

***PROTOTYPE SISTEM MONITORING JAM KERJA DAN
TARIF GARBARATA BERBASIS IoT UNTUK PREVENTIVE
MAINTENANCE BERBASIS DATA***

TUGAS AKHIR

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

Oleh

KARINA NABILA MAHARANI

NIT. 56192210011



***PROTOTYPE SISTEM MONITORING JAM KERJA DAN
TARIF GARBARATA BERBASIS IoT UNTUK PREVENTIVE
MAINTENANCE BERBASIS DATA***

TUGAS AKHIR

Karya Tulis Sebagai Salah Satu Syarat Lulus

Pendidikan Program studi Teknologi Rekayasa

Bandar Udara Program Sarjana Terapan



Oleh:

KARINA NABILA MAHARANI

NIT. 56192210011

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA

PROGRAM SARJANA TERAPAN

POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG

TAHUN 2026

ABSTRAK

PROTOTYPE SISTEM MONITORING JAM KERJA DAN TARIF GARBARATA BERBASIS IoT UNTUK PREVENTIVE MAINTENANCE BERBASIS DATA

Oleh:

KARINA NABILA MAHARANI

NIT. 56192210011

Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara

Program Sarjana Terapan

Penggunaan *Passenger Boarding Bridge* (garbarata) di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya memerlukan data jam kerja yang akurat sebagai dasar pelaksanaan *preventive maintenance* dan perhitungan biaya penggunaan. Namun, pencatatan jam kerja operasional dan perhitungan tarif penggunaan garbarata masih dilakukan secara manual sehingga berpotensi menimbulkan kesalahan pencatatan, keterlambatan pelaporan, serta belum mendukung pelaksanaan *preventive maintenance* berbasis data. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun *prototype* sistem *monitoring* jam kerja dan biaya garbarata berbasis Internet of Things (IoT) sebagai pendukung *preventive maintenance* berbasis data. Penelitian ini menggunakan metode *Prototype*. Sistem dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32, modul PZEM-004T V3.0, *Current Transformer* (PZCT-02), LCD 20×4 I2C, serta *website monitoring* berbasis PHP dan MySQL. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kondisi operasional garbarata secara otomatis berdasarkan pembacaan arus listrik, mencatat akumulasi jam kerja, menghitung biaya penggunaan sesuai tarif yang berlaku, menampilkan rekomendasi *preventive maintenance* berdasarkan kategori *Light Duty* dan *Heavy Duty*, serta menyajikan data operasional secara *real-time* melalui *website monitoring*. Berdasarkan hasil pengujian, sistem memperoleh rata-rata *error* pembacaan arus sebesar 1,44%, sedangkan hasil perhitungan tarif yang dihasilkan sistem sesuai dengan hasil perhitungan manual berdasarkan ketentuan tarif pelayanan garbarata. Dengan demikian, *prototype* yang dikembangkan mampu meningkatkan efisiensi *monitoring* operasional, mengurangi potensi human *error* dalam pencatatan dan perhitungan biaya, serta menyediakan data historis sebagai pendukung pelaksanaan *preventive maintenance* berbasis data.

Kata Kunci: Garbarata, *Monitoring* Jam Kerja, Tarif Penggunaan Garbarata, *Preventive Maintenance*, *Internet of Things* (IoT),

ABSTRACT

PROTOTYPE SISTEM MONITORING JAM KERJA DAN TARIF GARBARATA BERBASIS IoT UNTUK PREVENTIVE MAINTENANCE BERBASIS DATA

Oleh:

KARINA NABILA MAHARANI

NIT. 56192210011

Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara

Program Sarjana Terapan

The use of Passenger Boarding Bridges (PBBs) at Juanda International Airport requires accurate operational hour records to support preventive maintenance activities and service fee calculations. However, the recording of operational hours and the calculation of Passenger Boarding Bridge service fees are still performed manually, which may lead to recording errors, reporting delays, and the lack of data-driven preventive maintenance implementation. This study aims to design and develop an Internet of Things (IoT)-based prototype for monitoring Passenger Boarding Bridge operational hours and service fees to support data-driven preventive maintenance. This study employed the Prototype development method. The system was developed using an ESP32 microcontroller, a PZEM-004T V3.0 module, a Current Transformer (PZCT-02), a 20×4 I2C LCD, and a web-based monitoring application supported by PHP and MySQL. The results show that the system is capable of automatically detecting the operational status of the Passenger Boarding Bridge based on electrical current measurements, recording accumulated operating hours, calculating service fees according to the applicable tariff regulations, providing preventive maintenance recommendations based on Light Duty and Heavy Duty classifications, and displaying operational data in real time through a web-based monitoring dashboard. Based on the testing results, the system achieved an average current measurement error of 1.44%, while the service fee calculations generated by the system were consistent with manual calculations based on the applicable Passenger Boarding Bridge service tariff regulations. Therefore, the developed prototype can improve operational monitoring efficiency, reduce human errors in operational hour recording and service fee calculations, and provide historical operational data to support data-driven preventive maintenance.

