

***PROTOTYPE AIRFIELD LIGHTING ON/OFF MONITORING  
SYSTEM (ALMOS) BERBASIS IoT MENGGUNAKAN  
MIKROKONTROLER ESP32***

**TUGAS AKHIR**

Oleh:

**AFRA NABILAH ANDENI**

**NIT. 56192110002**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA  
PROGRAM SARJANA TERAPAN  
POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG  
JULI 2025**

***PROTOTYPE AIRFIELD LIGHTING ON/OFF MONITORING  
SYSTEM (ALMOS) BERBASIS IoT MENGGUNAKAN  
MIKROKONTROLER ESP32***

**TUGAS AKHIR**

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

**Oleh:**

**AFRA NABILAH ANDENI**

**NIT. 56192110002**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA  
PROGRAM SARJANA TERAPAN  
POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG  
JULI 2025**

## ABSTRAK

# ***PROTOTYPE AIRFIELD LIGHTING ON/OFF MONITORING SYSTEM (ALMOS) BERBASIS IoT MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP32***

Oleh

**AFRA NABILAH ANDENI**

**NIT: 56192110002**

**Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara**

**Program Sarjana Terapan**

*Airfield Lighting* (AFL) memiliki peran krusial dalam menjamin keselamatan operasional pesawat, terutama saat lepas landas dan mendarat pada malam hari maupun dalam kondisi cuaca buruk. Namun, sistem inspeksi AFL di Bandara Radin Inten II Lampung masih dilakukan secara manual masih memiliki keterbatasan, seperti ketergantungan pada pengamatan visual dan keterlambatan deteksi jika terjadi kerusakan lampu. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah *prototype Airfield Lighting Monitoring System* (ALMOS) berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat memantau status *on/off* lampu AFL secara *real-time*. Sistem ini memanfaatkan sensor arus ACS712-30A untuk mendeteksi aliran listrik pada lampu, mikrokontroler Arduino Uno ATmega328P untuk pengolahan data awal, serta modul *Power Line Carrier* (PLC) KQ330 sebagai media transmisi data melalui jalur listrik. Data kemudian diterima oleh ESP32 yang mengirimkan informasi ke antarmuka web monitoring. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *prototype* mampu mendeteksi perubahan arus dengan akurat saat lampu dihidupkan atau dimatikan, serta berhasil mengirimkan data dengan stabil melalui jaringan PLC dan Wi-Fi. Sistem ini dapat menjadi solusi awal dalam meningkatkan efisiensi dan keandalan inspeksi AFL di bandara. Pengembangan lebih lanjut direkomendasikan dengan menambahkan fitur kontrol jarak jauh dan sensor digital yang lebih presisi untuk meningkatkan performa sistem secara keseluruhan.

**Kata kunci:** *Airfield Lighting* (AFL), Sistem Monitoring, IoT, Mikrokontroler ESP32, Sensor Arus ACS712, *Power Line Carrier Communication* (PLCC).

## **ABSTRACT**

### ***PROTOTYPE IoT-BASED AIRFIELD LIGHTING ON/OFF MONITORING SYSTEM (ALMOS) USING ESP32 MICROCONTROLLER***

*By*

**AFRA NABILAH ANDENI**

**NIT: 56192110002**

***Airport Engineering Technology Study Program***

***Applied Undergraduate Program***

*Airfield Lighting (AFL) plays a crucial role in ensuring the safety of aircraft operations, especially during take-off and landing at night and in adverse weather conditions. However, the manual AFL inspection system in Radin Inten II Lampung Airport still has limitations, such as dependence on visual observation and late detection in the event of lamp damage. Therefore, this research aims to design and build an Internet of Things (IoT)-based Airfield Lighting Monitoring System (ALMOS) prototype that can monitor the on/off status of AFL lights in real-time. This system utilizes ACS712-30A current sensor to detect electricity flow in the lamp, Arduino Uno ATmega328P microcontroller for initial data processing, and KQ330 Power Line Carrier (PLC) module as a data transmission medium through electrical lines. The data is then received by the ESP32 which sends information to the monitoring web interface. The test results show that the prototype is able to accurately detect changes in current when the lights are turned on or off, and successfully transmit data stably via PLC and Wi-Fi networks. This system can be an initial solution in improving the efficiency and reliability of AFL inspections at airports. Further development is recommended by adding remote control features and more precise digital sensors to improve the overall system performance.*

***Keywords:*** *Airfield Lighting (AFL), Monitoring System, IoT, Microcontroller ESP32, Current Sensor ACS712, Power Line Carrier Communication (PLCC).*

## PENGESAHAN PEMBIMBING

Tugas Akhir : “*PROTOTYPE AIRFIELD LIGHTING ON/OFF MONITORING SYSTEM (ALMOS) BERBASIS IoT MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP32*” telah diperiksa dan disetujui sebagai salah satu syarat lulus pendidikan Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Angkatan ke – 2, Politeknik Penerbangan – Palembang



Nama : AFRA NABILAH ANDENI

NIT : 56192110002

PEMBIMBING I

Dr. SUNARDI, S.T., M.Pd., M.T.  
Penata Tk. 1 (III/d)  
NIP. 19720217 199501 1 001

PEMBIMBING II

Dr. FITRI MASITO, S.Pd., MS.ASM.  
Penata Tk. 1 (III/d)  
NIP. 19830719 200912 2 001

KETUA PROGRAM STUDI

Ir. M. INDRA MARTADINATA, S. ST., M.Si.  
Pembina (IV/a)  
NIP. 19810306 200212 1 001

## PENGESAHAN PENGUJI

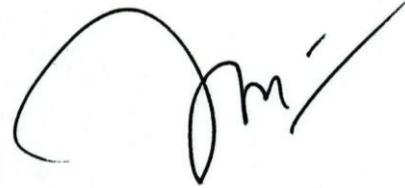
Tugas Akhir : “*PROTOTYPE AIRFIELD LIGHTING ON/OFF MONITORING SYSTEM (ALMOS) BERBASIS IoT MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP32*” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Angkatan ke – 2, Politeknik Penerbangan Palembang – Palembang. Tugas akhir ini telah dinyatakan LULUS Program Sarjana pada tanggal 15 Juli 2025.

KETUA



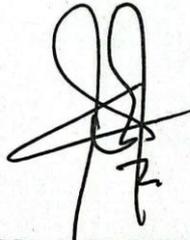
Ir. M. INDRA MARTADINATA, S. ST., M.Si.  
Pembina (IV/a)  
NIP. 19810306 200212 1 001

SEKRETARIS



Dr. SUNARDI, S.T., M.Pd., M.T.  
Penata Tk. 1 (III/d)  
NIP. 19720217 199501 1 001

ANGGOTA



THURSINA ANDAYANI, M.Sc.  
Penata Muda Tk.1 (III/b)  
NIP. 19860703 202203 2 002

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Afra Nabilah Andeni  
NIT : 56192110002  
Program Studi : Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana  
Terapan

Menyatakan bahwa Tugas Akhir berjudul “*PROTOTYPE AIRFIELD LIGHTING ON/OFF MONITORING SYSTEM (ALMOS) BERBASIS IoT MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP32*” 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,



Afra Nabilah Andeni  
NIT. 56192110002

## 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:

Andeni, Afra Nabilah. (2025): *PROTOTYPE AIRFIELD LIGHTING ON/OFF MONITORING SYSTEM (ALMOS) BERBASIS IoT MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP32*, Tugas Akhir Program Diploma IV, 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 Orang tua terkasih  
Ayahanda Andrian, S.STP, M.Si. dan Ibunda Marhaeni, S.E.*

## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kehadiran Allah SWT, atas dengan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Tugas Akhir ini berjudul “*PROTOTYPE AIRFIELD LIGHTING ON/OFF MONITORING SYSTEM (ALMOS) BERBASIS IoT MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP32*”.

