

**PERANCANGAN *PROTOTYPE* SISTEM *SMART* PERIMETER
LIGHTING BERBASIS IOT UNTUK MENINGKATKAN
EFISIENSI ENERGI DI BANDAR UDARA**

TUGAS AKHIR



Oleh:

KEISHA NUR AZIZAH

NIT. 56192210012

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

2026

***PERANCANGAN PROTOTYPE SISTEM SMART PERIMETER
LIGHTING BERBASIS IoT UNTUK MENINGKATKAN
EFISIENSI ENERGI DI BANDAR UDARA***

PROPOSAL TUGAS AKHIR

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



Oleh:

KEISHA NUR AZIZAH

NIT. 56192210012

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

2026

ABSTRAK

PERANCANGAN PROTOTYPE SISTEM SMART PERIMETER LIGHTING BERBASIS IoT UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI ENERGI DI BANDAR UDARA

Oleh :

KEISHA NUR AZIZAH

NIT. 56192210012

Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara

Program Sarjana Terapan

Lampu perimeter di Bandar Udara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang hanya mampu beroperasi selama ± 5 jam (pukul 18.00–23.00 WIB) akibat keterbatasan kapasitas baterai dan tidak adanya sistem monitoring kondisi kelistrikan secara *real-time*. Penelitian ini bertujuan merancang prototype sistem Smart Perimeter Lighting berbasis *Internet of Things* (IoT) guna meningkatkan efisiensi energi dan keandalan pencahayaan perimeter bandar udara. Metode yang digunakan adalah metode *prototype* menurut Roger S. Pressman yang meliputi tahapan *communication, quick plan, modeling quick design, construction of prototype, serta deployment, delivery, and feedback*. Sistem memanfaatkan sensor *Passive Infrared* (PIR) dan sensor ultrasonik sebagai pemicu aktivasi lampu otomatis berbasis deteksi pergerakan, mikrokontroler ESP32 sebagai unit kendali utama, modul PZEM-017 untuk pengukuran parameter kelistrikan, serta *platform* Blynk untuk monitoring tegangan, arus, dan daya secara *real-time*. Pengujian dilakukan dengan membandingkan konsumsi energi sistem konvensional dan sistem Smart Perimeter Lighting selama 120 menit. Hasil pengujian menunjukkan efisiensi energi sebesar 90,56%, dengan konsumsi energi sistem konvensional sebesar 6,40 Wh berbanding 0,60 Wh pada sistem Smart Perimeter Lighting. Evaluasi pengalaman pengguna menggunakan User Experience Questionnaire (UEQ) menghasilkan nilai overall 1,514 dengan kategori Baik. Sistem ini mendukung pemenuhan regulasi Annex 14 ICAO dan PM 57 Tahun 2018 terkait standar keamanan pencahayaan perimeter bandar udara.

Kata kunci : Efisiensi Energi, *Internet of Things* (IoT), Mikrokontroler, Monitoring Baterai, *Passive Infrared*, *Smart Perimeter Lighting*, Sensor Ultrasonik

ABSTRACT

DESIGN OF AN IoT BASED SMART PERIMETER LIGHTING PROTOTYPE FOR ENHANCING ENERGY EFFICIENCY IN AIRPORT ENVIRONMENTS

By :