Keywords : Passenger Boarding Bridge, Operational Hour Monitoring, Passenger Boarding Bridge Service Fee, Preventive Maintenance, Internet of Things (IoT).

PENGESAHAN PEMBIMBING

Tugas Akhir : “*PROTOTYPE SISTEM MONITORING JAM KERJA DAN TARIF GARBARATA BERBASIS IOT UNTUK PREVENTIVE MAINTENANCE BERBASIS DATA*” telah diperiksa dan disetujui untuk diuji sebagai salah satu syarat lulus Pendidikan Program Studi Diploma IV Teknologi Rekayasa Bandar Udara Angkatan ke-3, Politeknik Penerbangan Palembang – Palembang.



Nama : KARINA NABILA MAHARANI

NIT : 56192210011

PEMBIMBING I

PEMBIMBING II

Dr. SUNARDI, S.T., M.Pd., M.T.

Dr. BAMBANG SETIAWAN, S.Kom., M.T.

Pembina (IV/a)

Pembina (IV/a)

NIP. 19720217 199501 1 001

NIP. 19800305200502 1 001

KETUA PROGRAM STUDI

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

Pembina (IV/a)

NIP. 19810306 200212 1 001

PENGESAHAN PENGUJI

Tugas Akhir : “*PROTOTYPE SISTEM MONITORING JAM KERJA DAN TARIF GARBARATA BERBASIS IOT UNTUK PREVENTIVE MAINTENANCE BERBASIS DATA*” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Angkatan ke – 3, Politeknik Penerbangan Palembang – Palembang. Tugas akhir ini telah dinyatakan LULUS Program Sarjana pada tanggal 1 Juli 2026.

KETUA



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

Penata Tk.1 (III/d)

NIP. 19831213 201012 2 003

SEKRETARIS

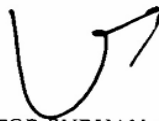


Dr. SUNARDI, S.T., M.Pd., M.T.

Pembina (IV/a)

NIP. 19720217 199501 1 001

ANGGOTA



VIKTOR SURYAN, S.T., M.Sc.

Penata Tk.1 (III/d)

NIP. 19861008 200912 1 004

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Karina Nabila Maharani

NIT : 56192210011

Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Bandar Udara

Menyatakan bahwa Tugas Akhir berjudul “*PROTOTYPE SISTEM MONITORING JAM KERJA DAN TARIF GARBARATA BERBASIS IOT UNTUK PREVENTIVE MAINTENANCE BERBASIS DATA*” 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, 1 Juli 2026

Yang Membuat Pernyataan



Karina Nabila Maharani

NIT. 56192210011

PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir D-IV yang tidak dipublikasi 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:

Maharani, K.N. (2026). *PROTOTYPE SISTEM MONITORING JAM KERJA DAN TARIF GARBARATA BERBASIS IOT UNTUK PREVENTIVE MAINTENANCE BERBASIS DATA*, 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, Politeknik Penerbangan Palembang.

Dipersembahkan kepada
Orang tua tercinta
Ayahanda Riyanto dan Ibunda Rinto Astutik
dan Mas tersayang Dimas Arief Darmawan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Subahanahu Wata'ala Tuhan Yang Maha Esa berkat rahmat dan karunia-Nya pelaksanaan penulisan Tugas Akhir dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Sholawat beriring salam tidak lupa kita haturkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad Sallallahu 'alaihi Wassalam, karena beliau yang membawa kita dari zaman jahiliyah kepada zaman gemilang seperti kehidupan di masa kini.