Tugas akhir ini disusun sebagai bagian dari pemenuhan kurikulum Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Politeknik Penerbangan Palembang. Penulis menyampaikan apresiasi setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan selama proses penyusunan tugas akhir ini. Ucapan terima kasih khusus disampaikan kepada Bapak Dr. Sunardi, S.T., M.Pd., M.T. dan Ibu Dr. Fitri Masito, S.Pd., MS.ASM., selaku dosen pembimbing, atas segala bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung. Penulis juga menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada orang tua serta rekan-rekan yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan dalam menjalani perkuliahan. Selain itu, penghargaan dan terima kasih juga ditujukan kepada pihak-pihak terkait lainnya, antara lain:

1. Kedua Orang Tua dan adik-adik saya yang selalu memberikan do’a restu, dukungan dan semangat tiada henti selama menjalankan pendidikan.
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, selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Bandar Udara Politeknik Penerbangan Palembang.
4. Bapak/Ibu dosen, admin prodi, *staff* pengajar dan teknisi Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Bandar Udara Politeknik Penerbangan Palembang.
5. Karyawan, *staff*, teknisi dan *supervisor* unit EMEF juga unit Infrastruktur Bandara Radin Inten II Lampung.
6. Rekan-rekan terdekat penulis yang senantiasa memberikan dorongan dan motivasi selama penyusunan laporan ini.

7. Teman-teman seperjuangan dari *course* Teknologi Rekayasa Bandar Udara 02.
8. Serta semua pihak yang telah memberikan kontribusi dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat disebutkan satu per satu oleh penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, hal ini disebabkan oleh keterbatasan waktu serta kemampuan yang dimiliki. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka dan mengharapkan kritik serta saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak guna meningkatkan kualitas dan penyempurnaan laporan ini ke depannya.

## 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 .....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	5
C. Tujuan.....	5
D. Batasan Masalah.....	5
E. Manfaat.....	6
F. Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	8
A. Deskripsi Teori .....	8
1. <i>Airfield Lighting</i> (AFL).....	8
2. <i>Internet of Things</i> (IoT).....	9
3. Sistem Monitoring <i>On/Off</i> .....	10
4. Komponen <i>Hardware</i> .....	10
5. <i>Platform</i> Monitoring .....	19
B. Penelitian yang Relevan .....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	26
A. Pendekatan dan Jenis Penelitian.....	26
B. Teknik Analisis Data .....	34
C. Jadwal Pelaksanaan .....	36

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
A. Identifikasi Potensi dan Masalah.....	37
B. Data dan Informasi .....	37
C. Desain Produk .....	42
D. Validasi Desain .....	47
E. Revisi Desain.....	48
F. Uji Coba Produk.....	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	54
A. Kesimpulan.....	54
B. Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA .....	55
LAMPIRAN.....	61

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Data Dukung Identifikasi Masalah .....	61
Lampiran B. Dokumentasi Observasi .....	62
Lampiran C. Transkripsi Wawancara .....	62
Lampiran D. Pengolahan Data Wawancara.....	65
Lampiran E. Dokumentasi Wawancara .....	67
Lampiran F. Data Spesifikasi Fasilitas AFL Bandara Radin Inten II Lampung....	68
Lampiran G. <i>Datasheet</i> Komponen .....	68
Lampiran H. Negara-negara yang Menggunakan AGLAS .....	74
Lampiran I. Dokumentasi Pembuatan Alat .....	75
Lampiran J. Data <i>Coding Hardware &amp; Software</i> .....	76
Lampiran K. Dokumentasi Validasi Desain .....	82
Lampiran L. Lembar Validasi Ahli.....	83
Lampiran M. Hasil Persentase Plagiarisme .....	91
Lampiran N. Lembar Bimbingan Tugas Akhir .....	92

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 <i>Airfield Lighting System (ALS)</i> .....	8
Gambar II. 2 <i>Internet of Things (IoT)</i> .....	9
Gambar II. 3 Sistem Monitoring .....	10
Gambar II. 4 Mikrokontroler ESP32.....	11
Gambar II. 5 Arduino Uno ATmega328P .....	12
Gambar II. 6 Adaptor <i>Power Supply</i> .....	14
Gambar II. 7 Sensor Arus ACS712 .....	15
Gambar II. 8 Modul PLCC KQ330.....	15
Gambar II. 9 Kabel USB.....	17
Gambar II. 10 Kabel Jumper .....	17
Gambar II. 11 Lampu LED AC .....	18
Gambar II. 12 <i>Light Emitting Diode (LED)</i> Indikator .....	18
Gambar II. 13 <i>Liquid Crystal Display (LCD)</i> 20 x 4.....	19
Gambar III. 1 Langkah-langkah Metode R&D .....	26
Gambar III. 2 Langkah penelitian yang diterapkan .....	27
Gambar III. 3 Alur Penelitian.....	27
Gambar III. 4 Inspeksi Penggantian Lampu AFL .....	29
Gambar III. 5 Diagram Blok .....	32
Gambar III. 6 <i>Flowchart</i> Alur Kerja.....	32
Gambar IV. 1 Jadwal Dinas Unit EMEF .....	39
Gambar IV. 2 Grafik Jumlah Pergerakan Pesawat .....	40
Gambar IV. 3 Grafik Jumlah Pergerakan Penumpang .....	40
Gambar IV. 4 Wiring Diagram <i>Prototype 1</i> .....	42
Gambar IV. 5 Wiring Diagram <i>Prototype 2</i> .....	43
Gambar IV. 6 Rencana Penerapan di Lapangan.....	47

## DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Spesifikasi Mikrokontroler ESP32 .....	11
Tabel II. 2 Spesifikasi Arduino Uno ATmega328P .....	13
Tabel II. 3 Spesifikasi Adaptor <i>Power Supply</i> .....	14
Tabel II. 4 Spesifikasi Sensor Arus ACS712.....	15
Tabel II. 5 Spesifikasi Modul PLCC KQ330 .....	16
Tabel II. 7 Penelitian yang Relevan .....	21
Tabel III. 1 Data Narasumber Wawancara .....	30
Tabel III. 2 Data Pertanyaan Wawancara .....	31
Tabel III. 3 Data Validator dari Bandara .....	33
Tabel III. 4 Data Validator dari Kampus .....	33
Tabel III. 5 Kriteria Interpretasi Skala Validasi.....	35
Tabel III. 6 Validasi Uji Coba <i>Prototype</i> .....	35
Tabel III. 7 Jadwal Pelaksanaan .....	36
Tabel IV. 1 Dimensi Area Inspeksi AFL .....	38
Tabel IV. 2 Tampilan Web .....	45
Tabel IV. 4 Total Penilaian Validasi .....	48
Tabel IV. 5 Revisi Desain .....	48
Tabel IV. 6 Hasil Monitoring Menggunakan ACS712 .....	50
Tabel IV. 7 Hasil Monitoring Keseluruhan <i>Prototype</i> 1.....	51
Tabel IV. 8 Hasil Monitoring <i>Prototype</i> 2 .....	53

## DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Singkatan	Nama	Pemakaian Pertama Kali Pada Halaman
AFL	<i>Airfield Lighting</i>	1
EMEF	<i>Electrical, Mechanical, and Equipment Facilities</i>	2
BAS	<i>Building Automation System</i>	2
PH	<i>Power House</i>	2
CCR	<i>Constant Current Regulator</i>	2
ATC	<i>Air Traffic Control</i>	3
ALS	<i>Airfield Lighting System</i>	3
AGLAS	<i>Airfield Ground Lighting Automation System</i>	4
PLCC	<i>Power Line Carrier Communication</i>	4
ALMOS	<i>Airfield Lighting Monitoring System</i>	4
PAPI	<i>Precision Approach Path Indicator</i>	8
IoT	<i>Internet of Things</i>	9
SoC	<i>System on Chip</i>	10
GPIO	<i>General Purpose Input Output</i>	11
USB	<i>Universal Serial Bus</i>	11
UART	<i>Universal Asynchronous Receiver/Transmitter</i>	11
GND	<i>Ground</i>	11
SDIO	<i>Secure Digital Input/Output</i>	11
DIO	<i>Digital Input/Output</i>	11
ADC	<i>Analog to Digital Converter</i>	11
DAC	<i>Digital to Analog Converter</i>	11
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>	12
BR	<i>Basic Rate</i>	12
EDR	<i>Enhanced Data Rate</i>	12
BLE	<i>Bluetooth Low Energy</i>	12
SRAM	<i>Static Random Access Memory</i>	12
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>	12
OpenOCD	<i>Open On-Chip Debugger</i>	12
TRAX	<i>Trace Memory</i>	12
AP + STA	<i>Access Point + Station Mode</i>	12
CPU	<i>Central Processing Unit</i>	12
RAM	<i>Random Access Memory</i>	12
ROM	<i>Read Only Memory</i>	12
ICSP	<i>In-Circuit Serial Programming</i>	12
EEPROM	<i>Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory</i>	13
AC	<i>Alternating Current</i>	13
DC	<i>Direct Current</i>	13
LED	<i>Light Emitting Diode</i>	18
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>	18
R & D	<i>Research and Development</i>	26

SOP	<i>Standard Operational Procedure</i>	28
OJT	<i>On the Job Training</i>	29
S.Si.T	Sarjana Sains Terapan	30
S.T.	Sarjana Teknik	30
S.Si.T, M.Si.	Sarjana Sains Teknik, Magister Sains	33
S.Kom	Sarjana Komputer	33
DAQ	<i>Data Acquisition</i>	44
TX	<i>Transmitter</i>	44
RX	<i>Receiver</i>	44

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Sistem *Airfield Lighting* (AFL) merupakan salah satu alat bantu pendaratan visual yang sangat vital dalam menjamin keselamatan penerbangan. Keandalannya menjadi krusial terutama saat visibilitas rendah (Arya A. dkk, 2020). Namun, berbagai insiden menunjukkan bahwa kegagalan AFL dapat berdampak serius terhadap operasi penerbangan, maka dari itu saya akan melakukan penelitian mengenai sistem pemeliharaan AFL di bandara.