KEISHA NUR AZIZAH

NIT. 56192210012

Airport Engineering Technology Study Program

Applied Bachelor's Degree Program

The perimeter lighting system at Sultan Mahmud Badaruddin II International Airport in Palembang operates for only approximately five hours per night (18:00–23:00 WIB) due to limited battery capacity and the absence of a real-time electrical condition monitoring system. This study aims to design a Smart Perimeter Lighting prototype based on Internet of Things (IoT) technology to improve energy efficiency and the reliability of airport perimeter lighting. The research method applied is the prototype method according to Roger S. Pressman, comprising the stages of communication, quick plan, modeling quick design, construction of prototype, and deployment, delivery, and feedback. The system utilizes a Passive Infrared (PIR) sensor and an ultrasonic sensor as triggers for automatic lamp activation based on motion detection, an ESP32 microcontroller as the main control unit, a PZEM-017 module for measuring electrical parameters, and the Blynk platform for real-time monitoring of voltage, current, and power. Testing was conducted by comparing energy consumption between the conventional system and the Smart Perimeter Lighting system over a 120-minute period. Results show an energy efficiency rate of 90.56%, with the conventional system consuming 6.40 Wh compared to 0.60 Wh for the Smart Perimeter Lighting system. User experience evaluation using the User Experience Questionnaire (UEQ) yielded an overall score of 1.514, categorized as Good. This system supports compliance with ICAO Annex 14 and PM 57 of 2018 regarding airport perimeter security lighting standards.

Keyword : *Battery Monitoring, Energy Efficiency, Internet of Things (IoT), Micro-controller, Passive Infrared, Smart Perimeter Lighting, Ultrasonic Sensor*

PENGESAHAN PEMBIMBING

Tugas Akhir: “PERANCANGAN *PROTOTYPE* SISTEM *SMART PERIMETER LIGHTING* BERBASIS IoT UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI ENERGI DI BANDAR UDARA” telah diperiksa dan disetujui sebagai salah satu syarat lulus pendidikan Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Bandar Udara Angkatan ke-3, Politeknik Penerbangan Palembang - Palembang.



Nama : KEISHA NUR AZIZAH

NIT : 56192210012

PEMBIMBING I

Ir. DIRESTU AMALIA, S.T., MS. ASM

Penata Tk.1 (III/d)

NIP. 19831213 201012 2 003

PEMBIMBING II

YANI YUDHA WIRAWAN, S.Si.T., M.T.

Pembina Tk. 1 (IV/b)

NIP. 19820619 200502 1 001

KETUA PROGRAM STUDI

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

Pembina (IV/a)

NIP. 19810306 2002121 001

PENGESAHAN PENGUJI

Tugas Akhir: “PERANCANGAN *PROTOTYPE* SISTEM *SMART* PERIMETER *LIGHTING* BERBASIS IoT UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI ENERGI DI BANDAR UDARA” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Studi Sarjana Terapan Angkatan ke-3, Politeknik Penerbangan Palembang - Palembang. Tugas akhir ini telah dinyatakan LULUS Program Sarjana pada tanggal 30 Juni 2026.

KETUA

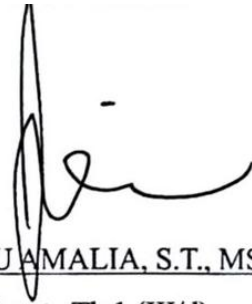


Ir. DWI CANDRA YUNIAR, S.H., S.ST., M.Si.

Pembina (IV/a)

NIP. 19760612 199803 1 001

SEKRETARIS



Ir. DIRESTU AMALIA, S.T., MS. ASM

Penata Tk.1 (III/d)

NIP. 19831213 201012 2 003

ANGGOTA



MINULYA ESKA NUGRAHA, M.Pd

Penata (III/c)

NIP. 19880308 202012 1 006

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : KEISHA NUR AZIZAH

NIT : 56192210012

Program Studi : Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan

Menyatakan bahwa TA berjudul “PERANCANGAN *PROTOTYPE* SISTEM *SMART PERIMETER LIGHTING* BERBASIS IoT UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI ENERGI DI BANDAR UDARA” merupakan karya asli saya bukan merupakan hasil plagiarisme. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya, dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar akademik dari Politeknik Penerbangan Palembang.

Palembang,

Yang Membuat Pernyataan



KEISHA NUR AZIZAH

NIT. 56192210012

PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir D- IV 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:

Azizah, Keisha Nur. (2026): PERANCANGAN *PROTOTYPE SMART PERIMETER LIGHTING* BERBASIS IoT UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI ENERGI DI BANDAR UDARA , 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 Program Sarjana Terapan, Politeknik Penerbangan Palembang.