Tugas akhir ini dibuat untuk memenuhi syarat kelulusan di Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Politeknik Penerbangan Palembang. Penulisan Tugas Akhir ini tidak luput dari bantuan berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih dengan tulus kepada pihak yang telah mendukung, yaitu:

1. Allah SWT, yang telah memberikan karunia ilmu, kesehatan, rezeki, dan lindungan kepada penulis di setiap waktu.
2. Kedua orang tua dan saudara saya yang telah memberikan doa, dukungan, kasih sayang, dan kepercayaan untuk saya agar dapat menyelesaikan segala bentuk pendidikan yang dijalani.
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 Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Bandar Udara Politeknik Penerbangan Palembang.
5. Bapak Dr. Sunardi, S.T., M.Pd., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing, memberikan masukan dan saran, serta bantuan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Bapak Dr. Bambang Setiawan, S.Kom., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing, memberikan masukan dan saran, serta bantuan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

7. Seluruh dosen, admin prodi, staff dan civitas akademika Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Bandar Udara Politeknik Penerbangan Palembang.
8. Karyawan, staff, teknsi dan suvervisor unit Airport Technical Divison PT Angkasa Pura Indonesia Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya.
9. Seluruh rekan seperjuangan Teknologi Rekayasa Bandar Udara 03. selalu menemani dan mendukung penulis dalam segala kondisi selama 4 tahun ini.
10. 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 penulisan dan penyusunan Tugas Akhir ini terdapat kekurangan, dikarenakan keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang penulis miliki. Oleh karena itu kritik, saran, dan masukan yang membangun penulis terima dengan besar hati untuk dapat menyempurnakan pengetahuan, pengalaman, dan penulisan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat menjadi sumber bacaan dan referensi yang menambah pengetahuan pembaca khususnya di bidang penerbangan.

Palembang, 30 Juni 2026



Karina Nabila Maharani

NIT. 56192210011

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
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.....	xviii
DAFTAR SINGKATAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Batasan masalah	5
D. Tujuan Penelitian.....	6
E. Manfaat Penelitian.....	6
1. Manfaat Mahasiswa.....	6
2. Manfaat Lembaga Pendidikan.....	6
3. Manfaat Peneliti Selanjutnya.....	7
F. Sistematika Penulisan.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. Konsep Garbarata (<i>Passenger Boarding Bridge</i>).....	8

B.	<i>Monitoring</i>	10
C.	<i>Internet of Things (IoT)</i>	11
D.	Biaya Tarif Penggunaan Garbarata	14
E.	Mikrokontroler ESP32	17
F.	PZEM 004T.....	19
G.	<i>PZ Current Transformer (CT)</i>	21
H.	LCD 20 X 4 I2C	23
I.	<i>Modul Power Supply AC DC</i>	24
J.	<i>Modul step Down LM2596</i>	26
K.	Sistem <i>Maintenance</i> Peralatan	27
L.	<i>Preventive Maintenance</i>	28
M.	Sistem Kontrol dan <i>Monitoring</i> Peralatan.....	31
N.	Sistem Kontrol Kelistrikan Garbarata	32
O.	Beban Operasional Peralatan	33
P.	Penelitian Terdahulu	35
Q.	Kerangka Bepikir	42
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		45
A.	Jenis penelitian dan pendekatan	45
B.	Tahapan	46
C.	Teknik Analisis Data	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		57
A.	Hasil	57
1.	<i>Communication</i>	57
2.	<i>Quick Plan</i>	62
3.	<i>Modelling Quick Design</i>	64
4.	<i>Construction Of Prototype</i>	81

5.	<i>Development Delivery dan Feedback</i>	89
B.	Pembahasan.....	101
C.	Peletakan Alat	105
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		107
A.	Kesimpulan.....	107
B.	Saran.....	108
DAFTAR PUSTAKA		109

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Gambar Jadwal Maintenance	114
Lampiran B AMC <i>Block Movement sheet</i>	115
Lampiran C Rekomendasi <i>Preventive Maintenance Manual Book</i> PT Bukaka	116
Lampiran D Komponen <i>Control Panel</i> Garbarata.....	117
Lampiran E Lembar Transkrip Wawancara	119
Lampiran F Peletakan Alat.....	123
Lampiran G Lembar Bimbingan Tugas Akhir	124
Lampiran H Dokumentasi	125
Lampiran I Hasil Turnitin.....	126