Menurut berita tempo.co, pada Kamis, 22 Maret 2018, Bandara Internasional Sam Ratulangi Manado lumpuh total yang disebabkan insiden lampu landasan pacu yang padam di kawasan bandara. *Statement Communication and Legal Section Head* bandara menuturkan bahwa penyebab masalah ini karena fasilitas listrik mengalami gangguan. Di lokasi lain, dilansir dari kompas.com, *Executive General Manager* Bandara Halim Perdanakusuma Jakarta, memberikan pernyataan adanya penurunan kondisi fasilitas karena beberapa segmen lampu yang berintensitas rendah saat tragedi lampu landasan mati di bandara tersebut dan tidak dapat digunakan sementara selama  $\pm$  6 jam.

Mediaindonesia.com juga pernah meliput berita tentang lampu landasan di Bandara El Tari Kupang, Nusa Tenggara Timur yang mengalami kerusakan dan tidak menyala saat pesawat akan *landing*. Akibat dari peristiwa ini tiga maskapai gagal mendarat di bandara tersebut. Dari berbagai insiden tersebut, bisa disimpulkan bahwa gangguan pada sistem AFL dapat berisiko pada keselamatan penerbangan yang serius. Oleh karena itu, penting bagi pihak bandara untuk menjamin bahwa sistem AFL bekerja dengan baik sesuai prosedur yang ada agar insiden seperti yang terjadi di atas dapat diminimalisir dan tidak terulang kembali.

Berdasarkan SKEP/157/IX/03 tentang Pedoman Pemeliharaan dan Pelaporan Peralatan Fasilitas Elektronika dan Listrik Penerbangan, perawatan fasilitas bandara merupakan langkah krusial dalam meningkatkan keselamatan dan keamanan penerbangan. Sesuai dengan Peraturan Menteri Nomor 77 Tahun 2015,

salah satu bagian dari alat bantu pendaratan visual yang sangat perlu untuk dipelihara adalah *runway edge light*, yang berfungsi menyediakan layanan untuk keberangkatan, kedatangan, serta pergerakan pesawat di darat, termasuk dukungan operasional pesawat udara. Fasilitas listrik ini harus memenuhi standar secara kualitas, baik dari segi teknis maupun operasional karena keberadaan AFL di landasan sangat berperan dalam memastikan layanan yang aman dan selamat selama penerbangan beroperasi (Susanto dkk., 2020). Setyawan & Nafi (2021), juga menambahkan AFL memainkan peran vital dalam menjamin keselamatan selama fase pendaratan maupun tinggal landas pesawat, sehingga pemeliharannya harus dilakukan secara rutin dan terencana.

Menurut KP 39 Tahun 2015 *Manual of Standard CASR - Part 139*, pemeliharaan preventif menjadi strategi yang efektif untuk menghindari kerusakan atau malfungsi pada alat bantu pendaratan visual. Pemeliharaan preventif pada AFL harus dilakukan setiap hari oleh unit yang berwenang untuk memastikan bahwa semua lampu di area sisi udara berfungsi dengan baik dan siap digunakan saat dibutuhkan, hal ini sesuai dengan pedoman yang ditetapkan dalam *Airport Services Manual ICAO Doc 9137 - Part IX*. Di Bandar Udara Radin Inten II Lampung, unit *Electrical, Mechanical & Equipment Facilities* (EMEF) bertanggung jawab atas pemeliharaan preventif dengan melakukan monitoring, pengecekan kontrol, dan kerja alat pada setiap peralatan elektrikal mekanikal untuk memastikan bahwa fasilitas tersebut beroperasi sesuai prosedur yang berlaku.

Unit EMEF dibekali dengan sistem monitoring dan kontrol peralatan elektrikal dan mekanikal yang disebut *Building Automation System* (BAS). Sistem ini dapat dioperasikan dari dua tempat, yaitu Gedung Power House (PH) dan ruang kontrol terminal, dan digunakan untuk memonitor berbagai fasilitas seperti generator set, lampu terminal, eskalator, lift, dan konveyor. Untuk AFL sendiri, bandara ini menggunakan *control desk* yang dapat diakses dari ruang *Constant Current Regulator* (CCR) dan menara *Air Traffic Control* (ATC). Meskipun *control desk* dapat memantau berbagai jenis lampu AFL, seperti *runway edge light*, *taxiway edge light*, *threshold/end light*, *approach light*, dan lain-lain, sistem ini hanya mampu memberikan informasi mengenai status lampu secara keseluruhan atau berdasarkan

aliran *circuit*, tanpa menunjukkan lokasi spesifik lampu yang mati pada titik tertentu. Bandara Radin Inten II Lampung memiliki *runway* dengan panjang 3.000 m dan *taxiway* yang terdiri dari empat jalur dengan panjang rata-rata 90 m, serta area *approach light* yang panjangnya mencapai kurang lebih 450 m (*Aerodrome Manual* - Bandar Udara Radin Inten II Tahun 2024). Melihat dari area luasnya, penting untuk memastikan bahwa semua lampu AFL yang berada di area tersebut bekerja dengan baik. Bila terdapat lampu yang mati, perbaikan atau penggantian lampu perlu dilakukan segera untuk menghindari gangguan pada aktivitas penerbangan.

Dalam pengamatan penulis selama mengikuti kegiatan inspeksi penggantian lampu AFL, dan wawancara langsung yang dilakukan bersama pegawai dan teknisi listrik di unit EMEF Bandara Radin Inten II Lampung bahwa kondisi saat ini, tim elektrikal bandara melakukan inspeksi secara manual dengan mengelilingi setiap area lampu dari ujung *runway* 14 ke *runway* 32 menggunakan *maintenance car* untuk menemukan titik lokasi lampu yang mati. Kegiatan ini biasa dilakukan di malam hari untuk memudahkan visualisasi cahaya dari lampu. Pada situasi lain, jika inspeksi dilakukan di siang hari maka akan memakan waktu lebih lama karena identifikasi cahaya tersamarkan oleh terik matahari.

Untuk menyelesaikan kegiatan inspeksi penggantian lampu AFL, dibutuhkan waktu kurang lebih 10 menit untuk inspeksi normal. Inspeksi pada malam hari membutuhkan waktu sekitar 24 – 45 menit jika terdapat lampu yang perlu diganti. Sementara, inspeksi di siang hari bisa menghabiskan waktu 30 – 60 menit tergantung dari jumlah lampu yang perlu diganti. Tim teknisi listrik dari unit EMEF juga mengatakan bahwa kegiatan inspeksi manual ini mempengaruhi pengeluaran biaya untuk bahan bakar *maintenance car* atau kendaraan inspeksi karena harus melalui jarak tempuh hingga 5.600 m setiap pelaksanaan inspeksi AFL berlangsung. Selain itu, di bandara ini yang bertugas per jam kerjanya hanya terdiri dari satu orang teknisi dan dua pegawai APS. Hal ini tentu belum cukup untuk menunjang pelaksanaan pemeliharaan dengan waktu yang lebih singkat.

Di era modern ini, bandara di seluruh dunia semakin mengandalkan teknologi canggih untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pemeliharaan operasional

penerbangan (Kafi dkk., 2018). Teknologi yang lebih praktis tidak hanya berkontribusi pada kenyamanan penumpang, tetapi juga meningkatkan kualitas pelayanan yang diberikan oleh para petugas bandara. Pemeliharaan fasilitas dan pelayanan di bandara menjadi sangat penting untuk memenuhi standar operasi yang ditetapkan, serta untuk menjamin keamanan dan keselamatan semua pihak yang terlibat (Simanjuntak dkk., 2022). Di berbagai negara, telah diadopsi sebuah teknologi yang dapat membantu meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam proses pemeliharaan AFL di bandara.