Dipersembahkan kepada
Ayahanda Rahmat Subhan Fajri dan Ibunda Mella Yosie Ervina

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "PERANCANGAN *PROTOTYPE* SISTEM *SMART PERIMETER LIGHTING* BERBASIS IoT UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI ENERGI DI BANDAR UDARA" ini dengan baik. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan (S.Tr.T.) Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Bandar Udara, Politeknik Penerbangan Palembang.

Dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Dalam proses penyusunan tugas akhir ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua, serta keluarga tercinta yang selalu memberikan doa, dukungan moral, dan materil yang tiada henti.
2. Bapak Dr. Capt. Ahmad Hariri, S.T., S.Si.T., M.Si., selaku direktur Politeknik Penerbangan Palembang
3. Bapak Ir. M. Indra Martadinata, S.ST., M.Si. Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Bandar Udara yang telah memberikan pengarahan dan pelajaran untuk menunjang tugas akhir ini.
4. Ibu Ir. Direstu Amalia, S.T., MS. ASM, selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi yang sangat berharga selama proses penyusunan tugas akhir ini.
5. Bapak Yani Yudha Wirawan, S.Si.T., M.T., selaku dosen pembimbing kedua, yang juga telah memberikan banyak masukan, saran, dan dukungan yang sangat berarti bagi penulis.
6. Bapak/Ibu dosen dan seluruh staf pengajar di Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Bandar Udara, Politeknik Penerbangan Palembang, yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan selama penulis menjalani pendidikan.

7. Pihak *Airport Equipment Department* Bandara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang, yang telah memberikan izin dan banyak dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini.
8. Rekan-rekan seperjuangan di Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Bandar Udara, yang telah memberikan semangat, bantuan, dan kerja sama selama masa studi.
9. Untuk teman teman OJT Bandara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang Fazetti, Fathan, Janu, Ardian.
10. Muhammad Farizi Hernando, yang selalu memberikan dukungan dan doa yang tulus untuk saya, sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan sempurna.
11. Kepada diri saya sendiri, terima kasih atas seluruh perjuangan, kerja keras, serta usaha yang telah dilakukan, terima kasih telah menjadi tokoh utama dari perjalanan tugas akhir ini hingga tugas akhir ini dapat selesai dengan lancar.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak demi kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknologi dan teknik mekanik.

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

Palembang, 30 Juni 2026

Penulis



KEISHA NUR AZIZAH

NIT. 56192210012

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	v
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Batasan Masalah.....	5
D. Tujuan.....	6
E. Manfaat	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Deskripsi Teori	7
1. Bandar Udara	7
2. Perimeter Bandar Udara	7
3. Sistem Penerangan Bandar Udara	8
4. Lampu Penerangan Perimeter	8

5.	<i>User Interface & User Experience</i>	12
6.	<i>User Experience Questionnaire</i>	13
B.	Teori Pendukung	13
1.	<i>Passive Infrared (PIR) Sensor</i>	13
2.	Sensor Ultrasonik	14
3.	<i>Solar Cell</i>	15
4.	<i>Solar Charge Controller</i>	15
5.	Modul PZEM-017	16
6.	MAX 485	17
7.	Mosfet	18
8.	Modul ESP32	18
9.	Blynk.....	19
10.	Baterai VRLA	20
11.	<i>DC Step Down</i>	21
C.	Hasil Penelitian Yang Relevan	22
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	26
A.	Pendekatan dan Jenis Penelitian.....	26
B.	Prosedur Penelitian.....	27
1.	<i>Communication</i>	27
2.	<i>Quick Plan</i>	29
3.	<i>Modeling Quick Design</i>	29
4.	<i>Construction Prototype</i>	30
5.	<i>Deployment Delivery & Feedback</i>	30
C.	Teknik Analisa Data	31
D.	Jadwal Pelaksanaan	35
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	37

A. Hasil	37
1. <i>Communication</i>	37
2. <i>Quick Plan</i>	41
3. <i>Modeling Quick Design</i>	48
4. <i>Construction Prototype</i>	57
5. <i>Deployment Delivery & Feedback</i>	61
B. Pembahasan.....	72
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	76
A. Kesimpulan	76
B. Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN.....	84