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Garbarata Bandar Udara Juanda	8
Gambar II. 2 Konsep IoT	12
Gambar II. 3.Tarif PJP4U Bandar Udara Juanda	17
Gambar II. 4 Mikrokontroler ESP32	18
Gambar II. 5 PZEM 004T	19
Gambar II. 6 PZCT-02	21
Gambar II. 7 LCD 20x4 I2C	23
Gambar II. 8 Modul Power Supply AC DC	24
Gambar II. 9 lm2596	26
Gambar II. 10 Frequency for Refilling and Rep;acing Grease.....	30
Gambar II. 11 Rekomendasi Interval Penggantian Oli	30
Gambar II. 12 Diagram Kerangka Berpikir.....	43
Gambar III. 1 Tahapan Penelitian Metode <i>Prototype</i>	45
Gambar IV. 1 Penggunaan Avio Tertinggi dan Terendah.....	58
Gambar IV. 2 Kartu Pemeliharaan dan Perawatan.....	59
Gambar IV. 3 Form Aviobridge Utilization Service (Form Avio).....	60
Gambar IV. 4 Input Data Penggunaan Garbarata pada Sistem Komputer Unit Airport Commercial	61
Gambar IV. 5 Flowchart Alur Kerja Sistem.....	67
Gambar IV. 6 Diagram Blok Sistem	71
Gambar IV. 7 <i>Wiring Diagram Prototype</i>	72
Gambar IV. 8 <i>Dashboard Website</i>	75
Gambar IV. 9 Halaman <i>Maintenance Heavy Duty</i>	76
Gambar IV. 10 Halaman <i>Maintenance light Duty</i>	77
Gambar IV. 11 Halaman Riwayat Penggunaan.....	78
Gambar IV. 12 Halaman Nota Penggunaan Garbarata	79
Gambar IV. 13 Desain 3D Prototype	80
Gambar IV. 14 Hasil Perakitan Perangkat Keras Prototype	82
Gambar IV. 15 Program Utama ESP32.....	85
Gambar IV. 16 Codingan Website	86

Gambar IV. 17 Tampilan <i>TELEMETRY PANEL</i>	89
---	----

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1. Tarif Garbarata KEP.DU 13 Tahun 2021	17
Tabel II. 2 Tarif Garbarata berdasarkan MTOW KEP.DU 13 Tahun 2021	17
Tabel II. 3 Penelitian Terdahulu	35
Tabel III. 1 Indikator yang Dikaji	47
Tabel III. 2 Topik Observasi	48
Tabel III. 3 Subjek Wawancara	49
Tabel III. 4 Waktu Penelitian	56
Tabel IV. 1 Komponen Prototype	63
Tabel IV. 2 Parameter Operasional Sistem	68
Tabel IV. 3 Hasil Uji Fungsional Sistem	91
Tabel IV. 4 Hasil Uji Tegangan Catu Daya	92
Tabel IV. 5 Hasil Uji Akurasi Arus Modul PZEM-004T	93
Tabel IV. 6 Hasil Uji Akurasi Jam Kerja	95
Tabel IV. 7 Hasil Delay Pengiriman Data	96
Tabel IV. 8 Hasil Uji Perhitungan Tarif	96
Tabel IV. 9 Hasil Uji Klasifikasi <i>Preventive Maintenance</i>	97
Tabel IV. 10 Hasil Uji Monitoring Real -Time	98
Tabel IV. 11 Perhitungan Keberhasilan Sistem	99

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Nama	Pertama kali digunakan pada halaman
OJT	<i>On the Job Training</i>	2
A2B	Alat- Alat Berat	79
R&D	<i>Research and Development</i>	3
IoT	<i>Internet of Things</i>	3
PBB	<i>Passenger Boarding Bridge</i>	1
CBM	<i>Condition Based Maintenance</i>	29
AMC	<i>Apron Movement Control</i>	10
PJP4U	Pelayanan Jasa Pendaratan, Penempatan, dan Penyimpanan Pesawat Udara	15
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>	13
MTOW	<i>Maximum Take-Off Weight</i>	16
CT	<i>Current Transformer</i>	21
RAB	Rencana Anggaran Biaya	55
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i>	13

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Keberlangsungan operasi penerbangan di lingkungan bandar udara bergantung pada kesiapan infrastruktur sisi udara maupun sisi darat. Salah satu fasilitas yang memiliki peran vital dalam proses pelayanan penumpang adalah garbarata atau *Passenger Boarding Bridge* (PBB), yaitu jembatan penghubung antara terminal bandara dan pesawat yang memungkinkan penumpang naik atau turun pesawat secara langsung tanpa harus menggunakan tangga pesawat dan menginjak area apron. Fasilitas ini tidak hanya menjadi standar kenyamanan penumpang, tetapi juga berdampak signifikan terhadap efisiensi *turnaround time* pesawat, yang pada akhirnya memengaruhi produktivitas penggunaan *gate* dengan garbarata juga bisa melindungi ancaman bahaya yang dapat terjadi di apron, terlindung dari cuaca panas, dan terlindung dari hujan (Marlan & Nicamah, 2023).

Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya merupakan salah satu bandar udara dengan tingkat trafik pergerakan pesawat tinggi di Indonesia. Penggunaan garbarata berlangsung secara intensif hampir di setiap pergerakan pesawat pada *gate* yang dilengkapi fasilitas tersebut, tingginya pergerakan pesawat menyebabkan intensitas penggunaan garbarata berbeda pada setiap *gate*. Berdasarkan hasil observasi selama kegiatan *On The Job Training* (OJT), ditemukan bahwa terdapat unit garbarata yang memiliki frekuensi penggunaan yang tinggi dan terdapat unit memiliki frekuensi penggunaan yang lebih rendah. Namun, pelaksanaan pemeliharaan *preventive* pada garbarata belum mempertimbangkan akumulasi jam operasional masing-masing unit, sehingga unit dengan tingkat penggunaan yang berbeda tetap memperoleh perlakuan pemeliharaan yang sama. Dengan adanya hal ini menuntut adanya sistem pemantauan operasional yang akurat agar pengelola bandara dapat memastikan peralatan bekerja secara optimal serta tetap berada dalam kondisi aman dan andal.

Berdasarkan *manual book* garbarata PT Bukaka, pelaksanaan *preventive maintenance* seharusnya dilakukan berdasarkan akumulasi jam kerja operasional peralatan. Kegiatan pemeliharaan seperti pelumasan, penggantian oli dan pemeriksaan komponen dilakukan setelah mencapai jumlah jam operasi tertentu. Akan tetapi, kondisi di lapangan pencatatan jam operasional garbarata dan penggunaan garbarata masih dilakukan secara manual melalui lembar kerja pemeliharaan pada lampiran A dan pencatatan penggunaan garbarata sebagai dasar penarikan tarif layanan garbarata masih dilakukan secara manual dengan lembar *Aviobridge Utilization Services* pada lampiran B yang kemudian akan diberikan kepada petugas untuk dimasukkan ke dalam sistem. Tanpa sistem pemantauan yang terintegrasi, berpotensi menimbulkan kesalahan pencatatan (*human error*) kehilangan data, keterlambatan pelaporan, pengambilan keputusan pemeliharaan cenderung bersifat reaktif, yaitu dilakukan setelah muncul indikasi kerusakan, kondisi tersebut berpotensi meningkatkan risiko *downtime* peralatan yang dapat berdampak langsung pada kelancaran pelayanan penerbangan Ilmi dkk. (2024). serta pemborosan biaya pemeliharaan. Di sisi lain, ketidakakuratan data penggunaan garbarata juga dapat memengaruhi proses administrasi dan perhitungan tarif layanan yang diberikan kepada maskapai pengguna jasa.

Di sisi lain, perkembangan teknologi digital telah mendorong transformasi sistem pengelolaan infrastruktur bandara menuju konsep *Internet of Things* (IoT). Teknologi ini memungkinkan berbagai perangkat fisik dilengkapi sensor dan terhubung melalui jaringan internet sehingga mampu mengirimkan data operasional secara *real-time*. Penerapan otomatisasi juga dapat mendukung efektivitas kegiatan pemeliharaan *preventive* sehingga proses pemantauan kondisi peralatan dapat dilakukan secara lebih akurat dan berkelanjutan Butar & Haryanto, (2024). Berdasarkan Pasal 46 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2001 tentang Keamanan dan Keselamatan Penerbangan, pemeliharaan dan perawatan fasilitas bandar udara merupakan aspek penting dalam menjamin keamanan, keselamatan, dan kelancaran operasional penerbangan. Oleh karena itu, diperlukan pelaksanaan *preventive maintenance* yang terjadwal guna meminimalkan kerusakan pada fasilitas dan

peralatan bandar udara Anwar, (2023). Di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya, kegiatan pemeliharaan mengacu pada Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 77 Tahun 2015 tentang Standardisasi dan Sertifikasi Fasilitas Bandar Udara sebagai pedoman dalam menjaga keandalan fasilitas operasional bandar udara. Menurut *International Air Transport Association*, digitalisasi infrastruktur bandara menjadi salah satu strategi penting dalam meningkatkan efisiensi operasional dan kualitas pelayanan penumpang di bandara modern, di mana integrasi sensor dan sistem *monitoring* digital dapat membantu operator bandara memantau kondisi peralatan secara lebih akurat dan *real-time* (IATA, 2021).