Sebuah teknologi bernama AGLAS (*Airfield Ground Lighting Automation System*) dikembangkan oleh perusahaan ADB Safegate. Sistem alat ini dapat melakukan kontrol dan monitoring AFL per individu lampu, sehingga titik lokasi AFL yang mati dapat terdeteksi melalui *dashboard* di komputer monitoring dan terpantau secara *real-time* dari jarak jauh. Dalam proses pengiriman data status dari lampu ke *master device*-nya, sistem ini menggunakan teknologi *Power Line Carrier Communication* (PLCC) dan ethernet untuk meneruskannya ke komputer kontrol dan monitoring. Bersumber dari website resmi ADB SafeGate <https://adbsafegate.com>, penulis menemukan bahwa teknologi AGLAS belum diterapkan di bandara-bandara di Indonesia. Hal ini karena diperlukan investasi yang cukup tinggi, baik dari infrastruktur maupun pelatihan sumber daya manusia.

Dengan mempertimbangkan kompleksitas penerapan di atas, penulis mempelajari sebuah *prototype* sistem yang dapat menggambarkan bagaimana pemeliharaan AFL dapat terlaksana dengan baik, terutama pada kegiatan inspeksi penggantian lampunya. Pemantauan secara *real-time* menggunakan IoT untuk menampilkan hasil monitoring dari mikrokontroler ESP32 ke perangkat monitoring. ESP32 ini terhubung ke sensor arus ACS712 yang dipasangkan pada masing-masing lampu LED yang merepresentasikan AFL di lapangan. akan mendeteksi besar arus listrik untuk menentukan status *on/off* setiap lampu. Data hasil pembacaan ini kemudian dikirim melalui jalur *Power Line Carrier Communication* (PLCC) dan ditampilkan pada *dashboard* monitor berbentuk *digital map*.

*Prototype* sistem yang dinamakan *Airfield Lighting On/Off Monitoring System* (ALMOS) ini, dibuat sebagai gambaran alur kerja sistem monitoring berbasis IoT,

dan belum ditujukan untuk implementasi langsung di lapangan. Diharapkan, jika dikembangkan lebih lanjut, sistem seperti ini dapat membantu tim listrik dalam mendeteksi secara cepat titik lokasi lampu AFL yang mati melalui pemantauan *real-time*. Dengan begitu, waktu yang biasanya digunakan untuk inspeksi manual dapat dipersingkat, dan kegiatan pemeliharaan maupun perbaikan peralatan lainnya bisa dilakukan lebih efisien. Selain itu, sistem ini berpotensi mengurangi biaya operasional yang selama ini digunakan untuk bahan bakar kendaraan inspeksi.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan sebelumnya, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat diidentifikasi seperti berikut, yaitu bagaimana rancangan *prototype* ALMOS sebagai sistem monitoring *on/off Airfield Lighting* berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32?

## **C. Tujuan**

Tujuan yang ingin dicapai melalui penulisan ini adalah merancang sebuah *prototype* ALMOS sebagai sistem monitoring *on/off Airfield Lighting* berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32.

## **D. Batasan Masalah**

1. Rancangan *prototype* ALMOS yang diusulkan bertujuan memberikan gambaran untuk membantu meningkatkan efektivitas & efisiensi dalam pelaksanaan pemeliharaan preventif berupa inspeksi status lampu *Airfield Lighting* oleh tim listrik di Bandara Radin Inten II Lampung.
2. Rancangan *prototype* ALMOS difokuskan pada tugas pemantauan operasional lampu *Airfield Lighting* tertentu, terutama yang memiliki jangkauan area yang luas dan jumlah lampu yang banyak, seperti *runway edge light*, *taxiway edge light*, dan *approach light*.
3. Penelitian ini tidak mencakup pengujian atau implementasi penuh di skala bandara, melainkan terbatas pada uji *prototype* ALMOS sebagai sistem monitoring *on/off Airfield Lighting* berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32.

## **E. Manfaat**

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian terkait rancangan *prototype* ALMOS sebagai sistem monitoring *on/off Airfield Lighting* berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32 ini diharapkan dapat menjadi referensi dan pertimbangan dalam membantu meningkatkan efektivitas dan efisiensi pelaksanaan pemeliharaan preventif berupa inspeksi status lampu oleh tim listrik di Bandara Radin Inten II Lampung.
2. Temuan dalam penelitian ini diharapkan dapat berperan sebagai gambaran rencana alur kerja ALMOS sebagai sistem monitoring *on/off Airfield Lighting* berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32 jika diterapkan secara langsung di lapangan.
3. *Prototype* ALMOS ini juga berpotensi untuk dikembangkan sebagai media pembelajaran praktikum sistem monitoring *on/off Airfield Lighting* berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32 di kampus terutama pengetahuan mengenai alur kerja serta desain antarmuka visualnya.

## **F. Sistematika Penulisan**

Tugas Akhir ini disusun secara sistematis dengan pembagian ke dalam lima bab, yang masing-masing dijelaskan sebagai berikut:

### **BAB I: PENDAHULUAN**

Bab ini membahas latar belakang penulisan, identifikasi masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penulisan, metode penelitian, serta sistematika penulisan.

### **BAB II: TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini memuat teori-teori dasar yang menjadi landasan dan pendukung dalam pembuatan alat.

### **BAB III: METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menguraikan keseluruhan tahapan dalam perancangan sistem, yang mencakup diagram blok, *flowchart*, *wiring diagram*, proses perancangan dan pembuatan alat, serta prinsip kerjanya.

### **BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berfokus pada pembahasan utama, yaitu studi tentang *prototype Airfield Lighting On/Off Monitoring System (ALMOS)*.

## **BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian serta saran untuk pengembangan lebih lanjut.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Deskripsi Teori

##### 1. *Airfield Lighting (AFL)*

*Airfield Lighting (AFL)* atau sistem penerangan bandara merupakan bagian dari alat bantu pendaratan visual dan menjadi fasilitas penting yang berfungsi mendukung pergerakan pesawat saat lepas landas, mendarat, dan berjalan menuju apron dengan aman serta efisien (ANNEX 14 - *Aerodromes*). Menurut Wijaya (2019), AFL berperan sebagai fasilitas visual yang membantu panduan pesawat untuk meningkatkan keselamatan penerbangan di bandara (dikutip dalam Husaini dkk., 2023).

Sistem penerangan ini terdiri dari berbagai jenis lampu seperti *runway edge light*, *taxiway edge light*, *threshold/runway end light*, *Precision Approach Path Indicator (PAPI)*, *approach light*, *turning area light*, *rotating beacon*, dan *apron light*, yang memberikan informasi visual melalui warna, intensitas, dan konfigurasi cahaya. AFL membantu pilot dalam pengambilan keputusan saat *landing* dan *take-off*, karena lebih mengandalkan penglihatan daripada instrumen kokpit. Penggunaan AFL yang optimal meningkatkan keselamatan, efisiensi lalu lintas udara, dan mengurangi risiko keterlambatan penerbangan (Arifiansyah dkk., 2022; Law & Ariffin, 2020; Megansa & Muharram, 2024; Nugroho, 2021; Salsabila, 2020).

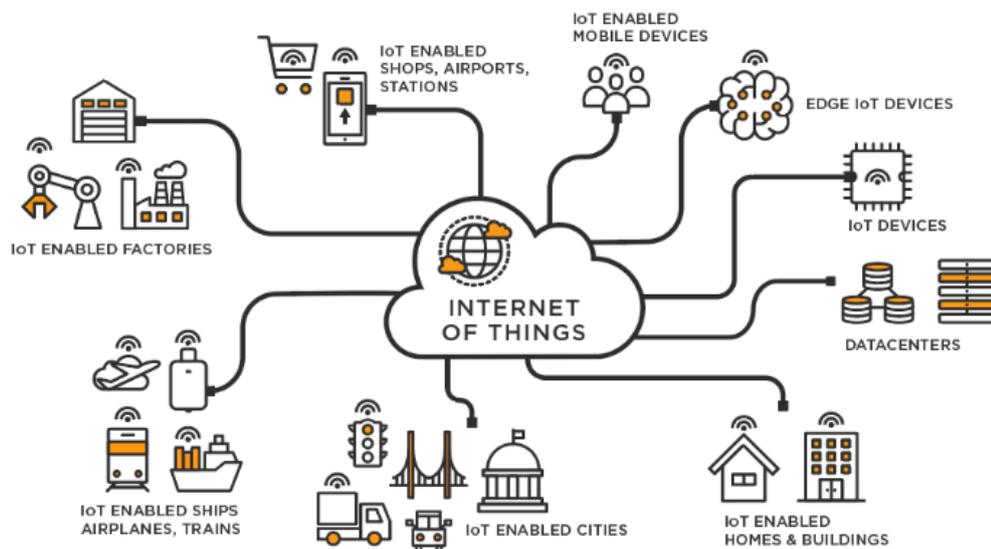


Gambar II. 1 *Airfield Lighting System (ALS)*  
(Sumber: boldmethod.com)

Waktu pengoperasian AFL utamanya pada saat gelap atau malam hari, cuaca yang buruk dan berdasarkan permintaan dari pilot, yang bertujuan mengupayakan kelancaran operasional penerbangan di berbagai situasi. Selain itu, dalam pemeliharannya, penting untuk memastikan bahwa 85% – 95% lampu berfungsi untuk setiap elemennya (Standar Teknis dan Operasi Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil 39 Tahun 2015 Vol.1 *Aerodromes*).

## 2. *Internet of Things (IoT)*

*Internet of Things (IoT)* merupakan sistem yang terbentuk dari kombinasi *hardware*, *software*, dan web. Dibutuhkan sistem *embedded* seperti *gateway* sebagai konektor dan adaptor protokol agar komunikasi antar *device* berjalan dengan baik karena terdapat perbedaan antara protokol *hardware* dan protokol web. Perangkat IoT dapat terkoneksi ke internet melalui metode, seperti Wi-Fi, *ethernet*, dan lainnya. Perangkat yang tidak terhubung ke internet secara langsung dapat dibentuk beberapa kluster dan dihubungkan ke unit koordinator.



Gambar II. 2 *Internet of Things (IoT)*  
(Sumber: *businessstech.b*)

IoT menjadikan kehidupan lebih nyaman dan efisien karena arsitektur berbasis internet ini mendukung pertukaran data antar *smart device*. Transformasi digital melalui IoT telah membuka peluang inovasi di berbagai sektor, mulai dari kesehatan hingga transportasi. IoT juga menjadi salah satu *key of technology* dalam industri 4.0 di Indonesia, bersama robotik, AI, AR/VR, dan *3D printing* (Nugroho, 2021; Prasetyawan dkk., 2021; Samsunar dkk., 2023).

### 3. Sistem Monitoring *On/Off*

Sistem monitoring *on/off* adalah proses pemantauan kondisi operasional suatu perangkat, dalam hal ini status *on* atau mati *off* dari lampu, dengan tujuan untuk mengetahui kinerja sistem secara *real-time*. Prinsip kerjanya didasarkan pada pembacaan arus listrik yang mengalir melalui beban (lampu) menggunakan sensor seperti ACS712. Ketika arus terdeteksi, sistem mengidentifikasi bahwa lampu dalam kondisi *on*, dan sebaliknya jika arus tidak terdeteksi, maka lampu dianggap *off*.



Gambar II. 3 Sistem Monitoring  
(Sumber: *canva.com*)

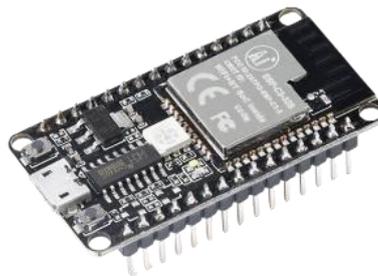
Dalam penerapannya pada sistem AFL, metode ini digunakan untuk memastikan bahwa setiap lampu di *runway* atau *taxiway* berfungsi sesuai kebutuhan operasional penerbangan. Parameter yang dimonitor mencakup nilai arus aktual dan status *on/off* tiap lampu, sedangkan indikator performa sistem meliputi kecepatan respon monitoring, keakuratan pembacaan status, serta keandalan sistem dalam berbagai kondisi lingkungan (Fadly dkk., 2020; Hutagaol dkk., 2022; Lamada dkk., 2020).

### 4. Komponen *Hardware*

#### a. Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler berbasis *System on Chip* (SoC) yang dilengkapi dengan konektivitas Wi-Fi 802.11 b/g/n dan Bluetooth versi 4.2, serta memiliki berbagai fitur tambahan. Perangkat ini mengintegrasikan prosesor, media penyimpanan, dan akses ke pin *General Purpose Input Output* (GPIO), sehingga menjadikannya sebagai *chip* yang

sangat fungsional. ESP32 sering menjadi alternatif yang menarik untuk menggantikan arduino, terutama karena kemampuannya terhubung langsung ke jaringan nirkabel dan fleksibilitas dalam berbagai aplikasi. Mikrokontroler ini tersedia dalam dua varian, yaitu 36 GPIO dan 30 GPIO. Meskipun keduanya memiliki fungsi yang serupa, versi 30 GPIO sering dipilih karena memiliki dua pin GND tambahan. ESP32 juga dilengkapi dengan *interface* USB to UART, yang memungkinkan pemrograman melalui perangkat lunak pengembang seperti Arduino IDE. Selain itu, sumber daya untuk *board* ini dapat diberikan melalui konektor USB, sehingga mempermudah penggunaannya dalam berbagai proyek elektronik (Arrahma & Mukhaiyar, 2023; Nizam dkk., 2022; Prafanto dkk., 2021).



Gambar II. 4 Mikrokontroler ESP32  
(Sumber: amazon.in)

Dapat dilihat pada Gambar II. 4, ESP32 memiliki bentuk fisik yang kompak dan dilengkapi dengan berbagai pin *input/output* pada kedua sisi *board*-nya, yang memudahkan integrasi dengan sensor dan modul lainnya. Untuk lebih memahami kemampuan teknis mikrokontroler ini, penjelasan spesifikasi lengkapnya disajikan pada Tabel II. 1 berikut:

Tabel II. 1 Spesifikasi Mikrokontroler ESP32

Spesifikasi	Nilai
<i>Operating voltage</i>	3,3 V
<i>Supply Voltage</i>	5 – 12 V (rekomendasi 7 – 9 V)
Wi-Fi	802.11 b/g/n/e/I (802.11n@ 24 GHz up to 150 Mbit/s
Bluetooth	V4.2 BR/EDR and Bluetooth Low Energy (BLE)
<i>Digital IO pin (DIO)</i>	25
<i>Analog input (ADC)</i>	6
<i>Analog output (DAC)</i>	2

UART	3
SPI	2
I2C	3
Memory	520 KB SRAM, 4 MB <i>Flash</i>
ADC	12-bit
Maximum clock	120 MHz
PWM/timer input/output	<i>available on every pin</i>
Open OCD debug interface	32 kB TRAX <i>buffer</i>
SDIO	Master/slave 50 MHz
SD-card	<i>Interface support</i>
Mode operasi	AP, STA dan AP+STA

### b. Arduino Uno ATmega328P

Arduino uno merupakan salah satu *board* mikrokontroler yang paling populer dan banyak digunakan dalam berbagai proyek elektronik. *Board* ini berbasis pada mikrokontroler ATmega328P dan termasuk dalam sistem mikrokontroler yang memiliki berbagai komponen utama. Diantaranya adalah IC utama (IC1) yang berfungsi sebagai pusat pengolah data karena didalamnya sudah terdapat CPU, RAM, dan ROM. Dapat dilihat pada Gambar 11. 5, perangkat ini juga memiliki 14 pin *input/output digital* – diantaranya 6 pin mendukung sinyal PWM – serta dilengkapi dengan 6 pin *input analog*, osilator kristal 16 MHz, dan konektor USB yang berfungsi untuk menyuplai daya sekaligus mengunggah program dari komputer ke *board* arduino.



Gambar II. 5 Arduino Uno ATmega328P  
(Sumber: makercreativo.com)

Arduino uno juga dilengkapi dengan *power jack*, *header ICSP* yang memungkinkan pemrograman langsung tanpa melalui *bootloader*, serta tombol *reset* untuk mengulang sistem saat dibutuhkan. Keunggulan arduino uno dibandingkan mikrokontroler lain, yaitu bersifat *open source*, memiliki *bootloader* bawaan, dan menggunakan bahasa pemrograman

mirip C yang mudah dipahami, sehingga dapat langsung diprogram tanpa rangkaian tambahan. Didukung komunitas yang luas, arduino banyak digunakan dalam kendali robotik, otomasi, dan *embedded system*, serta memiliki port USB yang juga berfungsi sebagai komunikasi serial untuk memudahkan integrasi dalam berbagai proyek teknologi (Mufida dkk., 2020; Samsugi dkk., 2020; Zein, 2023). Informasi lebih lanjut mengenai karakteristik teknis arduino uno ATmega328P dapat dilihat pada Tabel II. 2 berikut:

Tabel II. 2 Spesifikasi Arduino Uno ATmega328P

Spesifikasi	Nilai
<i>Operating voltage</i>	5 V
<i>Input Voltage (recommended)</i>	7 – 12 V
<i>Input Voltage (limit)</i>	6 – 20 V
<i>Digital I/O Pins</i>	14 (of which 6 provide PWM output)
<i>PWM Digital</i>	6
<i>Analog Input Pins</i>	6
<i>DC Current per I/O Pin</i>	20 mA
<i>Pin Current for 3,3 V Pin</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32 KB (ATmega328P) of which 0,5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
<i>Lenght</i>	68,6 mm
<i>Width</i>	53,4 mm

### c. Adaptor Power Supply

Adaptor *power supply* adalah perangkat elektronik yang berfungsi menurunkan tegangan tinggi dan mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC). Umumnya digunakan untuk menyesuaikan tegangan dari 220V AC menjadi 3V hingga 12V DC sesuai kebutuhan perangkat. Proses konversi ini dilakukan melalui komponen internal seperti dioda, kapasitor, dan regulator tegangan. Adaptor terbagi menjadi dua jenis, yaitu tipe transformator *step-down* dan *switching*. Adaptor merupakan bentuk umum yang digunakan sebagai sumber tegangan utama untuk menghidupkan seluruh komponen dalam rangkaian elektronik (Asali & Sollu, 2021; Raditya dkk., 2022; Yusuf dkk., 2020).



Gambar II. 6 Adaptor *Power Supply*  
(Sumber: amazon.in)

Seperti terlihat pada Gambar II. 6, adaptor ini memiliki desain sederhana yang dapat langsung digunakan untuk mengubah tegangan AC ke DC sesuai kebutuhan perangkat elektronik. Spesifikasi dari adaptor *power supply* ini ditampilkan pada Tabel II. 3 berikut:

Tabel II. 3 Spesifikasi Adaptor *Power Supply*

Spesifikasi	Nilai
<i>Power supply switching</i>	5 V 3 A
<i>Power supply input</i>	110/220 VAC 15%
<i>Output voltage</i>	5 V DC
<i>Power Max.</i>	15 Watt (3 A)
<i>Dimension</i>	85 x 60 x 30 mm (P x L x T)

#### d. Sensor Arus ACS712

Sensor ACS712 adalah merupakan sensor arus yang bekerja dengan prinsip *hall effect* dan mampu mendeteksi arus searah (DC) maupun arus bolak-balik (AC). Sensor *hall effect* terdiri dari lapisan silikon dan dua elektroda di sisi-sisinya. Saat tidak ada medan magnet, arus listrik mengalir lurus di tengah silikon sehingga tegangan pada kedua elektroda sama dan *output* bernilai 0 volt. Namun, ketika medan magnet hadir, arus akan berbelok ke salah satu sisi, menyebabkan perbedaan tegangan antar elektroda. Semakin kuat medan magnet, semakin besar pembelokan arus dan semakin besar beda tegangan *output*. Tegangan ini diproses oleh mikrokontroler untuk menampilkan nilai medan magnet pada hasil monitor. Sensor ini memiliki penguat operasional internal untuk meningkatkan sensitivitas dan mampu mendeteksi perubahan arus kecil. Bekerja dengan mendeteksi medan magnet di sekitar arus listrik, ACS712 mengubahnya menjadi sinyal tegangan linier yang sebanding dengan besar arus. Gambar II. 7 memperlihatkan bentuk fisik sensor arus ACS712 yang kecil dan mudah diaplikasikan pada *breadboard* atau modul sistem

monitoring. Dibandingkan transformer arus konvensional, ACS712 lebih ringkas dan efisien. *Output*-nya berupa sinyal tegangan AC, yang perlu disearahkan terlebih dahulu agar dapat diproses oleh mikrokontroler yang lebih mudah membaca sinyal DC (Alviero & Nugroho, 2023; Malik dkk., 2024; Satya dkk., 2020).



Gambar II. 7 Sensor Arus ACS712  
(Sumber: *circuits-diy.com*)

Untuk mengetahui batasan teknis dan sensitivitas sensor ini, dapat dilihat pada Tabel II. 4 berikut:

Tabel II. 4 Spesifikasi Sensor Arus ACS712

Spesifikasi	Nilai
<i>Supply voltage</i>	4,5 V – 5,5 V
<i>Current range</i>	30 A
<i>Sensitivity</i>	66 mV/A
<i>PCB board size</i>	31 mm x 13 mm

**e. Modul *Power Line Carrier Communication* KQ330**

Modul *power line carrier* KQ330 menjadi jalur komunikasi untuk pengiriman data yang berkaitan dengan arus dan tegangan listrik. Desain sistem komunikasi *power line communication* dapat dibagi menjadi dua bagian berdasarkan aliran datanya, yaitu pengirim data (*transmitter*) dan penerima data (*receiver*).



Gambar II. 8 Modul PLCC KQ330  
(Sumber: *kursuselektronikaku.blogspot.com*)

Pada sisi *transmitter*, perangkat kontrol mengirimkan data melalui Bluetooth ke mikrokontroler (arduino), yang kemudian meneruskan data tersebut ke *transmitter*. Modul PLC ini menggunakan basis KQ330 berupa modul modulasi dan demodulasi yang memiliki peran dalam mengonversi informasi digital ke format analog agar dapat dikirim melalui jaringan listrik. Pada sisi *receiver*, modul KQ330 menerima dan mendemodulasi sinyal yang dikirim, lalu mengirimkan kembali data tersebut ke mikrokontroler melalui port serial (Asija dkk., 2022; Chekired dkk., 2023; Iqbal dkk., 2022). Seperti yang tampak pada Gambar II. 8, modul KQ330 dilengkapi terminal untuk input/output daya dan port komunikasi serial, yang digunakan untuk transmisi data melalui jalur listrik. Rincian spesifikasi teknis dari modul ini dijelaskan dalam Tabel II. 5 berikut:

Tabel II. 5 Spesifikasi Modul PLCC KQ330

Spesifikasi	Nilai
Frekuensi kerja	120 kHz – 135 kHz
Rentang Tegangan	85 – 265 VAC, 50 ~ 60 Hz
Kecepatan data	85 Mbps pada saluran listrik
<i>Interface baud rate</i>	9600 bps
<i>Actual baud rate</i>	100 bps
Panjang maksimal transmisi data <i>one frame</i> terus-menerus	$\leq 252$ bytes
Sensitivitas penerima data	$\leq 1$ m VAC/1 min 5mA
<i>Out-of-band rejection</i>	$\geq 60$ dB
<i>Bandwidth</i>	$\leq 10$ kHz
Resistensi isolasi	500 V $\geq 500$ M [Omega]
Catu daya	DC +5 V $I_{max} \leq 20$ mA

#### f. Kabel USB

USB (*Universal Serial Bus*) adalah sambungan serial yang digunakan sebagai penghubung antara perangkat eksternal, seperti penyimpanan data. Pada arduino uno, kabel USB berfungsi sebagai media unggah program dan penyuplai tegangan dari laptop. USB memiliki struktur asimetris dengan pengontrol host dan perangkat yang terhubung melalui hub. Keunggulan utamanya adalah kemampuan *plug and play*, yaitu menambah atau mengganti perangkat tanpa perlu mer-*restart* komputer, karena akan otomatis mengenali dan memproses *driver* yang dibutuhkan (Kiswantono dkk., 2021; Palovuori & Laine, 2024; Pasyah & Habibie, 2023). Gambar

II. 9 menampilkan kabel USB yang digunakan untuk menyuplai daya serta mengunggah program dari komputer ke mikrokontroler.



Gambar II. 9 Kabel USB  
(Sumber: amazon.com)

#### g. Kabel Jumper

Kabel jumper adalah jenis kabel yang dipakai untuk menyambung komponen secara non-permanen di *breadboard* atau arduino, tanpa penyolderan. Kabel ini berfungsi sebagai penghantar listrik dalam perakitan rangkaian elektronik dan memudahkan proses perancangan serta modifikasi. Terdapat tiga jenis konektor umum: *male to male* (untuk koneksi antar titik di *breadboard*), *male to female* (menghubungkan modul atau sensor ke *breadboard*), dan *female to female*. Kabel jumper memudahkan koneksi sementara dalam eksperimen elektronik (Azhar dkk., 2024; Sulistyorini dkk., 2022; Tantowi & Kurnia, 2020). Pada Gambar II. 10 terlihat berbagai jenis kabel jumper dengan konektor *male* dan *female*, yang digunakan sebagai koneksi antar komponen.



Gambar II. 10 Kabel Jumper  
(Sumber: tokopedia.com)

#### h. Lampu LED AC

Lampu LED AC adalah jenis lampu yang menggunakan dioda pemancar cahaya (LED) dan dapat langsung dihubungkan ke sumber listrik arus bolak-balik (AC) tanpa memerlukan adaptor eksternal. Di dalamnya terdapat rangkaian penyearah dan *driver* yang mengubah arus AC menjadi DC agar LED dapat menyala dengan stabil. Seperti tampak pada Gambar II. 11, lampu LED AC memiliki bentuk menyerupai lampu konvensional namun bekerja dengan teknologi LED.

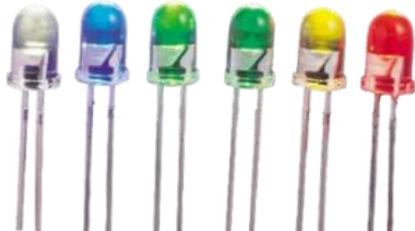


Gambar II. 11 Lampu LED AC  
(Sumber: *gesainstech.com*)

Lampu ini unggul dalam efisiensi energi, memiliki konsumsi daya rendah, cahaya terang, dan lebih ekonomis dibandingkan lampu konvensional (Alghaniya dkk., 2021; Hasibuan dkk., 2020; Riadi dkk., 2022).

**i. *Light Emitting Diode (LED) Indikator***

*Light Emitting Diode (LED)* adalah lampu indikator berbasis semikonduktor yang digunakan dalam perangkat elektronik untuk menunjukkan status operasional. LED terdiri dari sambungan P-N yang memancarkan cahaya monokromatik, dengan warna tergantung pada jenis material semikonduktornya. Beberapa LED juga menghasilkan sinar inframerah, seperti pada *remote TV* (Fatmawati dkk., 2020; Fauza, 2021; Hasibuan dkk., 2020).



Gambar II. 12 *Light Emitting Diode (LED) Indikator*  
(Sumber: *tech.ifeng.com*)

**j. *Liquid Crystal Display (LCD)***

*Liquid Crystal Display (LCD)* adalah perangkat tampilan yang digunakan untuk memvisualisasikan berbagai informasi dari komputer, seperti gambar, video, dan data. LCD juga memiliki fungsi menampilkan karakter berupa angka atau huruf sesuai dengan program yang mengendalikannya. Monitor LCD berfungsi untuk menampilkan data yang diterima dari sensor (Arsayli, 2022; Maryono dkk., 2022; Putra dkk., 2021). Bentuk LCD dapat dilihat pada Gambar II. 13 berikut.



Gambar II. 13 *Liquid Crystal Display (LCD) 20 x 4*  
(Sumber: *electrolab.ir*)

## 5. *Platform Monitoring*

### a. **Web Hosting**

Hosting atau web hosting merupakan layanan penyimpanan *online* yang menawarkan ruang di *server* untuk menyimpan data situs web, seperti *file*, gambar, email, skrip, dan *database*. Fungsinya mirip *harddisk*, namun memungkinkan website dapat diakses *online* kapan saja dan dari mana saja. Hosting digunakan untuk keperluan pribadi, bisnis, hingga organisasi, dan merupakan bagian penting agar situs web dapat berjalan dan tampil di internet (Huda, 2021; Kencana dkk., 2022; Suryayusra dkk., 2024)

### b. **Arduino IDE**

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) merupakan *software open-source* yang dibuat untuk memudahkan pengguna dalam merancang dan membangun aplikasi mikrokontroler berbasis arduino. *Software* ini memungkinkan pengguna untuk membuat, membuka, mengompilasi, dan mengunggah program ke dalam *board* arduino menggunakan bahasa pemrograman C/C++. Arduino IDE berperan sebagai lingkungan pengembangan untuk menyusun, mengedit, dan mengupload kode ke *board* yang digunakan sesuai kebutuhan pemrograman. Selain itu, arduino IDE dilengkapi dengan terminal serial, yang memungkinkan komunikasi melalui USART/RS232 ke komputer. Fitur ini berguna untuk melakukan pemantauan data dan interaksi dengan perangkat yang terhubung. Meskipun memiliki berbagai keunggulan, arduino IDE belum mendukung proses *debugging* secara simulasi maupun melalui perangkat keras, sehingga perlu alat tambahan untuk pengujian dan analisis kode mendalam (Kamal dkk., 2023; Setiawan dkk., 2022; Sudiatmika dkk., 2022).

### **c. XAMPP**

XAMPP adalah paket perangkat lunak web yang berfungsi sebagai *server* lokal untuk mendukung pengembangan web, khususnya PHP dan MySQL. Paket ini mencakup Apache, MySQL, serta *interpreter* PHP dan Perl, sehingga banyak digunakan oleh pemula dalam mempelajari pemrograman web. Selain gratis, XAMPP memiliki fitur lengkap dan mudah digunakan, cukup dengan mengaktifkan modul Apache di dalamnya (Pratama, 2024).

### **d. Visual Studio Code**

Visual Studio Code adalah perangkat lunak editor kode sumber yang ringan namun memiliki performa tinggi dan dapat dijalankan di desktop. Media editor ini mendukung berbagai bahasa pemrograman seperti JavaScript, HTML, CSS, PHP, Python, C++, dan banyak lagi. Selain kompatibel dengan sistem operasi Windows, macOS, dan Linux, Visual Studio Code juga dilengkapi dengan fitur *Live Share*, yang memungkinkan beberapa pengembang untuk berkolaborasi dalam satu proyek secara bersamaan dari lokasi yang berbeda (Syarif dkk., 2023).

## B. Penelitian yang Relevan

Tabel II. 6 Penelitian yang Relevan

No.	Nama Peneliti, Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan	Relevansi dengan Penelitian ini
1.	Setyawan & Nafi, 2021	Rancang Bangun Alat Monitoring Lampu <i>Airfield Lighting</i> (AFL) <i>Double Runway</i> Berbasis Mikrokontroler	Perancangan dan Pengujian Sistem	Hasil pengujian menunjukkan bahwa lampu <i>Airfield Lighting</i> (AFL) hasil perancangan pada penelitian ini berhasil menyala sesuai konfigurasi lampu <i>Airfield Lighting</i> (AFL) <i>Double Runway</i> dan sensor arus bekerja dengan baik dalam membaca setiap lampu AFL yang putus sesuai dengan jenis (nomor) lampu. Sistem juga berhasil mengirimkan notifikasi SMS ke <i>user</i> (teknisi) sesuai lampu yang putus.	Rancangan sistem ini disesuaikan dengan konfigurasi lampu AFL <i>Double Runway</i> . Di dalam penelitian ini menggunakan peralatan utama yaitu mikrokontroler sebagai <i>processor</i> , sensor arus, dan modul GSM SIM800L V.2. Modul ini untuk mengirim notifikasi melalui SMS dengan perintah “ <i>T/H/R/W1 NO.8 FAILED</i> ”.	Memiliki fokus penelitian yang sama, yaitu AFL. Selain itu, menggunakan beberapa komponen dengan fungsi yang sama, namun dengan spesifikasi yang berbeda, seperti mikrokontroler dan sensor arus.
2.	Putra dkk., 2020	Sistem Monitoring Operasional Lampu <i>Runway Threshold Identification Light</i> (RTIL) di Laboratorium	Perancangan dan Simulasi	Rancangan dinyatakan telah memenuhi kebutuhan yang diharapkan. Alat monitoring operasional lampu RTIL yang terhubung dengan website sebagai alat monitoring operasional lampu RTIL dapat dijalankan dengan fungsinya masing-masing. Pengujian	Sistem ini hanya dirancang sebagai alat monitoring RTIL. Pada rancangan sistem juga tidak hanya menggunakan sensor arus ACS712, namun digunakan juga beberapa sensor lainnya	Relevan pada integrasi mikrokontroler ESP32, Sensor arus ACS712, dan web hosting.