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Lembar Instrumen Obervasi.....	84
Lampiran B Lembar Instrumen Wawancara	86
Lampiran C. Transkrip Wawancara.....	87
Lampiran D. Dokumentasi Wawancara	89
Lampiran E. Lembar Hasil Observasi.....	90
Lampiran F. Spesifikasi Lampu Perimeter (Lampu dan Armature).....	92
Lampiran G. Spesifikasi Modul Surya.....	93
Lampiran H. Spesifikasi Baterai	94
Lampiran I. <i>Solar Charge Controller</i>	94
Lampiran J. Spesifikasi Pengkabelan dan Konektor.....	95
Lampiran K. Spesifikasi Ultrasonic sensor.....	95
Lampiran L. Spesifikasi <i>Passive Infrared</i> Sensor.....	96
Lampiran M. Spesifikasi PZEM-017	97
Lampiran N. Spesifikasi ESP32.....	98
Lampiran O. Validasi Skematik <i>wiring Smart Perimeter Lighting</i>	100
Lampiran P. Skematik keseluruhan <i>wiring Smart Perimeter Lighting</i>	101
Lampiran Q. Kode Program <i>Smart Perimeter Lighting</i>	102
Lampiran R. Formulir Kuesioner	104
Lampiran S. Dokumentasi paparan kuesioner	106
Lampiran T. Hasil Pengukuran Tegangan Lampu.....	106
Lampiran U. Dokumentasi Pengukuran Komponen	107
Lampiran V. Cek Turnitin.....	108
Lampiran W. <i>Manual Book</i>	109

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Bandar Udara Internasional SMB II.....	7
Gambar II. 2 Layout Penerangan Perimeter Bandar Udara	9
Gambar II. 3 Lampu Perimeter Bandar Udara SMB II.....	10
Gambar II. 4 <i>User Interface & User Experience</i>	12
Gambar II. 5 Modul Passive Infrared.....	14
Gambar II. 6 Sensor Ultrasonik	14
Gambar II. 7 <i>Solar Cell</i>	15
Gambar II. 8 <i>Solar Charge Controller</i>	16
Gambar II. 9 Modul PZEM-017.....	16
Gambar II. 10 Modul MAX 485	17
Gambar II. 11 Mosfet.....	18
Gambar II. 12 Modul ESP32.....	19
Gambar II. 13 Logo Aplikasi Blynk.....	20
Gambar II. 14 Baterai VRLA.....	21
Gambar II. 15 DC <i>Step Down</i>	21
Gambar II. 16 Pengujian Efisiensi Energi.....	66
Gambar III. 1 Urutan Metode Prototype	26
Gambar IV. 1 <i>Solar Cell</i> Bandara SMB II	38
Gambar IV. 2 Baterai lampu perimeter	39
Gambar IV. 3 Diagram blok <i>Smart Perimeter Lighting</i>	48
Gambar IV. 4 Desain 3D Tampak Depan <i>Prototype</i>	49
Gambar IV. 5 Dimensi <i>Prototype</i>	50
Gambar IV. 6 <i>Flowchart Smart Perimeter Lighting</i>	51
Gambar IV. 7 Skematik <i>wiring smart perimeter lighting</i>	52
Gambar IV. 8 Nama komponen skematik <i>wiring</i>	54
Gambar IV. 9 <i>User Interface Monitoring</i>	55
Gambar IV. 10 Tampilan monitoring Blynk.....	56
Gambar IV. 11 Kerangka <i>prototype</i>	58
Gambar IV. 12 Pengecekan Komponen	58
Gambar IV. 13 Pemasangan Komponen	59

Gambar IV. 14 Pengerjaan program	60
Gambar IV. 15 Hasil Utuh <i>Prototype</i>	61
Gambar IV. 16 Pengujian Fungsional Sistem	62
Gambar IV. 17 Hasil Pengukuran kondisi nyala penuh	63
Gambar IV. 18 Hasil Pengukuran Kondisi Dimming.....	64
Gambar IV. 19 Pengujian Monitoring	64
Gambar IV. 20 Hasil Monitoring Tegangan	65
Gambar IV. 21 Paparan Kuesioer.....	69
Gambar IV. 22 UEQ <i>Graphic Result</i>	70
Gambar IV. 23 Grafik perbandingan <i>benchmark</i>	71
Gambar IV. 24 Grafik UEQ Keseluruhan	71

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Spesifikasi Lampu Perimeter Bandara SMB II	10
Tabel II. 2 Spesifikasi Sensor PIR.....	14
Tabel II. 3 Spesifikasi sensor ultrasonik	14
Tabel II. 4 Spesifikasi PZEM-017.....	16
Tabel II. 5 Spesifikasi MAX 485	17
Tabel II. 6 Spesifikasi Mosfet	18
Tabel II. 7 Spesifikasi ESP32.....	19
Tabel II. 8 Spesifikasi Baterai VRLA	20
Tabel II. 9 Tabel Penelitian Yang Relevan	22
Tabel III. 1 Instrumen Observasi.....	27
Tabel III. 2 Lembar Instrumen Wawancara.....	28
Tabel III. 3 Daftar Nama peserta wawancara.....	29
Tabel III. 4 Jadwal Pelaksanaan	35
Tabel IV. 1 Komponen <i>Prototype</i>	41
Tabel IV. 2 Rincian Daya Komponen.....	45
Tabel IV. 3 Skematik rangkaian <i>smart perimeter lighting</i>	52
Tabel IV. 4 Fitur dan kegunaan monitoring.....	56
Tabel IV. 5 Pengujian Fungsional Komponen.....	62
Tabel IV. 6 Pengujian Fungsional Monitoring	65
Tabel IV. 7 Tabel Perbandingan Hasil Pengujian	66
Tabel IV. 8 <i>Scale Results</i>	69
Tabel IV. 9 <i>Short UEQ Scales</i>	70
Tabel IV. 10 <i>Overall UEQ Results</i>	72

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	Nama	Pemakaian Pertama Kali pada Halaman
PM	Peraturan Menteri	2
ICAO	<i>International Civil Aviation Organization</i>	2
NPA	<i>Non-Public Area</i>	2
IoT	<i>Internet of Things</i>	3
PIR	<i>Passive Infrared</i>	4
SMB II	Sultan Mahmud Badaruddin II	7
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>	10
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>	10
OHSAS	<i>Occupational Health and Safety Assessment Series</i>	10
LED	<i>Light Emitting Diode</i>	10
IP	<i>Ingress Protection</i>	10
UI	<i>User Interface</i>	12
UX	<i>User Experience</i>	12
UEQ	<i>User Experience Questionnaire</i>	13
SCC	<i>Solar Charge Controller</i>	15
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>	15
DC	<i>Direct Current</i>	16
PZEM-017	<i>DC Power Energy Meter Module</i>	16
MAX485	<i>RS-485 Communication Module</i>	17
RS-485	<i>Recommended Standard 485</i>	17
TTL	<i>Transistor-Transistor Logic</i>	17
ESP32	<i>Espressif 32-bit Microcontroller</i>	18
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>	18
GPIO	<i>General Purpose Input Output</i>	18
ADC	<i>Analog to Digital Converter</i>	18
CPU	<i>Central Processing Unit</i>	19
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i>	19
Blynk	<i>Platform Internet of Things</i>	19
VRLA	<i>Valve Regulated Lead Acid</i>	20
PLC	<i>Power Line Carrier</i>	22
LoRa	<i>Long Range</i>	22

PJU	Penerangan Jalan Umum	22
PJUTS	Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya	23
LDR	<i>Light Dependent Resistor</i>	24
SOP	<i>Standard Operating Procedure</i>	27

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bandar Udara sebagai pintu gerbang dan salah satu infrastruktur transportasi udara yang wajib ada pada setiap Negara, merupakan hal yang wajib dari suatu sistem transportasi udara yang memiliki peran sangat penting (Akbar dkk., 2024). Pengertian Bandar Udara yaitu kawasan di daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat udara mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang, bongkar muat barang, tempat perpindahan intra dan antarmoda transportasi yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan. Dalam hal ini pemerintah dan penyelenggara Bandar Udara harus meningkatkan kualitas, fungsi, dan peran Bandar Udara (Sulthan Abdi Rahman Mafaza & Eny Sri Haryati, 2022). Setiap Bandar Udara selalu memberikan pelayanan yang terbaik bagi para penumpang dengan memberikan fasilitas yang ada di terminal Bandar Udara, tidak hanya memberikan pelayanan bagi penumpang pengelola Bandar Udara juga wajib memperhatikan aspek keselamatan dan keamanan dalam penerbangan yang ada di sisi udara (Tandibua & Widagdo, 2024).

Untuk menunjang keamanan serta keselamatan operasi penerbangan, suatu Bandar Udara dilengkapi fasilitas berupa peralatan listrik penerbangan (Yasa & Suriana, 2021). Salah satu komponen vital dari keselamatan dan keamanan pada bagian transportasi udara khususnya di bidang kelistrikan adalah sistem pencahayaan Bandar Udara. Pencahayaan berfungsi sebagai alat bantu visual dalam proses lepas landas, pendaratan, dan pergerakan pesawat di *runway*, *taxiway*, dan *apron*, khususnya pada malam hari atau kondisi visibilitas rendah. Salah satu bidang kelistrikan pada pencahayaan yang harus diupayakan lebih untuk menjamin keamanan penumpang adalah pencahayaan dibidang perimeter *airside* Bandar Udara (Mustafa & Sari, 2024). Perimeter merupakan batas suatu wilayah yang berada di bawah kendali suatu Bandar Udara. Batas ini mengelilingi kawasan Bandar Udara dan ditekankan oleh

organisasi ICAO (*International Civil Aviation Organization*) dan merekomendasikan agar dipagari (*Fencing*), dinyatakan sebagai bukan area umum atau NPA (*Non-Public Area*), dan dinyatakan sebagai kawasan steril karena berisi landasan pacu, *taxiway* dan *apron* sebagai area pergerakan pesawat terbang (Dayyanu & Martanti, 2023). Perimeter di Bandar Udara internasional wajib memenuhi ketentuan teknis dan operasional yang telah ditetapkan (Mahendra dkk., 2025). Penguatan sistem perimeter menjadi strategi penting dalam menjawab permasalahan keamanan yang muncul (Santoso dkk., 2025).

Sistem lampu perimeter di Bandar Udara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang telah menggunakan teknologi *solar cell* sebagai sumber energi alternatif yang mendukung operasional penerangan secara mandiri tanpa ketergantungan penuh pada jaringan listrik konvensional. Pemanfaatan energi surya ini menjadi langkah strategis dalam meningkatkan efisiensi energi. Area perimeter yang terang memudahkan petugas dalam melakukan pemantauan secara visual. Dengan demikian, aktivitas mencurigakan dapat lebih cepat terdeteksi dan ditangani. Secara keseluruhan, lampu perimeter bukan hanya berfungsi sebagai sumber penerangan, tetapi juga sebagai elemen vital dalam sistem keselamatan, keamanan, dan kelancaran operasional Bandar Udara.

Pada implementasinya di lapangan, masih ditemukan beberapa kelemahan seperti infrastruktur lampu perimeter yang belum optimal, keterbatasan fasilitas pendukung, serta kurangnya intensitas pengawasan. Lampu perimeter di Bandar Udara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II hanya menyala pada pukul 18.00 – 23.00 WIB. Ini diakibatkan oleh daya baterai lampu yang hanya dapat mengaktifkan lampu dari rentang waktu lima jam saja. Lampu perimeter Bandar Udara idealnya harus beroperasi selama periode gelap penuh (± 12 jam) untuk memenuhi standar *security* dan *safety*. Berdasarkan PM 57 Tahun 2018 tentang Program Keamanan Penerbangan Nasional, sistem keamanan penerbangan bertujuan untuk memastikan terpenuhinya standar keamanan serta efektivitas pelaksanaan langkah-langkah keamanan. Dan tercantum dalam Annex 14 tentang *aerodrome* disebutkan bahwa pagar atau

penghalang lain yang disediakan untuk melindungi penerbangan sipil internasional dan fasilitasnya harus diterangi pada tingkat minimum yang penting.

Penerangan perimeter Bandar Udara, terutama pada malam hari, sangat penting untuk meningkatkan visibilitas dan pengawasan. Karena waktu yang terbatas untuk menyala, lampu perimeter yang seharusnya memberikan penerangan pada visibilitas rendah menjadi tidak efektif dan tidak efisien. Tidak adanya sistem yang memantau lampu perimeter secara *real-time* membuat masalah tersebut semakin parah. Karena keadaan sistem monitoring ini, petugas tidak dapat mengetahui kondisi baterai, tegangan, arus, dan sisa daya secara akurat. Akibatnya, pengelolaan energi menjadi tidak optimal. Petugas tidak memiliki informasi yang diperlukan untuk merencanakan pemeliharaan pencegahan dan melakukan evaluasi kinerja baterai. Kondisi *lifetime* baterai yang menurun sering kali baru diketahui setelah lampu tidak berfungsi sesuai rencana.

Penerapan teknologi pada sistem pencahayaan perimeter di bandar udara yang memiliki tuntutan keamanan dan keselamatan tinggi masih terbatas. Terdapat *research gap* pada penelitian sebelumnya, seperti penelitian yang berjudul : Rangkaian Kontrol Otomatis Tanpa Sensor Cahaya Dan Monitoring Baterai Lampu Penerangan Jalan Panel Surya Berbasis *Internet of Things* (IoT), penelitian ini merancang sistem kontrol otomatis tanpa sensor cahaya pada lampu penerangan jalan menggunakan panel surya serta memantau tegangan baterai menggunakan IoT. Salah satu teknologi IoT yang digunakan adalah NodeMCU 8266 (Umar & Andani, 2023), namun sistem tersebut masih memiliki keterbatasan pada mekanisme deteksi aktivitas objek secara spesifik. Dan menurut (Ahadiyah dkk., 2020). dengan penelitian berjudul : Implementasi Sensor PIR Pada Peralatan Elektronik Berbasis Microcontroller, penelitian ini merancang sistem kontrol menggunakan sensor PIR untuk pengoperasian beberapa peralatan elektronik berbasis Mikrokontroler AT mega 8535. Dimana sensor tersebut dihubungkan ke rangkaian mikrokontroler untuk menjalankan program elektronik, kendati implementasinya masih bersifat lokal dan belum terintegrasi dengan jaringan pemantauan terpusat.

Urgensi dari penelitian ini adalah penelitian ini sangat mendesak untuk mengembangkan sistem pencahayaan perimeter yang lebih efisien, adaptif, dan terintegrasi karena sistem yang saat ini digunakan masih bersifat konvensional dan belum mampu mengoptimalkan penggunaan energi serta melakukan monitoring secara *real-time*. Pencahayaan perimeter memainkan peran penting dalam mendukung keamanan dan pengawasan di area dengan tingkat keamanan tinggi seperti Bandar Udara.

Novelty (kebaruan) dalam penelitian ini adalah Integrasi sistem aktivasi berbasis sensor *Passive Infrared* (PIR) dan sensor Ultrasonic dengan monitoring energi berbasis IoT pada sistem pencahayaan perimeter bandar udara berbasis *solar cell*. Sensor-sensor ini terhubung ke *Internet of Things* (IoT) dan dapat digunakan untuk memonitor dan mengotomatisasi pencahayaan berdasarkan pergerakan objek. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, yang biasanya berfokus pada mekanisme pengawasan dan kontrol, sistem yang diusulkan mencakup aktivasi otomatis, pemantauan kondisi lampu dan baterai secara *real-time*, dan gagasan tentang pencahayaan berbasis kebutuhan (*on-demand lighting*). Sistem ini juga harus diterapkan di daerah perimeter Bandar Udara yang sangat aman, yang membutuhkan sistem yang lebih fleksibel, efektif, dan responsif terhadap lingkungan.

Penulis telah memikirkan sebuah solusi untuk mengatasi permasalahan yang ada. Yaitu dengan merancang *prototype Smart Perimeter Lighting*. *Prototype* ini dibuat dan dirancang khusus untuk mengoptimalkan operasional lampu Perimeter di Bandar Udara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang, dan diharapkan dapat membantu kegiatan para personil Bandar Udara ataupun teknisi yang tengah menjalankan patrol khususnya di saat minim pencahayaan di malam hari. Dengan inovasi alat ini, lampu dapat menyala lebih lama dari jangka waktu sebelumnya. Penerapan *prototype Smart Perimeter Lighting* ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi energi karena lampu hanya aktif saat mendeteksi pergerakan, sehingga mengoptimalkan daya baterai. Pemantauan kondisi baterai secara *real-time* juga memudahkan perawatan preventif bagi petugas. Dengan begitu, sistem ini dapat

meningkatkan keandalan pencahayaan, memperkuat aspek keselamatan operasional di Bandar Udara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II, serta menjadi solusi berkelanjutan untuk pengembangan di masa depan.

Selain pengujian terhadap kinerja sistem, aspek pengalaman pengguna juga perlu diperhatikan agar sistem monitoring yang dikembangkan mudah dipahami dan nyaman digunakan oleh petugas. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan *User Experience Questionnaire* (UEQ) sebagai metode evaluasi untuk mengukur persepsi pengguna terhadap kemudahan penggunaan, efisiensi, dan kepuasan dalam mengoperasikan *prototype Smart Perimeter Lighting*.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang *prototype Smart Perimeter Lighting* berbasis IoT?
2. Bagaimana integrasi sistem monitoring kondisi lampu dan baterai secara *real-time* dalam *prototype* yang dirancang?
3. Bagaimana kinerja *prototype* sistem dalam meningkatkan efisiensi penggunaan energi pada lampu perimeter melalui sistem otomatis berbasis IoT?

C. Batasan Masalah

Berikut adalah beberapa batasan masalah yang telah ditetapkan berdasarkan rumusan masalah yang telah disediakan :

1. Sistem Kendali: Fokus penelitian terbatas pada perancangan sistem aktivasi otomatis lampu perimeter yang dipicu oleh sensor otomatis.
2. Fitur Pemantauan: Sistem dilengkapi dengan fitur monitoring tegangan baterai secara *real-time* untuk memastikan performa daya tetap terjaga.
3. Integrasi Teknologi: Pengembangan sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai unit pemroses utama dan *platform IoT Blynk* sebagai media kendali serta pemantauan jarak jauh.
4. Evaluasi pengalaman pengguna menggunakan *User Experience Questionnaire* dengan responden di lingkungan Politeknik Penerbangan Palembang dan pihak *Airport Equipment Department*.
5. Pengujian terbatas dilakukan pada *prototype* yang telah dirancang dan tidak langsung untuk disimplementasikan pada kondisi eksisting.

D. Tujuan

1. Merancang *prototype* sistem *Smart Perimeter Lighting* berbasis IoT.
2. Mengintegrasikan sistem monitoring kondisi lampu dan baterai secara *real-time* dalam *prototype* yang dirancang.
3. Mengevaluasi kinerja dalam meningkatkan efisiensi energi melalui sistem otomatis berbasis IoT.

E. Manfaat

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

1. Meningkatkan efektivitas penerangan pada area perimeter Bandar Udara sehingga mendukung kegiatan patroli keamanan dan operasional pada malam hari.
2. Mengoptimalkan penggunaan energi baterai sehingga durasi nyala lampu perimeter dapat menjadi lebih lama dan lebih efisien.
3. Memudahkan petugas dalam memantau kondisi baterai serta kinerja lampu perimeter secara *real-time* melalui sistem monitoring berbasis IoT.
4. Menjadi referensi pengembangan sistem penerangan perimeter berbasis teknologi IoT untuk meningkatkan keandalan sistem pencahayaan di bandar udara.