu saya berupa semangat, kritik, dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya apabila ada kekeliruan di dalam penulisan skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk pengembangan ilmu dan dapat dikembangkan.

Cilegon, 7 Januari 2025

Albertus Sera Sasmita
3332190092

ABSTRAK

Albertus Sera Sasmita

Jurusan Teknik Elektro

Efisiensi Daya Panel Surya *Monocrystalline* Dengan *Solar Tracking Dual Axis System*

Umumnya panel surya dibangun dengan sistem statis pada sudut kemiringan 15° , tetapi daya yang dihasilkan dengan sistem statis masih kurang optimal. Kurang optimalnya hasil daya tersebut dapat dioptimalkan dengan menggunakan sistem *solar tracking dual axis*. Sehingga pada penelitian yang dilakukan bertujuan menganalisis perbandingan daya panel surya terhadap penyerapan radiasi matahari, menganalisis hasil efisiensi konversi panel surya pada tiga kondisi cuaca, serta menganalisis pengaruh *shading bar* terhadap hasil perbandingan daya panel surya. Pada penelitian ini, untuk mencapai tujuan tersebut dapat menggunakan metode *solar tracking dual axis system*. Peningkatan daya pada panel surya diperoleh dari perbandingan hasil daya panel surya sistem statis dan sistem *solar tracking dual axis system*. Pengambilan data diambil dengan 3 kategori cuaca, yaitu cuaca cerah, berawan, dan hujan. Hasil penelitian yang dilakukan pada kondisi cuaca cerah, *solar tracking dual axis* dapat bekerja optimal dengan melihat pada besarnya daya puncak sekitar 79,2 W, dengan penyimpangan sudut pada *shading bar* sekitar 0° s.d. $1,5^\circ$, dan untuk efisiensi konversi *solar tracking dual axis* lebih unggul sebesar 17,87% apabila dibandingkan dengan panel surya statis yang memiliki efisiensi konversi 10,02%. Pada hasil penelitian *solar tracking dual axis* dapat bekerja optimal sesuai yang diinginkan melihat *shading bar*, dan menghasilkan efisiensi yang lebih baik apabila dibandingkan panel surya sistem statis.

Kata kunci: Panel surya, *Solar tracking dual axis*, Efisiensi konversi

ABSTRACT

Albertus Sera Sasmita

Departement of Electrical Engineering

Power Efficiency of Monocrystalline Solar Panels with Dual Axis Solar Tracking

Generally, solar panels are built with a static system at a tilt angle of 15° . However, the power generated by the static system is still not optimal. The suboptimal power output can be improved by using a dual-axis solar tracking system. Therefore, this study aims to analyze the comparison of solar panel power output in relation to solar radiation absorption, evaluate the conversion efficiency of solar panels under three different weather conditions, and examine the effect of shading bars on solar panel power output. To achieve these objectives, the dual-axis solar tracking system method is used. The increase in solar panel power output is obtained by comparing the power output of the static system and the dual-axis solar tracking system. Data collection was carried out under three weather conditions: clear, cloudy, and rainy. The results of the study under clear weather conditions show that the dual-axis solar tracking system can operate optimally, reaching a peak power of approximately 79.2 W, with a shading bar angle deviation ranging from 0° to 1.5° . Additionally, the conversion efficiency of the dual-axis solar tracking system is 17.87%, which is superior compared to the static solar panel system, which has a conversion efficiency of 10.02%. The findings indicate that the dual-axis solar tracking system operates optimally when considering the shading bar and produces better efficiency compared to the static solar panel system.

Keywords: Solar panel, Solar tracking dual axis system, Conversion efficiency

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PRAKATA	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
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. Panel Surya.....	5
2.2.1. <i>Half-cut Solar Panel</i>	6
2.2.2. <i>Monocrystalline</i>	6
2.2.3. <i>Polycrystalline</i>	7
2.2.4. <i>Thin Film Solar Cell</i>	7
2.2. Parameter Panel Surya.....	8
2.3. Faktor-faktor Pengaruh Kinerja Panel Surya	10
2.4. <i>Solar Tracking System</i>	13
2.4.1. <i>Solar Tracking Single Axis System</i>	14
2.4.2. <i>Solar Tracking Dual Axis System</i>	14
2.5. <i>Motor Stepper</i>	15
2.6. <i>Sensor Light Dependent Resistor (LDR)</i>	16