	<i>Airfield Ground Lighting</i> Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia		alat memperlihatkan bahwa perangkat keras dan perangkat lunak terhubung, dan kondisi lampu RTIL yang di tunjukan pada perangkat lunak menunjukan terjadi masalah di sudut dan kedipan lampu pada lampu RTIL.	seperti, sensor tegangan ZMPT101B, sensor <i>Gyroskop</i> , sensor cahaya, dan Buzzer.		
3.	Nugroho, 2021	Rancangan Kontrol dan Monitoring AFL ( <i>Airfield Lighting System</i> ) Berbasis IoT Sebagai Sarana Pembelajaran Taruna di Politeknik Penerbangan Surabaya	Perancangan dan Pengujian Eksperimental	Hasil pengujian dari menggunakan media <i>mock up</i> untuk berhasil memastikan bahwa perangkat yang digunakan berfungsi dengan baik, termasuk kontrol lampu. Sistem ini juga dapat membantu taruna Politeknik Penerbangan Surabaya memahami AFL secara praktis serta berpotensi diterapkan di bandara kecil yang belum memiliki AFL.	Rancangan tidak hanya berperan sebagai monitoring tapi juga kontrol AFL. Sistem ini menggunakan mikrokontroler Arduino Mega Wifi 2566 dan penambahan <i>sirine</i> . Dalam melakukan monitoring. Arduino ini terhubung ke <i>smartphone</i> berbasis IoT.	Membuat perancangan <i>mock-up</i> sistem berbasis IoT, bermanfaat dalam pendekatan edukatif.
4.	Simanjuntak dkk., 2022	Sistem Monitoring <i>Runway Guard Light</i> Menggunakan <i>Power Line Carrier</i> di Bandara	Eksperimental dan Pengujian Sistem	Hasil dari penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa dengan mendeteksi arus tegangan AC yang mengalir pada RGL menggunakan teknologi sensor tegangan AC PZEM, mikrokontroler Arduino, <i>power line carrier</i> , <i>relay</i> , dan PLC, kita dapat	Sistem ini berfokus pada RGL menggunakan sensor PZEM-004T dan <i>power line carrier</i> sebagai pengirim data ke Arduino Uno untuk mengaktifkan <i>relay</i> . <i>Relay</i> kemudian mengirimkan hasil ke	Berfokus pada sistem monitoring lampu dan menggunakan <i>power line carrier</i> dalam komunikasinya.

	Kualanamu Deli Serdang		mengetahui kondisi RGL di <i>taxiway charlie</i> secara <i>real-time</i> . Dengan hasil, jika arus mengalir di antara 0 – 0,1 A maka artinya RGL kondisinya padam/rusak, namun jika arus > 0,1 A artinya RGL dalam kondisi baik.	PLC untuk ditampilkan di komputer.		
5.	Megansa & Muharram, 2024	<i>Prototype Sistem Kontrol dan Monitoring Apron Flood Light Berbasis Website dengan Power Line Carrier Communication (PLCC) KQ 330 Sebagai Media Pembelajaran di Politeknik Penerbangan Jayapura</i>	<i>Research &amp; Development (R&amp;D)</i>	Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mengontrol dan memonitor lampu <i>apron flood light</i> secara efisien melalui website, memberikan kemudahan bagi teknisi listrik dan petugas <i>Apron Movement Control (AMC)</i> dalam menjalankan tugas mereka. Sistem kontrol dan monitoring berbasis website dengan PLCC KQ 330 efektif dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas kerja di lapangan, serta dapat berfungsi sebagai media pembelajaran yang baik bagi mahasiswa.	Sistem ini berfokus pada kontrol dan monitoring <i>apron flood light</i> . Rancangan sistem menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan Arduino Uno sebagai indikator pengecekan lampu.	Menggunakan metode penelitian R & D dan monitoring melalui website. <i>Prototype</i> ini juga menggunakan komunikasi <i>power line carrier</i> dalam mengirim data dari sensor ke mikrokontroler.
6.	Akbar dkk., 2024	<i>Prototype Monitoring Apron Flood Light</i>	<i>Research &amp; Development (R&amp;D)</i>	Penelitian ini menghasilkan <i>prototype</i> sistem monitoring penggunaan daya lampu <i>Apron Floodlight</i> yang	Pada penelitian ini difokuskan pada pengukuran arus <i>apron flood light</i> , <i>prototype</i>	Menggunakan metode penelitian R & D. Selain itu, <i>prototype</i> ini mengadaptasi

	Menggunakan Aplikasi Blynk di Bandar Udara Hang Nadim Batam		berbasis IoT, menggunakan PZEM-004T, NodeMCU dan ESP8266, memungkinkan deteksi dini terhadap lampu yang mati atau mengalami gangguan, dan memperkuat aspek keselamatan dan keamanan penerbangan.	dirancang menggunakan sensor PZEM-004T mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Hasil dari pengukurannya berupa data daya, arus, dan tegangan.	teknologi IoT dalam memonitoring lampu.	
7.	Kafi dkk., 2018	Rancang Bangun <i>Prototype</i> Kontrol dan <i>Monitoring</i> Penerangan <i>Underpass</i> Via Web Berbasis Mikrokontroler di terminal Bandar Udara Internasional Adisutjipto Yogyakarta	Perancangan dan Pengujian Sistem	Hasil monitoring arus menunjukkan perbedaan antara pengukuran dengan avometer dan tampilan di web. Pada Lampu A, arus yang diukur 0,75A, tetapi di web berkisar antara 0,75A–0,85A. Sementara pada Lampu B, arus yang diukur 0,30A, sedangkan di web berkisar 0,30A – 0,44A. Untuk tegangan, Avometer menunjukkan 222V, tetapi di web berkisar antara 225V–238V. Sistem monitoring berbasis web ini dinilai lebih efisien dan efektif untuk pemantauan jarak jauh.	Penelitian ini menambahkan juga sistem kontrol dan fokus objeknya pada penerangan <i>underpass</i> . <i>Prototype</i> yang dirancang juga menggunakan sensor tegangan ZMPT101B dan mikrokontroler Arduino Mega 2560.	Mengaplikasikan sensor arus yang sama, yaitu ACS712. Juga menggunakan media monitoring berupa web.
8.	Mubarak dkk., 2022	Prototipe Kontrol dan <i>Monitoring</i>	<i>Research &amp; Development</i> (R&D)	Dengan adanya <i>prototype</i> ini dapat dijadikan dasar pembuatan suatu alat kontrol	Penelitian ini berfokus pada <i>prototype</i> kontrol dan monitoring <i>Remote</i>	Menggunakan metode penelitian yang sama, yaitu R & D. <i>Prototype</i>

*Remote Apron  
Floodlight  
Berbasis  
Mikrokontroler  
dengan modul  
Dimmer*

dan monitoring *Apron Apron floodlight* ini juga dapat  
*flood3light* untuk menggunakan aplikasi melakukan monitoring  
meningkatkan efektivitas dan Blynk. Rangkaianya melalui *smartphone*.  
efisiensi teknisi dalam juga menggunakan  
melakukan pengoperasian dan mikrokontroler Arduino  
memonitor kondisi *Apron* Mega 2560 dan *Modul*  
*floodlight*. *Dimmer* sebagai  
pengontrol intensitas  
cahaya, arus dan daya  
lampu.

---

Berdasarkan Tabel II. 7 di atas, penelitian ini berfokus pada inovasi dan pengembangan dari delapan penelitian yang relevan, yaitu terletak pada integrasi sensor arus ACS712, Arduino Uno, dan mikrokontroler ESP32 yang terhubung melalui modul *Power Line Carrier Communication* (PLCC) KQ330 untuk mengirim data status lampu secara *real-time* ke *dashboard* web lokal. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan GSM, *relay*, atau hanya web hosting, *prototype* ini menyimulasikan teknologi AGLAS dalam bentuk sederhana namun fungsional. Sistem ini meminimalkan kebutuhan inspeksi visual manual dengan tetap menjaga akurasi pemantauan *on/off* lampu, dan dapat dikembangkan sebagai media pembelajaran maupun solusi awal untuk bandara skala kecil hingga menengah.