Selain itu, konsep *smart airport* yang berkembang secara global menekankan pemanfaatan teknologi digital untuk meningkatkan efisiensi operasional dan pengelolaan fasilitas bandara. *Airports Council International* menyebutkan bahwa penerapan teknologi berbasis sensor dan IoT memungkinkan operator bandara memantau berbagai sistem infrastruktur secara *real-time*, sehingga dapat meningkatkan efektivitas pemeliharaan serta mengurangi risiko gangguan operasional (ACI, 2022).

Berbagai penelitian terdahulu telah membuktikan efektivitas penggunaan teknologi IoT dalam sistem *monitoring*. Hermansa dkk. (2022) mengembangkan sistem *monitoring* berbasis sensor untuk mendukung *predictive maintenance* pada peralatan industri dan menunjukkan bahwa data operasional *real-time* mampu meningkatkan efektivitas pemeliharaan. Azizi & Arinal, (2023) membuktikan bahwa integrasi sensor dengan platform IoT mampu meningkatkan terbukti meningkatkan efisiensi pemantauan peralatan dalam berbagai sektor industri *monitoring* peralatan melalui penyajian data operasional secara *real-time*. Sementara itu, Sari dkk, (2024) menunjukkan bahwa sensor arus yang terintegrasi dengan sistem IoT mampu mendeteksi aktivitas peralatan listrik secara otomatis dan menghasilkan data penggunaan yang lebih akurat dibandingkan pencatatan manual.

Dalam konteks pemantauan operasional peralatan listrik atau mekanikal, salah satu metode yang dapat digunakan adalah memanfaatkan sensor arus listrik

untuk mendeteksi aktivitas perangkat. Sensor arus mampu membaca perubahan arus listrik yang terjadi ketika suatu peralatan mulai beroperasi atau berhenti bekerja, sehingga sistem dapat secara otomatis mencatat waktu mulai dan waktu berhentinya penggunaan suatu peralatan. Sensor arus yang terintegrasi dengan sistem IoT mampu *memonitor* penggunaan energi listrik secara *real-time* dan mengirimkan data ke *server* berbasis internet dengan tingkat akurasi yang cukup baik dalam mendeteksi aktivitas peralatan listrik (Zalasena & Paramytha, 2024).

Meskipun berbagai penelitian tersebut telah membuktikan efektivitas penggunaan sensor arus dan IoT dalam sistem *monitoring*, sebagian besar penelitian masih berfokus pada sektor rumah tangga, energi listrik, atau industri manufaktur. Penelitian yang secara khusus mengkaji penerapan sistem *monitoring* berbasis sensor arus pada peralatan operasional bandar udara, khususnya garbarata, masih sangat terbatas. Selain itu, sebagian penelitian hanya menekankan aspek *monitoring* penggunaan listrik tanpa mengaitkannya dengan analisis jam kerja operasional peralatan sebagai dasar pengambilan keputusan pemeliharaan. Keterbatasan tersebut menunjukkan adanya kesenjangan penelitian (*research gap*) dalam pengembangan sistem *monitoring* yang secara spesifik dirancang untuk mendukung pengelolaan operasional fasilitas bandara (Nazara, 2022).

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan suatu sistem yang mampu melakukan *monitoring* jam kerja operasional garbarata secara otomatis, akurat, dan *real-time* sebagai dasar pelaksanaan *preventive maintenance* serta perhitungan tarif penggunaan garbarata. Oleh karena itu, peneliti melakukan penelitian dengan judul "*Prototype Sistem Monitoring Jam Kerja dan Tarif Garbarata Berbasis Internet of Things (IoT) untuk Preventive Maintenance Berbasis Data*", yang bertujuan merancang dan mengembangkan *prototype* menggunakan sensor arus listrik untuk mendeteksi aktivitas operasional garbarata, menghitung akumulasi jam kerja dan tarif penggunaan, serta menyajikan data secara *real-time* sebagai pendukung pelaksanaan *preventive maintenance* berbasis data.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana proses perancangan dan pengembangan sistem *monitoring* jam oparesional dan tarif operasional garbarata berbasis IoT dalam mendukung preventive maintence di Bandar Udara Internasional Juanda?
2. