

PROTOTYPE SOLAR TRACKER SINGLE AXIS
PADA LAMPU PENERANGAN BANDARA INTERNASIONAL
JENDERAL AHMAD YANI SEMARANG

TUGAS AKHIR

Oleh:

HAIMAM ALKAUSAR

NIT. 56192110011



PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA
PROGRAM SARJANA TERAPAN
POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG

Juli 2025

PROTOTYPE SOLAR TRACKER SINGLE AXIS
PADA LAMPU PENERANGAN BANDARA INTERNASIONAL
JENDERAL AHMAD YANI SEMARANG

TUGAS AKHIR

Karya tulis sebagai salah satu syarat lulus Pendidikan
Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara
Program Studi Sarjana Terapan

Oleh:

HAIMAM ALKAUSAR

NIT. 56192110011



PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA
PROGRAM SARJANA TERAPAN
POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG

Juli 2025

ABSTRAK

PROTOTYPE SOLAR TRACKER SINGLE AXIS **PADA LAMPU PENERANGAN BANDARA INTERNASIONAL** **JENDERAL AHMAD YANI SEMARANG**

Oleh

HAIMAM ALKAUSAR

NIT: 56192110011

Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara
Program Sarjana Terapan

Bandara, sebagai objek vital nasional, memerlukan sistem penerangan yang efektif dan efisien untuk mendukung kelancaran operasional serta keamanan dan kenyamanan penumpang, terutama pada malam hari. Bandara Internasional Jendral Ahmad Yani Semarang dalam upaya mewujudkan konsep *eco airport* dan untuk melakukan efisiensi energi, melakukan pemasangan sebanyak 186 modul unit *solar cell*. Permasalahan utama pada *solar cell* yang sering terjadi yaitu terletak pada banyaknya faktor yang mempengaruhi efektivitas kinerja panel, seperti jenis *solar cell* yang digunakan, posisi sudut yang kurang tepat, dan kondisi cuaca yang kurang mendukung penyerapan pada siang hari. Sehingga timbul permasalahan ketika *solar cell* tidak mampu menyerap energi yang cukup pada siang hari maka lampu tidak akan menyala secara maksimal di malam hari. Untuk mengatasi hal ini, salah satu solusi yang ditawarkan adalah pengembangan sistem *solar tracker* berbasis Arduino, yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi penyerapan energi matahari. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja panel surya dengan merancang sistem *solar tracker* pada lampu penerangan Bandara Internasional Jendral Ahmad Yani Semarang. Metode penelitian mengadopsi pendekatan *Research and Development Level 1*, metode ini dipilih untuk merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi *prototype* secara sistematis sehingga menghasilkan solusi yang efektif dan inovatif. *Prototype* akan mulai bekerja ketika sensor mendeteksi matahari, lalu sistem dengan bantuan motor servo akan secara otomatis menggerakkan panel mengikuti posisi matahari. Setelah panel bergerak selanjutnya *Liquid Crystal Display* akan menampilkan sudut *solar cell* secara *real time*. Pengujian dilakukan di Samping Asrama Charlie Politeknik Penerbangan Palembang. Dari hasil pengujian *prototype* ini, didapatkan selisih tegangan 8,88 Watt atau efisiensi sebesar 17,32% dengan menggunakan *solar cell* 10 Wp. Hal ini membuktikan bahwa metode *solar tracker* lebih efektif dalam meningkatkan performa panel surya.

Kata Kunci: Bandara, *Solar cell*, *Solar Tracker*

ABSTRACT

PROTOTYPE SOLAR TRACKER SINGLE AXIS ON LIGHTING AT JENDERAL AHMAD YANI SEMARANG INTERNATIONAL AIRPORT

By

HAIMAM ALKAUSAR

NIT: 56192110011

Airport Engineering Technology Studies Program

Applied Bachelor Program

An airport, as a national vital object, requires an effective and efficient lighting system to support smooth operations as well as ensure the safety and comfort of passengers, especially at night. In line with its effort to implement the eco-airport concept and improve energy efficiency, Jenderal Ahmad Yani International Airport in Semarang has installed 186 units of solar cell modules. A common issue with solar cells lies in the many factors that affect their performance, such as the type of solar cell used, inaccurate panel angles, and unfavorable weather conditions during the day. Consequently, when the solar cells fail to absorb sufficient energy during the day, the lights may not function optimally at night. To address this issue, one proposed solution is the development of an Arduino-based solar tracker system, designed to enhance solar energy absorption efficiency. This research aims to improve the performance of solar panels by designing a solar tracker system for the lighting at Jenderal Ahmad Yani International Airport in Semarang. The research adopts a Research and Development Level 1 (R&D) approach, selected to systematically design, develop, and evaluate a prototype in order to produce an effective and innovative solution. The prototype operates when the sensor detects sunlight, prompting the system, with the help of a servo motor, to automatically adjust the panel to follow the sun's position. Once the panel moves, a Liquid Crystal Display (LCD) shows the solar cell's angle in real time. Testing was conducted beside the Charlie Dormitory at the Palembang Aviation Polytechnic. The test results showed a voltage difference of 8.88 Watts or an efficiency increase of 17.32% using a 10 Wp solar cell. This proves that the solar tracker method is more effective in enhancing the performance of solar panels.

Keyword: *Airport, Solar cell, Solar Tracker*

PENGESAHAN PEMBIMBING

Tugas Akhir: “*PROTOTYPE SOLAR TRACKER SINGLE AXIS* PADA LAMPU PENERANGAN BANDARA INTERNASIONAL JENDERAL AHMAD YANI SEMARANG” telah diperiksa dan disetujui untuk diuji sebagai salah satu syarat lulus Pendidikan Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Angkatan ke-2, Politeknik Penerbangan Palembang - Palembang.



Nama : HAIMAM ALKAUSAR

NIT : 56192110011

PEMBIMBING I

Ir. ASEP MUHAMAD SOLEH, S.Si.T., S.T., M.Pd

Pembina Tk. I (IV/b)

NIP. 19750621 199803 1 002

PEMBIMBING II

ZUSNITA HERMALA, S.KOM., M.Si.

Pembina (IV/a)

NIP. 19781118 200502 2 001

KETUA PROGRAM STUDI

Ir. M. INDRA MARTADINATA, S.ST., M.Si.

Pembina (IV/a)

NIP. 19810306 2002121 001

PENGESAHAN PENGUJI

Tugas Akhir: “PROTOTYPE SOLAR TRACKER SINGLE AXIS PADA LAMPU PENERANGAN BANDARA INTERNASIONAL JENDERAL AHMAD YANI SEMARANG” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Angkatan ke-2, Politeknik Penerbangan Palembang – Palembang. Tugas akhir ini telah dinyatakan LULUS Program Sarjana Terapan pada tanggal 15 Juli 2025.