2.7. <i>Pyranometer</i>	17
2.8. <i>Arduino</i>	18
2.9. <i>Digital Clamp Multimeter</i>	18
2.10. <i>Thermogun</i>	19
2.11. <i>Kajian Pustaka</i>	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1. <i>Capstone Project</i>	21
3.2. <i>Alur Penelitian</i>	22
3.2.1. <i>Studi Literatur</i>	22
3.2.2. <i>Pemodelan Rangka Solar Tracking Dual Axis System</i>	22
3.2.3. <i>Perancangan Sistem Solar Tracking Dual Axis System</i>	23
3.2.4. <i>Pengujian Alat Solar Tracking Dual Axis System</i>	23
3.2.5. <i>Desain Pengambilan Data</i>	24
3.3. <i>Prinsip Kerja Solar Tracking Dual Axis System</i>	25
3.4. <i>Komponen Penelitian</i>	25
3.5. <i>Shading bar</i>	26
3.6. <i>Spesifikasi Panel Surya</i>	27
BAB IV ANALISIS DAN HASIL	28
4.1. <i>Solar Tracking Dual Axis System</i>	28
4.2. <i>Hasil Data Penelitian</i>	29
4.2.1. <i>Kondisi Cuaca Cerah</i>	29
4.2.2. <i>Kondisi Cuaca Berawan</i>	35
4.2.3. <i>Kondisi Cuaca Hujan</i>	42
BAB V PENUTUP	50
5.1. <i>Simpulan</i>	50
5.2. <i>Saran</i>	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN A PENGUJIAN SENSOR	A-1
LAMPIRAN B DATA PENELITIAN	B-1
LAMPIRAN C PERHITUNGAN DATA	C-1
LAMPIRAN D DOKUMENTASI FOTO PENELITIAN	D-1
LAMPIRAN E KENDALI ALAT	E-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Detail Panel Surya	5
Gambar 2.2 Perbandingan Sel Panel Surya.....	6
Gambar 2.3 Panel Surya <i>Monocrystalline</i>	6
Gambar 2.4 Panel Surya <i>Polycrystalline</i>	7
Gambar 2.5 Panel Surya <i>Thin-Film</i>	7
Gambar 2.6 Kurva I V Panel Surya.....	8
Gambar 2.7 Kurva Arus dan Tegangan Terhadap Intensitas Radiasi	11
Gambar 2.8 Radiasi Sorotan dan Radiasi Sebaran Permukaan Bumi	11
Gambar 2.9 Kondisi Langit.....	12
Gambar 2.10 Kurva Arus dan Tegangan Terhadap Perubahan Suhu	13
Gambar 2.11 Contoh <i>Solar Tracking Single Axis System</i>	14
Gambar 2.12 Contoh <i>Solar Tracking Dual Axis System</i>	15
Gambar 2.13 Motor <i>Stepper</i>	15
Gambar 2.14 Contoh Motor <i>Stepper</i>	16
Gambar 2.15 Sensor LDR	16
Gambar 2.16 Alat Ukur <i>Pyranometer</i>	17
Gambar 2.17 Arduino Mega 2560.....	18
Gambar 2.18 <i>Digital Clamp Multimeter</i>	18
Gambar 2.19 <i>Thermogun</i>	19
Gambar 3.1 <i>Diagram Capstone Project</i>	21
Gambar 3.2 Rangka Bawah Panel Surya	22
Gambar 3.3 Penempatan Komponen.....	23
Gambar 3.4 Penempatan dan Cara Kerja <i>Solar tracking dual axis</i>	25
Gambar 3.5 Penggambaran <i>Shading bar</i>	26
Gambar 4.1 Panel Surya <i>Half-cut Monocrystalline 85 W</i>	28
Gambar 4.2 Radiasi Matahari Kondisi Cuaca Cerah	29
Gambar 4.3 Perbandingan Daya Hari Pertama 5 Desember 2023	30
Gambar 4.4 Efisiensi Daya Normalisasi Hari Pertama 5 Desember 2023.....	30
Gambar 4.5 Perbandingan Daya Hari Kedua 6 Desember 2023.....	31
Gambar 4.6 Efisiensi Daya Normalisasi Hari Kedua 6 Desember 2023	32

Gambar 4.7 Perbandingan Daya Hari Ketiga 9 Desember 2023.....	32
Gambar 4.8 Efisiensi Daya Normalisasi Hari Ketiga 9 Desember 2023	33
Gambar 4.9 Suhu Permukaan Panel Surya Cuaca Cerah	34
Gambar 4.10 Contoh <i>Shading bar</i> Kondisi Cerah	34
Gambar 4.11 Efisiensi Konversi Keadaan Cuaca Cerah.....	35
Gambar 4.12 Radiasi Matahari Kondisi Cuaca Berawan.....	36
Gambar 4.13 Perbandingan Daya Hari Pertama 4 Desember 2023	36
Gambar 4.14 Efisiensi Daya Normalisasi Hari Pertama 4 Desember 2023	37
Gambar 4.15 Perbandingan Daya Hari Kedua 7 Desember 2023.....	38
Gambar 4.16 Efisiensi Daya Normalisasi Hari Kedua 7 Desember 2023	38
Gambar 4.17 Perbandingan Daya Hari Ketiga 13 Januari 2024	39
Gambar 4.18 Efisiensi Daya Normalisasi Hari Ketiga 13 Januari 2024.....	39
Gambar 4.19 Suhu Permukaan Panel Surya Cuaca Berawan	40
Gambar 4.20 Contoh <i>Shading bar</i> Kondisi Berawan.....	41
Gambar 4.21 Efisiensi Konversi Keadaan Cuaca Berawan	42
Gambar 4.22 Radiasi Matahari Kondisi Cuaca Hujan	42
Gambar 4.23 Perbandingan Daya Hari Pertama 24 November 2023	43
Gambar 4.24 Efisiensi Daya Normalisasi Hari Pertama 24 November 2023	44
Gambar 4.25 Perbandingan Daya Hari Kedua 3 Januari 2024	45
Gambar 4.26 Efisiensi Daya Normalisasi Hari Kedua 3 Januari 2024	45
Gambar 4.27 Perbandingan Daya Hari Ketiga 7 Januari 2024	46
Gambar 4.28 Efisiensi Daya Normalisasi Hari Ketiga 7 Januari 2024.....	47
Gambar 4.29 Suhu Permukaan Panel Surya Cuaca Hujan.....	47
Gambar 4.30 Contoh <i>Shading bar</i> Kondisi Hujan	48
Gambar 4.31 Efisiensi Konversi Keadaan Cuaca Hujan.....	48
Gambar A.1 Uji Sensor Tegangan	A-1
Gambar A.2 Uji Sensor RTC-DS3231	A-2
Gambar A.3 Uji <i>Micro SD Card Adaptor</i>	A-3
Gambar D.1 Pengambilan Data Panel Surya <i>Dual Axis</i> dan <i>Statis</i>	D-1
Gambar D.2 Dokumentasi Pengujian Sensor Tegangan Statis	D-2
Gambar D.3 Pengujian Sensor Tegangan <i>Tracking</i>	D-3
Gambar D.4 Dokumentasi <i>Team Capstone</i>	D-4

Gambar D.5 Dokumentasi LCD.....	D-4
Gambar D.6 Dokumentasi <i>Pyranometer</i>	D-4
Gambar D.7 Dokumentasi Motor <i>Stepper</i> 1 dan 2.....	D-5
Gambar D.8 Dokumentasi Pengambilan Data Cuaca Hujan.....	D-5
Gambar E.1 Panel Surya <i>Solar tracking dual axis</i>	E-1
Gambar E.2 Komponen Sistem Kendali	E-1
Gambar E.3 Panel Surya Statis	E-2
Gambar E.4 <i>Single Line Diagram</i> Kendali <i>Solar tracking dual axis</i>	E-2
Gambar E.5 <i>Diagram</i> Blok Sistem Kendali <i>Solar tracking dual axis</i>	E-3
Gambar E.6 Rangkaian Sistem Kendali <i>Solar tracking dual axis</i>	E-5
Gambar E.7 <i>Technical</i> Parameter Solar Panel 85 W	E-6

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Desain Eksperimen Pengambilan Data	24
Tabel 3.2 Komponen Penelitian	26
Tabel 3.3 Spesifikasi Panel Surya	27
Tabel 4.1 Data Rata-Rata Efisiensi Konversi Tertinggi.....	49
Tabel A.1 Pengujian Sensor Tegangan <i>Solar tracking dual axis</i>	A-1
Tabel A.2 Pengujian Sensor Tegangan Statis	A-1
Tabel B.1 Data <i>Solar tracking dual axis</i> Hari Pertama Cuaca Hujan.....	B-1
Tabel B.2 Data Statis Hari Pertama Cuaca Hujan.....	B-1
Tabel B.3 Data <i>Solar tracking dual axis</i> Hari Kedua Cuaca Hujan.....	B-2
Tabel B.4 Data Statis Hari Kedua Cuaca Hujan	B-2
Tabel B.5 Data <i>Solar tracking dual axis</i> Hari Ketiga Cuaca Hujan	B-3
Tabel B.6 Data Statis Hari Ketiga Cuaca Hujan	B-3
Tabel B.7 Data <i>Solar tracking dual axis</i> Hari Pertama Cuaca Berawan.....	B-4
Tabel B.8 Data Statis Hari Pertama Cuaca Berawan	B-4
Tabel B.9 Data <i>Solar tracking dual axis</i> Hari Kedua Cuaca Berawan	B-5
Tabel B.10 Data Statis Hari Kedua Cuaca Berawan.....	B-5
Tabel B.11 Data <i>Solar tracking dual axis</i> Hari Ketiga Cuaca Berawan	B-6
Tabel B.12 Data Statis Hari Ketiga Cuaca Berawan.....	B-6
Tabel B.13 Data <i>Solar tracking dual axis</i> Hari Pertama Cuaca Cerah	B-7
Tabel B.14 Data Statis Hari Pertama Cuaca Cerah.....	B-7
Tabel B.15 Data <i>Solar tracking dual axis</i> Hari Kedua Cuaca Cerah.....	B-8
Tabel B.16 Data Statis Hari Kedua Cuaca Cerah.....	B-8
Tabel B.17 Data <i>Solar tracking dual axis</i> Hari Ketiga Cuaca Cerah.....	B-9
Tabel B.18 Data Statis Hari Ketiga Cuaca Cerah	B-9

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pemanfaatan dari energi surya menjadi suatu energi alternatif yang sangat tepat untuk keberlangsungan hidup manusia untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di Indonesia. Indonesia memperoleh energi matahari sebanyak 4,8 s.d. 6,0 kWh/ m² pertahunnya [1], hal tersebut tidak terlepas dari Indonesia yang terletak di geografis garis khatulistiwa. Di Indonesia energi matahari baru dimanfaatkan sekitar 78,5 MW dengan penggunaan dari 207,898 MW pada setiap tahunnya [2].

Sel surya merupakan modul dengan kumpulan sel surya yang mempunyai fungsi untuk mengubah energi surya menjadi energi listrik. Posisi panel surya harus ditempatkan pada arah datangnya matahari, dan tidak terhalangi oleh apa pun yang dapat mengurangi efisiensi panel surya [3]. Panel surya menghasilkan *output* daya yang tinggi apabila diarahkan langsung pada arah datangnya radiasi matahari [4]. Pembuatan alat panel surya *solar tracking dual axis* ini dibangun dengan menggunakan sistem pengindraan radiasi matahari. Jadi alat dapat mengikuti pergerakan arah datangnya matahari dan memastikan agar panel surya dapat bergerak sesuai yang diinginkan [5], sehingga didapatkan hasil daya *output* yang lebih optimal [3][6].

Efisiensi pada panel surya dapat ditingkatkan, panel surya *tracking* ditambahkan dengan menghabiskan biaya sistem yang lumayan tinggi serta dengan sistem kendali yang cukup rumit [7][8]. Terdapat dua kategori dasar pada pengindraan, yaitu sumbu *azimuth* dan sumbu *altitude*. Pelacak sumbu tersebut memungkinkan untuk bergerak pada sumbu vertikal dan horizontal, sehingga dapat melacak posisi matahari dengan tepat [9][10].

Pengindraan radiasi matahari dengan sensor *light dependent resistor*, merupakan salah satu jenis resistor yang dapat mengalami perubahan resistansi karena adanya perubahan pada penerimaan cahaya pada sensor [6]. Menggunakan 4 buah sensor cahaya yang kemudian bekerja pada sistem ini berfungsi sebagai pembaca dari pergeseran matahari dan ditempatkan pada sudut yang berbeda pada sel surya. Selanjutnya *output* dari sensor *light dependent resistor* dikirim ke

mikrokontroler Arduino dan mengolah data dari sensor *light dependent resistor* tersebut sehingga motor *stepper* dapat bergerak dengan yang diperintahkan [7][11].

Sistem terdiri dari dua motor *stepper*, panel surya *monocrystalline* dengan hasil menunjukkan penghematan biaya sangat membantu pemasokan listrik pada pedesaan, karena tidak memerlukan tempat yang luas serta mengurangi beban pasokan dari jaringan listrik di daerah terpencil [12][13]. Setelah didapati hasil pada *solar tracker*, serta menganalisis nilai dari intensitas radiasi matahari dengan menggunakan alat *pyranometer* [14][15] yang dipasang secara terpisah dari sensor LDR agar didapati hasil daya radiasi yang optimal pada alat *solar tracker* ini [16].

Pada penelitian yang dilakukan menggunakan panel surya *monocrystalline* dengan *solar tracking dual axis*, serta alat ukur *pyranometer* yang digunakan sebagai pembacaan nilai intensitas radiasi matahari. Digunakan juga sensor LDR sebagai pengindraan arah gerak semu pada matahari untuk mengirimkan perintah kepada motor *stepper* agar permukaan panel surya dapat mengikuti arah pergerakan matahari. Diharapkan dengan sistem yang dibuat dan dilakukan pengujian pada panel surya dapat bekerja sesuai yang diinginkan, sehingga menghasilkan daya dan efisiensi panel surya yang lebih optimal.

1.2. Rumusan Masalah

Pada penelitian efisiensi daya dengan panel surya *solar tracking dual axis* ini memiliki beberapa permasalahan yang diharapkan dapat diselesaikan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh perbandingan daya yang dihasilkan *solar tracking dual axis* dan panel surya statis terhadap penyerapan radiasi matahari.
2. Bagaimana efisiensi konversi dengan *solar tracking dual axis* dan panel surya statis pada tiga kondisi cuaca di Kampus FT Untirta.
3. Bagaimanakah pengaruh *shading bar* terhadap hasil perbandingan daya *solar tracking dual axis* dengan panel surya statis.

1.3. Tujuan Penelitian

Pada penelitian efisiensi daya dengan *solar tracking dual axis* ini, memiliki tujuan yang diharapkan dapat tercapai, sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh perbandingan daya yang dihasilkan *solar tracking dual axis* dan panel surya statis terhadap penyerapan radiasi matahari.
2. Menganalisis hasil efisiensi konversi *solar tracking dual axis* dan panel surya statis pada tiga kondisi cuaca di Kampus FT Untirta.
3. Menganalisis pengaruh *shading bar* terhadap hasil perbandingan daya *solar tracking dual axis* dengan panel surya statis.

1.4. Manfaat Penelitian

Berikut merupakan manfaat penelitian efisiensi daya dengan *solar tracking dual axis*, yaitu sebagai berikut:

1. Sebagai referensi pada penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan *solar tracking dual axis* terhadap hubungan intensitas radiasi matahari dengan efisiensi daya yang dihasilkannya.
2. Sebagai referensi pada penelitian selanjutnya tentang pengoptimalan performa dan pengaruh pada hasil dengan *solar tracking dual axis*.

1.5. Batasan Masalah

Dalam penelitian mengenai penerapan *solar tracking dual axis* pada proses panel surya. Menggunakan metode pengindraan posisi matahari yang digunakan pada rangkaian kendali. Ditentukan batasan masalah penelitian ini sebagai berikut:

1. Fokus penelitian daya dan efisiensi yang dihasilkan *solar tracking dual axis* dan statis, dengan kondisi cuaca cerah, berawan, dan hujan.
2. Lokasi pengambilan data di Kampus FT UNTIRTA.
3. Panel surya fleksibel berjenis *half-cut monocrystalline* 85 W.
4. *Pyranometer* sebagai pengukur radiasi matahari, dan motor *stepper* NEMA 23 sebagai penggerak panel surya *solar tracking dual axis*.
5. Pengambilan data dilakukan dengan sistem *open circuit*.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan membahas mengenai garis besar yang dibahas dalam penulisan skripsi. Secara garis besar isi pada setiap bab agar memudahkan dalam memahami skripsi ini. Sistematika penulisan pembahasan sebagai berikut.

BAB I

Pada bab I ini menjelaskan tentang sub-bab pembahasan berupa latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II

Pada bab II ini berisi tentang dasar teori yang berkaitan dengan penjelasan tentang fotovoltaiik, jenis-jenis panel surya, *half-cut*, jenis-jenis *solar tracking system*, Arduino, motor *stepper*, sensor LDR, *pyranometer*, faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja panel surya, *thermogun*, digital *clamp multimeter*, persamaan daya *input*, persamaan daya *output*, efisiensi daya normalisasi, efisiensi konversi, serta kajian pustaka tentang *solar tracking dual axis*.

BAB III

Pada bab III berisi tentang penjelasan tentang metode yang digunakan, alur dalam penelitian, pemodelan rangka *solar tracking dual axis*, perancangan kendali *solar tracking dual axis*, pengujian *solar tracking dual axis*, parameter pengambilan data, kendali serta prinsip kerja alat, komponen penelitian, dan spesifikasi panel surya.

BAB IV

Pada bab IV ini menjelaskan tentang pembahasan dari hasil penelitian yang didapatkan seperti besar daya *output* yang didapatkan, nilai intensitas radiasi matahari, hasil efisiensi daya normalisasi, hasil efisiensi konversi, hasil pengaruh pada *shading bar*. Menggunakan analisis yang sesuai dengan batasan masalah dan parameter yang digunakan.

BAB V

Pada bab V ini menjelaskan tentang simpulan dan saran, tahap berikutnya simpulan yang diperoleh dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Indrasari W., R. Fahdiran, E. Budi, L. Jannah, L. V. Kadarwati, and Ramli, “Active Solar Tracker Based on the Horizon Coordinate System,” in *International Conference on Theoretical and Applied Physics*, Institute of Physics Publishing, Dec. 2018, pp. 1–6. doi: 10.1088/1742-6596/1120/1/012102.
- [2] Siagian P., “Uji Kinerja Panel Surya 120 Wp dengan Solar Tracker Double Axis di Daerah Kota Medan,” *SPROCKET Journal of Mechanical Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 115–128, 2022.
- [3] Hidayati Q., N. Yanti, N. Jamal, P. Negeri Balikpapan, and J. Soekarno Hatta km, “SISTEM PEMBANGKIT PANEL SURYA DENGAN SOLAR TRACKER DUAL AXIS DUAL AXIS,” in *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*, 2020, pp. 68–73.
- [4] Rani P., O. Singh, and S. Pandey, “An Analysis on Arduino based Single Axis Solar Tracker,” in *Uttar Pradesh Section International Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering (UPCON)*, 2018, pp. 1–5.
- [5] Sungur C., “Multi-axes sun-tracking system with PLC control for photovoltaic panels in Turkey,” *Renew Energy*, vol. 34, no. 4, pp. 1119–1125, Apr. 2009, doi: 10.1016/j.renene.2008.06.020.
- [6] Situngkir H., M. Fadlan Siregar, and M. Fadlan Siregar, “Panel Surya Berjalan dengan Mengikuti Gerak Laju Matahari,” *Journal of Electrical Technology*, vol. 3, no. 3, pp. 128–131, 2018.
- [7] Ramful R. and N. Sowaruth, “Low-cost solar tracker to maximize the capture of solar energy in tropical countries,” in *The 5th International Conference on Renewable Energy and Environment Engineering(REEE 2022)*, Elsevier Ltd, Nov. 2022, pp. 295–302. doi: 10.1016/j.egy.2022.10.145.

- [8] Zuhail E. and S. Marangozoglu, "New Design for Solar Panel Tracking System Based on Solar Calculations," *International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS)*, vol. 1, no. 978, pp. 1042–1046, 2019.
- [9] Mustafa F. I., "Direct and Indirect Sensing two-axis Solar Tracking System," in *International Renewable Energy Congress (I REC 2017)*, 2017, pp. 1–4.
- [10] Mustafa F. I., S. Shakir, F. F. Mustafa, and A. Thamer Naiyf, "Simple Design and Implementation of Solar tracking System Two Axis with Four Sensors for Baghdad city," in *International Renewable Energy Congress (IREC 2018)*, 2018, pp. 1–5.
- [11] Putri N. U., F. Santoso, and F. Trisnawati, "Rancang Bangun Solar Tracking System Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 16, no. 2, pp. 161–167, 2022.
- [12] Abdollahpour M., M. R. Golzarian, A. Rohani, and H. Abootorabi Zarchi, "Development of a machine vision dual-axis solar tracking system," *Solar Energy*, vol. 169, no. 1, pp. 136–143, Jul. 2018, doi: 10.1016/j.solener.2018.03.059.
- [13] Alam M., S. Miah, A. Dewan, A. Ghosh, and S. S. Bashar, "A Microcontroller Based Dual Axis Tracking System for Solar Panel," in *The International Conference on Electrical, Computer & Telecommunication Engineering*, 2019, pp. 25–28.
- [14] Sianturi Y. and C. 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.
- [15] Lillo-Bravo I., M. Larrañeta, E. Núñez-Ortega, and R. González-Galván, "Simplified model to correct thermopile *pyranometer* solar radiation measurements for photovoltaic module yield estimation," *Renew Energy*, vol. 146, no. 1, pp. 1486–1497, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.renene.2019.07.070.
- [16] Azouzoute A., A. A. Merrouni, E. G. Bennouna, and A. Gennioui, "Accuracy measurement of *pyranometer* vs reference cell for PV resource

- assessment,” *Energy Procedia*, vol. 157, no. 1, pp. 1202–1209, 2019, doi: 10.1016/j.egypro.2018.11.286.
- [17] Jamaaliddin, *BUKU PETUNJUK PENGOPERASIAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)*, vol. 1. 2021.
- [18] Safitri N., T. Rihayat, and S. Riskina, *TEKNOLOGI PHOTOVOLTAIC*, vol. 1. 2019.
- [19] Wibowo A., *Instalasi Panel Listrik Surya*, vol. 1. 2022.
- [20] Rifan M., Sholeh, M. Sidiq, R. Yuwono, H. Suyono, and F. Susanti, “Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya,” *Jurnal EECCIS*, vol. 6, no. 1, pp. 44–48, 2012.
- [21] Tyagi V. V., N. A. A. Rahim, N. A. Rahim, and J. A. L. Selvaraj, “Progress in solar PV technology: Research and achievement,” 2013, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.rser.2012.09.028.
- [22] Solanki C. S., *Solar photovoltaic technology and systems : a manual for technicians, trainers and engineers*. 2013.
- [23] Suyanto M., S. Priyambodo, Prasetyono, and P. A. Ari, “Optimalisasi Pengisian Accu Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Dengan Solar Charge Controller (MPPT),” *J Teknol*, vol. 15, no. 1, pp. 22–29, 2022.
- [24] Witono K., 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 di bawah Kondisi Cuaca Kota Malang).” [Online]. Available: <https://www.attractivejournal.com/index.php/bse/index>
- [25] Usman K. M., “ANALISIS INTENSITAS CAHAYA TERHADAP ENERGI LISTRIK YANG DIHASILKAN PANEL SURYA,” *Jurnal POLEKTRO: Jurnal Power Elektronik*, vol. 9, no. 2, pp. 52–58, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/powerelektro>

- [26] Sujana, Kumara, and Giriantari, “PENGARUH KEBERSIHAN MODUL SURYA TERHADAP UNJUK KERJA PLTS,” *E-Journal SPEKTRUM*, vol. 2, no. 3, pp. 49–54, 2015.
- [27] Kaban S., M. Jafri, and Gusnawati, “OPTIMALISASI PENERIMAAN INTENSITAS CAHAYA MATAHARI PADA PERMUKAAN PANEL SURYA (SOLAR CELL) MENGGUNAKAN CERMIN,” *Jurnal Fisika*, vol. 5, no. 2, pp. 108–117, 2020.
- [28] Yani. S, “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.
- [29] SUHENDAR, *LISTRIK TENAGA SURYA*, vol. 1. 2022.
- [30] Tiyas K. P., and M. Widyartono, “Pengaruh Efek Suhu Terhadap Kinerja Panel Surya,” *Jurnal Mahasiswa Universitas Negeri Surabaya*, vol. 9, no. 1, pp. 871–876, 2020.
- [31] Aprillia S. B., R. M. Zulfahmi, and A. 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>
- [32] Ramadhani B., *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts*, vol. 1. 2018.
- [33] Nugroho M. F., D. Riyanto, and G. Nanang Syaifuddin, “Analysis of the Effectiveness of Solar Cell Voltage Based on the Angle of Exposure to Sunlight,” *JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)*, vol. 6, no. 2, pp. 120–132, Oct. 2022, doi: 10.21070/jeeeu.v6i2.1559.
- [34] Mohamed T., E. Mohamed, A. Abdolsalam, and T. Amna, “Control of Single-Axis and Dual-Axis Solar Tracking System,” in *Proceedings of: 2020 International Conference on Computer, Control, Electrical, and Electronics Engineering, ICCCEE 2020*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Feb. 2021. doi: 10.1109/ICCCEE49695.2021.9429585.

- [35] Marc M., *Introduction to Stepper Motors Part 1: Types of Stepper Motors*, vol. 1. 2007.
- [36] Wardhana A. W. 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, p. 80, Mar. 2018, doi: 10.25077/jnte.v7n1.530.2018.
- [37] Wibowo B. C. 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.
- [38] Santoso H., *Paduan Praktis Arduino untuk Pemula*, vol. 1. 2015. [Online]. Available: www.elangsakti.com
- [39] Basri I. Y. and D. Irfan, *KOMPONEN ELEKTRONIKA*, vol. 1. 2018.
- [40] Aulia S. J. and D. Prabowo, "PERANCANGAN PERALATAN UNTUK PENGUKURAN RADIASI GELOMBANG PENDEK MATAHARI," *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, vol. 3, no. 3, 2016.
- [41] Oyelami S., N. A. Azeez, S. A. Adedigba, O. J. Akinola, and R. M. Ajayi, "A Pyranometer for Solar Radiation Measurement-Review," *Adeleke University Journal of Engineering and Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 61–68, 2020, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/349210517>
- [42] Kipp and Zonen, *CMP series • Pyranometer CMA series • Albedometer Instruction Manual*, vol. 1. 2016. [Online]. Available: www.kippzonen.com
- [43] Kuik F., *Instruction Manual*, vol. 1. 2016. [Online]. Available: www.kippzonen.com
- [44] Sasmoko D., *Arduino dan Sensor*, vol. 1. 2021.
- [45] Rahmat A., *RANGKAIAN DAN PROGRAM BOARD ARDUINO UNTUK PEMULA*, vol. 1. 2021.
- [46] Imaduddin I. R., D. A. Fahreza, L. Hakim, and F. R. Maulana, "ANALISIS POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HIDRO VORTEX (PLTHV) DI DESA SAWAH KEMBANG," *ELEMEN: JURNAL*

TEKNIK MESIN, vol. 9, no. 2, pp. 110–118, Dec. 2022, doi: 10.34128/je.v9i2.207.

- [47] Paramudita I. *et al.*, “The Effect of Measurement Distances and Infrared Thermometer Types for Body Temperature Measurement as Early Screening of COVID-19,” *Jurnal Standardisasi*, vol. 23, no. 2, pp. 133–140, 2021.
- [48] Hammoumi A. E, S. Chtita, S. Motahhir, and A. El Ghzizal, “Solar PV energy: From material to use, and the most commonly used techniques to maximize the power *output* of PV systems: A focus on solar trackers and floating solar panels,” Nov. 01, 2022, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.egy.2022.09.054.
- [49] Prasetyo E. E., G. Marausna, and D. W. Nugroho, “Optimalisasi Pembangkitan Daya Panel Surya 200 WP Menggunakan Solar Tracker System Dual Axis,” *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi* |, vol. 11, no. 3, pp. 215–221, 2022.