KETUA



SUPRIYADI, S.Si.T., M.Sc

Pembina Tk. I (IV/b)

NIP. 198005312005021002

SEKRETARIS



Ir. ASEP MUHAMAD SOLEH, S.Si.T., S.T., M.Pd

Pembina (IV/a)

NIP. 19750621 199803 1 002

ANGGOTA



YAYUK SUPRIHARTINI, S.Si.T., M.A

Penata Tk.1 (III/d)

NIP. 19830725 200812 2 001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : HAIMAM ALKAUSAR

NIT : 56192110011

Program Studi : Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan

Menyatakan bahwa Tugas Akhir berjudul “PROTOTYPE SOLAR TRACKER SINGLE AXIS PADA LAMPU PENERANGAN BANDARA INTERNASIONAL JENDERAL AHMAD YANI SEMARANG” merupakan karya asli saya bukan merupakan hasil plagiarisme.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya, dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar akademik dari Politeknik Penerbangan Palembang.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Palembang, 15 Juli 2025

Yang Membuat Pernyataan



Haimam Alkausar

NIT. 56192110011

PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Program Sarjana Terapan yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Politeknik Penerbangan Palembang, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada pengarang dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Politeknik Penerbangan Palembang. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin pengarang dan harus disertai dengan kaidah ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Sitasi hasil penelitian Tugas Akhir ini dapat ditulis dalam Bahasa Indonesia sebagai berikut:

Alkausar, H. (2025): PROTOTYPE SOLAR TRACKER SINGLE AXIS PADA LAMPU PENERANGAN BANDARA INTERNASIONAL JENDERAL AHMAD YANI SEMARANG, Tugas Akhir Program Sarjana Terapan, Politeknik Penerbangan Palembang.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh Tugas Akhir haruslah seizin Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara, Politeknik Penerbangan Palembang.

Dipersembahkan kepada
Ayahanda Edi Suhaimi dan Ibunda Syakya Kirti

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat dan hidayahnya, Tugas Akhir yang berjudul ” PROTOTYPE SOLAR TRACKER SINGLE AXIS PADA LAMPU PENERANGAN BANDARA INTERNASIONAL JENDERAL AHMAD YANI SEMARANG ”ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penyelesaian Tugas Akhir ini dimaksudkan sebagai salah satu prasyarat untuk menempuh pendidikan di perguruan tinggi Politeknik Penerbangan Palembang untuk memperoleh Sarjana Terapan (S.Tr.T).

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini, khususnya Allah SWT yang telah memberikan limpahan anugrah dan lindungan pada hamba-Nya, Kedua Orang Tua atas semangat dan dukungan berupa materi serta moril, Keluarga, Saudara, atas doa, semangat, dan dukungan yang diberikan. Bapak Dr. Capt. Ahmad Hariri, S.T., S.Si.T., M.Si. selaku Direktur Politeknik Penerbangan Palembang, Bapak Ir. M. Indra Martadinata, S.ST., M.Si. selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan, Seluruh Dosen dan Civitas Akademika Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan.

1. Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan Rahmat-Nya dan limpahan anugrah pada hamba-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Orang tua yang telah memberikan ridho, do'a restu serta dukungan kepada penulis sehingga sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Bapak Dr. Capt. Ahmad Hariri, S.T., S.Si.T., M.Si. selaku Direktur Politeknik Penerbangan Palembang
4. Bapak Ir. M. Indra Martadinata, S.ST., M.Si selaku Kepala Program Studi D-IV TRBU Poltekbang Palembang.
5. Bapak Ir. Asep Muhamad Soleh, S.T., S.Si.T., M.Pd selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir di Politeknik Penerbangan Palembang yang telah membantu dan menyemangati selama proses penyelesaian Tugas Akhir dengan baik.

6. Ibu Zusnita Hermala, S.Kom., M.Si. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir di Politeknik Penerbangan Palembang Penerbangan Palembang yang telah membantu dan menyemangati selama proses penyelesaian Tugas Akhir dengan baik.
7. Bapak Johny Emiyani, S.Si.T., M.Si. selaku dosen listrik Politeknik Penerbangan Palembang.
8. Bapak Rudito Purwo Nugroho S.SiT. selaku Airport Equipment Coordinator Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang.
9. Bapak Basthomi, Mas Fiqih, Mas Tio, Mbak Nevi selaku On The Job Training Supervisor Unit Electrical Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang.
10. Seluruh Dosen dan Civitas Akademika Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan.
11. Rekan-rekan Course TRBU 01 Alpha Angkatan ke-1 yang telah menemani selama 4 tahun lamanya.

Karena itu kritik dan saran yang membangun sangat membantu untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Palembang, 15 Juli 2025



HAIMAM ALKAUSAR

NIT. 56192110011

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
PENGESAHAN PEMBIMBING.....	v
PENGESAHAN PENGUJI	vi
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	vii
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	viii
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR SINGKATAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	5
C. Batasan Masalah.....	5
D. Tujuan.....	5
E. Manfaat	5
F. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Landasan Teori	7
1. Sinar Matahari.....	7
2. Efek Photovoltaic	7
3. Sudut Optimal <i>Solar Cell</i>	8

4.	Efisiensi.....	9
5.	Lampu Penerangan Tenaga Surya.....	9
6.	<i>Solar Cell Off Grid</i>	10
7.	Solar Tracker Single Axis.....	10
8.	Area Parkir Penumpang.....	12
B.	Teori Pendukung.....	13
1.	Solar Cell.....	13
2.	Arduino Uno.....	14
3.	Solar Charge Controller (SCC).....	15
4.	Baterai.....	16
5.	Sensor Light Dependent Resistor (LDR).....	17
6.	Step down.....	18
7.	Switch Saklar.....	18
8.	Lampu LED.....	19
C.	Kajian Penelitian Sebelumnya.....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		24
A.	Metodologi.....	24
B.	Prosedur Penelitian.....	25
1.	Potensi dan Masalah.....	25
2.	Pengumpulan Data.....	26
3.	Desain Produk.....	27
4.	Validasi Desain.....	28
5.	Revisi Desain.....	30
6.	Uji Coba Produk.....	30
C.	Jadwal Pelaksanaan.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		31

A.	Hasil	31
1.	Potensi dan Masalah.....	31
2.	Pengumpulan data	32
B.	Desain Produk	32
1.	Spesifikasi komponen	32
2.	Perhitungan Kebutuhan Daya <i>Solar Tracker</i>	33
3.	Sistem Kerja Alat	35
4.	Codingan <i>Solar Tracker</i>	41
5.	Desain 3D.....	44
6.	Pembuatan Alat	45
C.	Validasi Desain.....	48
D.	Revisi Desain	49
1.	Saran dan Masukan dari ahli materi :.....	49
2.	Saran dan Masukan dari ahli alat :	49
E.	Uji Coba Produk.....	49
1.	Pengujian <i>Solar Cell</i> tanpa menggunakan <i>Solar Tracker System</i>	50
2.	Pengujian <i>Solar Cell</i> menggunakan <i>Solar Tracker System</i>	52
3.	Hasil peningkatan daya <i>solar tracker</i>	55
4.	Hasil pengujian peningkatan daya solar tracker.....	56
F.	Pembahasan.....	57
BAB V SIMPULAN DAN SARAN		60
A.	Simpulan	60
B.	Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA		62
LAMPIRAN		66

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Kegiatan observasi secara langsung di lapangan	66
Lampiran B Kegiatan Wawancara.....	67
Lampiran C Pengujian Solar Tracker.....	69
Lampiran D Dokumentasi validasi.....	70
Lampiran E Lembar validator alat	71
Lampiran F Lembar validator materi	73
Lampiran G Cek plagiarisme	75
Lampiran H Lembar Bimbingan 1	76
Lampiran I Lembar Bimbingan 2.....	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Pergerakan solar tracker	8
Gambar II. 2 Lampu penerangan jalan.....	9
Gambar II. 3 Solar Tracker Single Axis	10
Gambar II. 4 Parkir Penumpang.....	12
Gambar II. 5 Solar Cell Polycrystalline	13
Gambar II. 6 Arduino Uno	14
Gambar II. 7 Solar Charge Controlle	15
Gambar II. 8 Baterai Solar Cell.....	16
Gambar II. 9 Sensor LDR	17
Gambar II. 10 Stepdown	18
Gambar II. 11 Switch Saklar	18
Gambar II. 12 Lampu LED	19
Gambar II. 13 LCD	20
Gambar III. 1 Diagram alir metode penelitian	24
Gambar IV. 1 Kondisi lampu penerangan jalan	32
Gambar IV. 2 Cara kerja alat.....	35
Gambar IV. 3 Diagram alir alat	37
Gambar IV. 4 Skema rangkaian schematic.....	39
Gambar IV. 5 Desain sketchup alat	44
Gambar IV. 6 Pembuatan kerangka alat.....	45
Gambar IV. 7 Pemasangan komponen	46
Gambar IV. 8 Pemasangan kabel.....	47
Gambar IV. 9 Pembuatan program alat	47
Gambar IV. 10 Data curah hujan bulan april 2025.....	50
Gambar IV. 11 Uji coba non tracker.....	50
Gambar IV. 12 Grafik Daya Solar Cell tanpa Solar Tracker	52
Gambar IV. 13 Uji coba solar tracker pada jam 08.00 WIB	52
Gambar IV. 14 Uji coba solar tracker pada jam 12.00 WIB	53
Gambar IV. 15 Uji coba solar tracker pada jam 16.00 WIB	53
Gambar IV. 16 Grafik Daya Solar Cell menggunakan Solar Tracker	55
Gambar IV. 17 Grafik Perbandingan Daya	56

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Referensi Penelitian terdahulu.....	21
Tabel III. 1 Kriteria penilaian alat	28
Tabel III. 2 Aspek penilaian alat	29
Tabel III. 3 Jadwal pelaksanaan Tugas Akhir.....	30
Tabel IV. 1 Spesifikasi tiap komponen.....	32
Tabel IV. 2 Perhitungan kebutuhan daya.....	34
Tabel IV. 3 Fungsi setiap komponen	36
Tabel IV. 4 Penilaian validator 1	48
Tabel IV. 5 Penilaian validator 2.....	49
Tabel IV. 6 Hasil uji coba non solar tracker	51
Tabel IV. 7 Hasil uji coba solar tracker	54
Tabel IV. 8 Selisih perbandingan daya	55

DAFTAR SINGKATAN

SINGKATAN	Nama	Pertama kali digunakan pada halaman
PLN	Perusahaan Listrik Negara	1
EBT	Energi Baru Terbarukan	2
Wp	Watt Peak	2
MWh	Megawatt Hour	2
Rp	Rupiah	2
GWh	Gigawatt Hour	3
Wh	Watt Hour	6
SNI	Standar Nasional Indonesia	6
Ah	Ampere Hour	14
P	Daya	25
I	Arus	25
V	Volt	25
A	Ampere	25
E	Energi	25
ET	Energi Total	25
Vs	Tegangan Baterai	25
3D	3 Dimensi	26
PWM	Pulse Width Modulation	34
GND	Ground	38
Lambang		
%	Persen	2
°	Derajat	2
MΩ	Miliohm	15
KΩ	Kiloohm	15

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bandara sebagai objek vital negara, berfungsi sebagai tempat pesawat untuk lepas landas dan mendarat, dilengkapi dengan berbagai fasilitas yang mendukung layanan penerbangan dan kenyamanan penggunanya (Sitanggang, 2018). Selain melayani kegiatan lepas landas dan pendaratan, bandara juga menyediakan fasilitas bongkar muat barang kargo, komersial, hingga hiburan. Hal ini yang menjadikan bandara sebagai ikon yang mencerminkan kemajuan perkembangan suatu kota atau daerah. Untuk mendukung kenyamanan dan keamanan penumpang, bandara membutuhkan berbagai fasilitas salah satunya adalah sistem pencahayaan yang memadai. Penerangan tidak hanya berfungsi di area terminal saja, tetapi juga mencakup jalan akses bandara dan area parkir kendaraan. Dengan adanya fasilitas jalan dan parkir yang memadai membantu memperlancar arus kendaraan ketika *traffic* penerbangan sedang tinggi.

Pencahayaan di bandara merupakan bagian dari sistem kelistrikan yang tidak hanya menerangi sisi darat (*land side*) namun juga berperan sebagai penerangan visual bagi pilot di sisi udara (*air side*) (Hutasoit & Caesar Akbar, 2022). Listrik merupakan sumber daya yang sangat penting, memiliki peran dalam menciptakan panas, cahaya, dan tenaga penggerak. Sumber daya listrik dapat dihasilkan melalui sumber energi konvensional seperti batubara, minyak, gas, dan Energi Baru Terbarukan (EBT). EBT menjadi solusi alternatif yang mampu menggantikan energi konvensional karena lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan (Firmansyah et al., 2022). Ketergantungan pada sumber fosil yang kurang ramah lingkungan dan pastinya akan habis, mendorong perlunya peralihan ke sumber energi terbarukan (M. S. Alim et al., 2023). Salah satu bentuk EBT yang kini banyak diterapkan di Indonesia adalah energi surya atau panas matahari.

Solar cell yaitu perangkat yang mampu mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik (Felycia, 2020). Keunggulan utama dari energi surya ini karena tidak menimbulkan polusi dan termasuk kedalam kategori energi terbarukan (*renewable*) yang jumlahnya melimpah di alam (Apriansyah & Elmy Diahutari, 2021). Permasalahan utama dalam penggunaan *solar cell* terletak pada banyaknya faktor yang memengaruhi kinerjanya dalam menghasilkan daya, seperti jenis *solar cell* yang digunakan, suhu, kondisi lingkungan, dan sudut pemasangan yang kurang optimal. Sebagai contoh, pada kondisi cuaca cerah, *solar cell* jenis *Monocrystalline*, *Polycrystalline*, dan *Thin Film* masing-masing mampu menghasilkan daya sebesar 50%. Namun, pada kondisi cuaca berawan, efisiensi daya yang dihasilkan oleh jenis *Polycrystalline* dan *Thin Film* turun menjadi 36%, sedangkan *Monocrystalline* menghasilkan 35% (Rozak et al., 2023). Hal ini menunjukkan bahwa kondisi cuaca dan jenis *solar cell* memiliki pengaruh signifikan terhadap output daya yang dihasilkan. Selain itu, efektivitas *solar cell* juga berpengaruh pada sudut pemasangannya. Pada penelitian sebelumnya yang menggunakan *solar cell* berkapasitas 10 Wp dan diuji pada pukul 11 siang, sudut kemiringan 20° menghasilkan intensitas cahaya sebesar 1147,7 W/m², sedangkan sudut 40° menghasilkan 902,4 W/m² (Basuki, 2020). Hasil ini mengindikasikan bahwa sudut kemiringan panel surya juga memengaruhi efisiensi penyerapan cahaya matahari.

Bandara Internasional Jenderal Ahamd Yani Semarang menerapkan konsep *eco airport*, salah satu kegiatannya adalah dengan melakukan pemasangan sebanyak 186 unit modul *solar cell* dengan kapasitas 100 *kilo watt peak* (kWp). Modul tersebut dipasang di beberapa lokasi, seperti atap *Gedung Main Power House* (MPH), pada tiang lampu penerangan, dan dimanfaatkan sebagai atap kanopi parkir mobil di depan gedung administrasi. Pemasangan PLTS tersebut mampu menyuplai kebutuhan listrik berbagai gedung yang berada di area bandara, mulai dari gedung operasional perkantoran, gedung administrasi, *Main Power House* (MPH), gedung terpadu, hingga gedung *Airport Catering Service*. Dengan banyaknya jumlah *solar cell* yang terpasang, mampu menghasilkan energi sebesar 9,81 MWh pada bulan Januari 2025. Menurut PP

No 33 Tahun 2023 tentang konservasi energi, bandar udara termasuk kedalam pengguna sumber daya energi yang setara dengan penggunaan listrik sebesar 5,8 GWh per tahun. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun *solar cell* telah dipasang, ketergantungan pada sumber energi konvensional masih sangat tinggi.

Kondisi *solar cell* yang ada pada Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang khususnya area penerangan jalan umum sebelumnya masih beroperasi secara off grid atau tidak terhubung ke sumber daya PLN. Hal ini menyebabkan pasokan listrik sepenuhnya hanya bergantung pada energi yang dihasilkan oleh solar cell. Solar cell hanya akan bekerja secara optimal pada siang hari mengikuti perubahan posisi matahari terhadap permukaan bumi (Sarief, 2020). Permasalahan terjadi ketika *solar cell* tidak mampu memaksimalkan penyerapan sinar matahari, pasokan energi yang tersimpan tidak cukup untuk menghidupkan lampu penerangan jalan pada malam hari. Kondisi ini berpotensi menimbulkan risiko tindak kriminal dan kecelakaan akibat kurangnya penerangan yang memadai (Faizi et al., 2023). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7391:2008, kondisi tersebut belum sesuai. Saat ini lampu penerangan jalan telah beroperasi secara *on grid* atau terhubung dengan sumber daya listrik dari PLN. Dengan sistem ini, pasokan listrik tidak hanya bergantung pada energi yang dihasilkan oleh *solar cell*, tetapi juga dapat didukung oleh jaringan PLN dan Genset.

Pengaplikasian *solar cell* di bandara Jenderal Ahamd Yani Semarang juga belum dilakukan pada lampu penerangan di area parkir. dimana sepenuhnya masih mengandalkan pasokan listrik dari PLN sebagai daya utamanya. Pada tiang lampu penerangan area parkir, satu tiang terhubung dengan dua lampu. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, jika dilakukan pemasangan menggunakan dua buah *solar cell* maka biaya investasinya akan menjadi lebih banyak dan karena faktor ruang pemasangan yang terbatas, tidak memungkinkan untuk menaruh dua *solar cell* sekaligus pada tiang penerangan area parkir. Maka dari itu diperlukan inovasi yang mampu memanfaatkan kinerja *solar cell* agar mampu bekerja lebih optimal lagi. Selain pada lampu penerangan, potensi pemanfaatan sistem solar tracker ini juga relevan untuk

mendukung sistem Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) yang nantinya bisa dikembangkan di Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang. SPKLU membutuhkan sumber energi yang stabil dan ramah lingkungan, sejalan dengan konsep *eco-green airport*. Dengan penggunaan solar tracker, penyerapan energi matahari pada solar cell dapat lebih optimal dan diharapkan mampu memberikan suplai tambahan energi untuk mendukung operasional SPKLU secara lebih efisien.

Dalam inovasi pengembangan *solar cell*, penulis menemukan penelitian terdahulu yang mengembangkan desain dengan menambahkan *reflector* berupa cermin datar yang memiliki kemampuan untuk memantulkan cahaya matahari dari cermin ke permukaan *solar cell*. Didapatkan bahwa penambahan cermin mampu meningkatkan daya yang dihasilkan sebesar 12,7% dibandingkan tanpa penambahan cermin (A. Alim et al., 2022). Penggunaan cermin datar pada *solar cell* untuk menambah daya yang dihasilkan, mampu meningkatkan daya, namun dikarenakan berbagai faktor seperti cuaca yang tidak menentu, angin kencang, dan struktur pondasi alat yang tidak stabil dapat menyebabkan cermin pecah dan merusak panel surya itu sendiri, sehingga beresiko menimbulkan bahaya bagi petugas dan juga lingkungan sekitar.

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang ada, penulis merancang sebuah *Prototype Solar Tracker Single Axis* Pada Lampu Penerangan di Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang. Penelitian ini difokuskan terhadap penggunaan *solar tracker* untuk memaksimalkan kinerja *solar cell* sehingga mampu meningkatkan daya yang dihasilkan. Dengan adanya *solar tracker*, *solar cell* mampu menyerap cahaya matahari secara maksimal dari pagi, siang, atau sore hari. Dengan pemilihan *solar cell* dan komponen yang tepat serta dibantu oleh sistem *solar tracker* *Solar tracker* juga bisa digunakan untuk mesuplai banyak beban sekaligus, sehingga mampu menghemat biaya investasi pemasangan menjadi satu *solar cell* saja.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang diidentifikasi pada latar belakang, penulis merumuskan masalah yaitu Bagaimana peningkatan kinerja panel surya melalui perancangan sistem *solar tracker*?

C. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, penulis merumuskan batasan masalah pada sistem hanya akan berfokus pada perancangan *solar tracker* dalam memposisikan sudut panel surya demi meningkatkan kinerja solar cell.

D. Tujuan

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah, tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk meningkatkan kinerja panel surya dengan merancang sistem *solar tracker* pada lampu penerangan Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang khususnya pada area parkir penumpang.

E. Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang signifikan, di antaranya:

1. Penerapan *solar tracker* diharapkan dapat mendukung konsep *eco airport* yang diusung oleh Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang.
2. *Solar tracker* diharapkan mampu meningkatkan produksi energi pada panel surya, sehingga mengurangi ketergantungan pada energi konvensional.
3. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dan sarana pembelajaran di bidang listrik bagi para mahasiswa/i Politeknik Penerbangan Palembang.

F. Sistematika Penulisan

Berikut adalah sistematika penulisan pada penelitian ini, diantaranya sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Didalamnya mengandung latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

BAB ini membahas tentang teori-teori yang digunakan dalam penelitian, dan kajian penelitian terdahulu yang relevan sebagai pembanding produk yang akan dihasilkan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan mengenai metode penelitian yang digunakan, perancangan, dan langkah-langkah pembuatan alat.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Membahas hasil dari metodologi penelitian yang dijelaskan dalam bentuk pembahasan dan pengaplikasian alat.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan menyeluruh dari hasil uji coba dan masukan saran untuk perbaikan pada penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

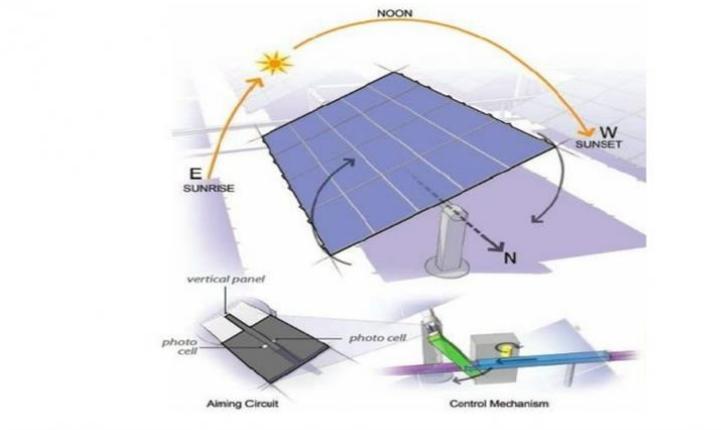
1. Sinar Matahari

Matahari merupakan sumber energi utama dan cahaya bagi planet yang ada pada tata surya kita. Matahari mampu menghasilkan energi cahaya dan panas dikarenakan pada permukaannya terjadi reaksi termonuklir yang mengubah *hydrogen* menjadi *helium*. Energi yang dilepaskan oleh matahari berperan penting dalam mengendalikan iklim di bumi, dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan (Lidya Septi Triandini et al., 2024). Caranya adalah menggunakan panel surya dengan memanfaatkan efek *photovoltaic* dan dibantu peralatan pendukung lainnya seperti *Solar Charge Controller* (SCC), baterai, *inverter*, serta sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) (Ridwan et al., 2021).

2. Efek Photovoltaic

Efek *photovoltaic* pada sel surya (*solar cell*) adalah proses di mana cahaya matahari diubah menjadi listrik. Ketika cahaya matahari (terdiri dari partikel kecil bernama *foton*) menyinari sel surya, energi dari *foton* tersebut diserap oleh material semikonduktor. Energi ini menyebabkan elektron-elektron dalam material tersebut terlepas dari posisi awalnya, menciptakan pasangan elektron dan "*hole*" (lubang bermuatan positif). Di dalam sel surya, terdapat medan listrik alami yang memisahkan elektron dan *hole* ini, sehingga elektron mengalir ke satu sisi (tipe-n) dan *hole* ke sisi lain (tipe-p). Aliran elektron ini menghasilkan arus listrik yang bisa digunakan untuk menghidupkan peralatan listrik. Semakin banyak cahaya matahari yang diserap, semakin besar listrik yang dihasilkan. Proses inilah yang membuat sel surya bisa menghasilkan energi listrik dari sinar matahari.

3. Sudut Optimal *Solar Cell*



Gambar II. 1 Pergerakan *solar tracker*
(Sumber: rm.id, 2020)

Sebuah panel surya biasanya diposisikan pada sudut 90° , kemiringan sudut ini merupakan parameter yang mempengaruhi kinerja dari panel surya (Perangin-Angin et al., 2023). Sudut dimana sinar matahari mengenai sel-sel ini secara langsung memengaruhi jumlah energi yang dipanen. Pada dasarnya, sudut menentukan sejauh mana sinar matahari diserap, sehingga memengaruhi kinerja keseluruhan sel. Selama jam puncak sinar matahari, panel yang diposisikan pada sudut optimal dapat memanfaatkan proporsi energi matahari yang lebih besar, sehingga menghasilkan tingkat keluaran yang lebih tinggi. Sebaliknya, pengaturan sudut yang tidak tepat dapat menyebabkan hilangnya energi karena berkurangnya penyerapan sinar matahari, sehingga membatasi efisiensi sistem secara keseluruhan. Salah satu metode pengoptimalan sel surya adalah dengan memvariasikan sudut kemiringan panel surya (Pido et al., 2022). Selama pagi hari, saat matahari baru terbit, panel harus dimiringkan pada sudut yang lebih tepat untuk menangkap sinar matahari secara maksimal, kira-kira antara 15° hingga 25° . Sebaliknya, pada sore hari, saat matahari berada lebih rendah di barat, panel harus dimiringkan pada sudut yang lebih curam untuk menangkap sinar matahari dengan lebih efektif. Sudut kemiringan yang disarankan berkisar antara 155° hingga 165° .

4. Efisiensi

Efisiensi adalah sebuah cara dalam melaksanakan suatu aktivitas dengan tidak melakukan pemborosan waktu, tenaga, dan biaya, sehingga mencegah *output* yang dihasilkan lebih besar dari keuntungan (Darpono et al., 2020). Pada efisiensi daya listrik, langkah-langkah penghematan mencakup pembatasan penggunaan fasilitas yang tidak prioritas, seperti mengurangi intensitas penggunaan lampu di area yang jarang dilalui dan mengoptimalkan penggunaan listrik secara bijak. Upaya efisiensi tidak hanya mampu mengurangi biaya operasional, tetapi juga bermanfaat terhadap lingkungan sekitar dengan mengurangi emisi karbon akibat proses pembangkitan listrik, sekaligus mendukung program *green energy*.

5. Lampu Penerangan Tenaga Surya



Gambar II. 2 Lampu penerangan jalan
(Sumber: Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang, 2024)

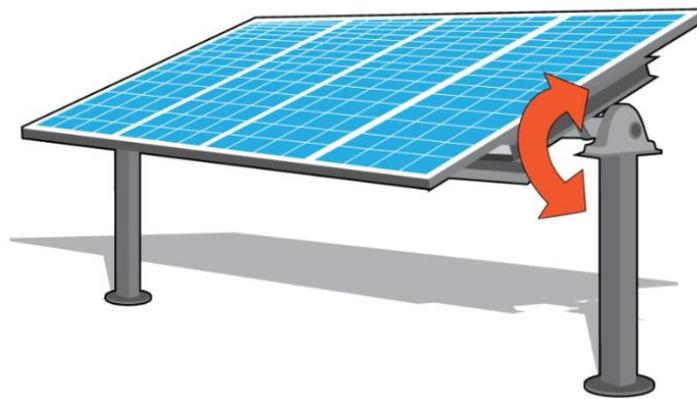
Lampu penerangan tenaga surya adalah sistem pencahayaan yang memanfaatkan energi matahari sebagai sumber listrik utamanya. Lampu ini berperan menyediakan penerangan pada malam hari, menggantikan peran sinar matahari di siang hari dengan tujuan menciptakan suasana yang aman dan nyaman bagi pengguna. Meskipun memanfaatkan energi matahari yang melimpah dan ramah lingkungan, sistem ini sering menghadapi kendala, seperti panel surya tidak mampu menyerap energi

matahari secara optimal. Akibatnya, lampu yang seharusnya bisa menyala sepanjang malam hanya mampu beroperasi sementara (Hidayat & Husnaini, 2021).

6. *Solar Cell Off Grid*

Sistem kelistrikan tenaga surya terdiri dari dua jenis, yaitu *solar cell-on grid* dan *solar-cell off grid*. Perbedaannya terletak pada sistem *solar cell off-grid* yang rangkaianannya bekerja secara mandiri atau tidak terhubung ke jaringan listrik lain seperti PLN, namun tetap mampu menghasilkan energi listrik melalui konversi sinar matahari setiap harinya dan dibantu dengan berbagai komponen (Rahman et al., 2021). Setiap komponen dalam rangkaian ini dirancang dengan kapasitas dan perhitungan khusus, agar mampu memenuhi kebutuhan daya secara optimal sesuai dengan kebutuhan listrik hariannya (Pujiyanto et al., 2022).

7. *Solar Tracker Single Axis*



Gambar II. 3 *Solar Tracker Single Axis*
(Sumber: sinovoltaics.com, 2020)

Dalam teknologi *solar tracker*, terdapat dua jenis sistem yang umum digunakan, yaitu *single axis* dan *dual axis*. Sistem *solar tracker single axis* beroperasi dengan pergerakan pada satu sumbu saja, umumnya mengikuti arah pergerakan matahari dari timur ke barat sepanjang hari. Sementara itu, *dual axis* bekerja dengan dua sumbu pergerakan, yaitu arah timur-barat (*horizontal*) dan utara-selatan (*vertical*), sehingga mampu mengikuti

posisi matahari secara lebih akurat dan presisi. Namun, untuk kebutuhan sistem lampu penerangan di Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang, penggunaan *solar tracker single axis* dinilai lebih relevan karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan sistem *dual axis*. Adapun keunggulan tersebut antara lain:

a. Struktur lebih sederhana dan kokoh

Karena hanya bergerak dalam satu sumbu, desain sistem ini lebih stabil dan lebih tahan terhadap gangguan cuaca, seperti angin kencang, yang sering terjadi di area terbuka bandara.

b. Lebih ekonomis

Jumlah komponen yang digunakan lebih sedikit, sehingga biaya pembuatan, pemeliharaan, serta investasi menjadi lebih rendah dibandingkan sistem *dual axis*.

c. Lebih hemat energi

Karena hanya bergerak pada satu arah, konsumsi daya untuk pengoperasian *motor servo* menjadi lebih kecil.

d. Cocok untuk iklim Indonesia

Indonesia yang berada di wilayah khatulistiwa memiliki jalur pergerakan matahari yang relatif stabil sepanjang tahun dari timur ke barat. Oleh karena itu, penggunaan sistem satu sumbu sudah cukup untuk mengoptimalkan penyerapan energi matahari.

8. Area Parkir Penumpang



Gambar II. 4 Parkir Penumpang

(Sumber: Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang, 2024)

Area parkir penumpang merupakan salah satu fasilitas penting sisi darat (*land side*) bandara, area ini diperuntukkan sebagai tempat pemilik kendaraan dapat menghentikan atau meninggalkan kendaraannya untuk beberapa saat (Amelia et al., 2023). Keberadaan area parkir juga dapat dijadikan indikator dalam mengetahui jumlah penumpang dan kendaraan yang memasuki bandara. Sebagai area yang strategis untuk aktivitas pengantaran dan penjemputan penumpang, menjadikan area parkir sebagai peran penting dalam mendukung aktivitas pergerakan di bandara. Olehnya dibutuhkan penerangan yang memadai di area parkir untuk menjamin kenyamanan dan keselamatan pengguna, khususnya pada malam hari.

B. Teori Pendukung

1. *Solar Cell*



Gambar II. 5 *Solar Cell Polycrystalline*
(Sumber: id.dsnsolar.com, 2025)

Solar cell adalah perangkat listrik yang terdiri dari potongan *silicon* yang dilapisi bahan kimia tertentu serta dilengkapi irisan semikonduktor positif dan negatif untuk mengalirkan energi listrik (Faizal, 2019). Pada *solar cell* rangkaian yang lebih umum digunakan adalah rangkaian seri, karena dalam rangkaian ini tegangan dari setiap sel surya akan dijumlahkan namun kuat arus tetap, sehingga cocok jika di aplikasikan pada *solar tracker* sesuai dengan kebutuhan motor, *actuator*, atau baterai. Terdapat dua jenis *solar cell* menurut bahannya yaitu:

a. *Solar cell monocrystalline*

Solar cell jenis *monocrystalline* diproduksi melalui proses *Czochralski*, lapisan ini berbentuk segi delapan dengan kecendrungan bulat dan berwarna agak hitam, serta mampu mencapai efisiensi hingga 17%.

b. *Solar cell Polycrystalline*

Struktur permukaannya cenderung abstrak dengan warnanya kebiruan. *Solar cell* jenis ini terbuat dari banyak kristal, sehingga elektron memiliki ruang yang relatif lebih sedikit untuk mengalir, akibatnya efisiensi lebih rendah sekitar 13-17%.

2. *Arduino Uno*



Gambar II. 6 *Arduino Uno*
(Sumber: id.wikipedia.org, 2025)

Arduino merupakan sebuah perangkat mikrokontroler berbasis *single-board* yang bersifat *open-source*, dibuat untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai macam bidang (HURISANTRI, 2019). Perangkat ini dilengkapi dengan berbagai komponen pendukung, seperti regulator daya, konektor USB, dan *header pin*, yang memungkinkan pengguna untuk mengembangkan sistem secara fleksibel. Selain itu, *Arduino* juga menyediakan *software user-friendly*, hal ini membuat siapa saja mampu merancang, mengembangkan dan menciptakan berbagai inovasi elektronik yang praktis dan murah. Berdasarkan hal tersebut, peneliti memilih *Arduino Uno* sebagai mikrokontroler utama pada *prototype solar tracker* yang dikembangkan dalam penelitian ini.

3. *Solar Charge Controller (SCC)*



Gambar II. 7 *Solar Charge Controller*
(Sumber: lowenergysupermarket.com, 2025)

Solar charge controller adalah komponen elektronik yang dirancang untuk mengatur aliran arus searah (DC) dari panel surya ke baterai selama proses pengisian daya, serta mengelola arus yang dikeluarkan dari baterai untuk digunakan oleh beban. Fungsi utamanya adalah membatasi dan mengatur tegangan yang dihasilkan dari modul *photovoltaic* (PV) supaya menghindari pengisian berlebih (*overcharging*) dan pengosongan (*over-discharging*) pada baterai yang dapat merusak alat (Romadhon, 2022). *Solar charge controller* juga dilengkapi dengan *Low Voltage Disconnect* (LVD), yang secara otomatis memutuskan koneksi antara beban dan baterai ketika tegangan turun di bawah ambang batas minimum yang ditentukan.

4. Baterai



Gambar II. 8 Baterai *Solar Cell*
(Sumber: solarpanelsurya.com, 2025)

Penggunaan baterai pada *solar cell* berfungsi sebagai perangkat penyimpanan energi listrik untuk digunakan pada malam hari atau ketika intensitas cahaya matahari tidak mencukupi. Dalam pengaplikasian *solar cell*, baterai yang umum digunakan yaitu baterai jenis *Lithium Ion*. Jenis baterai ini memiliki keunggulan, seperti umur pakai yang panjang, kapasitas penyimpanan yang besar, dan efektivitas tinggi yang pada cuaca cerah. Sebagai contoh pada baterai 12V 5 Ah, ketika charging baterai berada pada kondisi terendahnya (10,8 V) lalu diisi dengan arus konstan hingga mencapai 12,6 V dan arus berkurang dari 2,40 A sampai 1,83 A. Ketika baterai mencapai full charging berada di tegangan 12,6 V berkurangnya arus dari 1,83 A sampai 0,49 A maka akan *cut off*. Baterai akan *cut off* di tegangan 8,1 V menurut spesifikasi standar pabrik (PAMBUDI et al., 2023).

5. *Sensor Light Dependent Resistor (LDR)*



Gambar II. 9 Sensor LDR
(Sumber: sariteknologi.com, 2025)

Light Dependent Resistor (LDR), sesuai dengan namanya, merupakan jenis sensor yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya. Prinsip kerjanya didasarkan pada semakin besar intensitas cahaya terkena sensor maka semakin rendah resistansinya, dan begitu juga sebaliknya (Mowaviq et al., 2020). LDR terbuat dari bahan semikonduktor, seperti *cadmium sulfide (CdS)*. Bahan ini memiliki keunikan, di mana ketika terkena cahaya, *foton* cahaya memberikan energi pada elektron dalam bahan tersebut, melepaskan elektron dan menurunkan resistansi LDR sehingga listrik lebih mudah mengalir. Dalam keadaan gelap resistansi LDR sekitar $10\text{ M}\Omega$ dan dalam keadaan terang sebesar $1\text{ K}\Omega$ atau kurang (Aribowo et al., 2022). LDR termasuk sensor analog karena outputnya berupa perubahan resistansi yang diubah menjadi tegangan analog sebelum dibaca oleh Arduino.

6. *Step down*



Gambar II. 10 *Stepdown*
(Sumber: Tokopedia.com, 2025)

Step down merupakan perangkat elektronik yang berfungsi untuk menurunkan tegangan listrik dari level tinggi ke level yang lebih rendah (Emirwati et al., 2023). Proses menurunkan tegangan ini dilakukan melalui berbagai rangkaian menggunakan komponen seperti *inductor*, kapasitor dan dioda, yang bekerja dengan cara mengubah energi listrik menjadi pulsa sebelum dialirkan ke *output* dengan tegangan lebih rendah. Salah satu jenis *step down converter* yang sering digunakan adalah DC-DC (*Buck Converter*), yang mengubah tegangan DC menjadi tegangan DC yang lebih rendah sesuai kebutuhan sistem.

7. *Switch Saklar*



Gambar II. 11 *Switch Saklar*
(Sumber: Tokopedia.com, 2025)

Saklar (*Switch*) merupakan perangkat yang berfungsi untuk menghubungkan maupun memutus aliran listrik dalam suatu rangkaian (Dikcson, 2022). Secara umum, saklar berperan sebagai pengendali aliran listrik, baik untuk sistem berarus kuat maupun berarus rendah. Saklar berukuran kecil juga sering dipakai untuk mengendalikan komponen elektronika arus lemah. Saklar juga memiliki fungsi keamanan, seperti memutus aliran listrik saat tidak digunakan, mengurangi risiko kebakaran atau kerusakan pada perangkat.

8. Lampu *LED*



Gambar II. 12 Lampu LED
(Sumber: Tokopedia.com, 2025)

Pada awalnya, LED hanya digunakan pada perangkat elektronik. Namun, dengan perkembangan teknologi, LED kini menjadi pilihan utama dalam berbagai bidang selain karena memiliki emisi panas yang minim, namun juga karena konsumsi daya yang rendah. Hal inilah yang menjadi keunggulan LED sebagai salah satu lampu pencahayaan yang efisien, berkualitas tinggi, dan ramah lingkungan.

9. *Light Crystal Display (LCD)*



Gambar II. 13 LCD
(Sumber: Tokopedia.com, 2025)

LCD atau *Liquid Crystal Display* adalah suatu jenis media display (tampilan) yang menggunakan kristal cair (*liquid crystal*) untuk menghasilkan gambar yang terlihat (Dickson Kho, 2021). Cara kerja LCD adalah ketika arus listrik dialirkan melalui elektroda, medan listrik akan terbentuk dan menyebabkan molekul kristal cair berputar atau berubah orientasinya. Perubahan orientasi ini memengaruhi cara cahaya melewati kristal cair, sehingga memungkinkan untuk menghasilkan gambar dengan memblokir atau meneruskan cahaya dari sumber cahaya latar (*backlight*).

10. Motor Servo



Gambar II. 14 Motor Servo
(Sumber: Tokopedia.com, 2025)

Motor servo merupakan perangkat yang mampu mengkonversi energi listrik menjadi energi gerak mekanik dengan kecepatan yang dapat dikontrol melalui *gearbox*. Motor servo ini sering digunakan dalam pengaplikasian robot atau sistem mesin pintar karena mampu menyediakan kontrol presisi tinggi terhadap sudut, akselerasi dan kecepatan. Keunikan motor servo terletak pada kemampuannya menghasilkan torsi yang besar dengan putaran yang lebih lambat, sehingga sangat cocok digunakan pada peralatan berat yang memerlukan daya dan ketepatan tinggi (Rois'Am et al., 2019).

C. Kajian Penelitian Sebelumnya

Berikut adalah beberapa penelitian terdahulu yang membantu penulis dalam menyelesaikan laporan ini, tentunya penelitian tersebut relevan dengan judul yang penulis bahas:

Tabel II. 1 Referensi Penelitian terdahulu
(Sumber: Penulis, 2025)

No	Judul Penelitian Terdahulu	Persamaan	Perbedaan
1	Analisis Perbandingan Hasil Daya Listrik Panel Surya Dengan <i>Solar Tracker</i> dan Tanpa <i>Solar Tracker</i> (Eko Prasetyo et al., 2022)	Kedua penelitian sama-sama menerapkan sistem <i>solar tracker</i> untuk meningkatkan efisiensi kinerja panel surya, dengan waktu pengujian yang sama yakni selama 8 jam guna memperoleh data performa secara optimal.	Penelitian sebelumnya hanya membahas perbandingan kinerja <i>solar tracker</i> secara umum, tanpa difokuskan pada pengaplikasian khusus seperti sistem lampu penerangan.
2	Sistem Kendali <i>Solar Tracker</i> Untuk Meningkatkan	Penelitian ini memfokuskan pada upaya peningkatan efisiensi energi melalui	Penelitian sebelumnya dilengkapi dengan fitur penutup otomatis pada <i>solar cell</i> dan hanya

	Efisiensi Daya (Yatmani, 2020)	pemanfaatan <i>solar tracker</i> yang dikendalikan oleh sensor.	mengkaji penggunaan <i>solar tracker</i> dalam konteks yang bersifat umum, tanpa penerapan spesifik di bandara.
3	Optimalisasi Pembangkitan Daya Panel Surya 200 WP Menggunakan <i>Solar Tracker System Dual Axis</i> (Erwan Eko Prasetyo et al., 2022)	Kedua penelitian sama-sama memanfaatkan sensor LDR sebagai alat pendeteksi intensitas cahaya matahari.	Penelitian sebelumnya menerapkan sistem <i>solar tracker dual axis</i> , sedangkan penelitian yang saya lakukan menggunakan sistem <i>single axis</i> yang lebih stabil dan ekonomis. Selain itu, penelitian terdahulu menggunakan panel surya berkapasitas 200 Wp, yang jauh lebih besar dibandingkan panel yang digunakan dalam penelitian ini.
4	Rancang Bangun Pergerakan <i>Motor Stepper</i> Untuk Monitoring Daya Listrik Solar Panel Berdasarkan Periode Waktu (Pratama, 2022)	Keduanya sama-sama mengidentifikasi bahwa kondisi cuaca memiliki dampak signifikan terhadap jumlah daya yang dihasilkan oleh solar cell.	Penelitian sebelumnya mengandalkan sistem berbasis <i>real time clock</i> (RTC), sementara penelitian ini menggunakan sensor LDR secara langsung, yang memungkinkan respons lebih cepat dan akurat terhadap intensitas cahaya secara <i>real-time</i> , bukan

			berdasarkan waktu yang telah dijadwalkan.
5	Pengaruh Variasi Beban Terhadap Efisiensi <i>Solar cell</i> Dengan Kapasitas 50 Wp (Rusman, 2017)	Kedua penelitian memiliki tujuan untuk meningkatkan efisiensi sistem energi surya serta mengkaji faktor-faktor yang memengaruhi performa kerja <i>solar cell</i> .	Penelitian terdahulu tidak melibatkan penggunaan <i>solar tracker</i> , melainkan lebih terfokus pada pengaruh arah datangnya cahaya matahari dan sudut kemiringan panel, dan tidak berfokus pada variasi beban yang digunakan.

Berdasarkan kajian penelitian sebelumnya, penulis mengembangkan penelitian ini dengan merujuk pada beberapa aspek dari studi terdahulu namun dengan beberapa perbedaan. Perbedaan utama terletak pada penerapan yang dilakukan pada lampu penerangan Bandara Internasional Jenderal Ahmad Yani Semarang, serta pemanfaatan *solar tracker* untuk mensuplai banyak beban sekaligus pada area bandara. Peneliti juga memilih menggunakan *solar tracker single axis* daripada *dual axis* dengan mempertimbangkan beberapa faktor. Keunggulan *solar tracker single axis* terletak pada biaya yang relatif lebih murah dan memiliki struktur yang lebih kokoh karena pergerakannya hanya terjadi pada satu arah. Hal ini meminimalkan risiko yang tidak diinginkan saat dipasang pada area tinggi akibat gerakan berlebihan atau pengaruh cuaca seperti angin kencang.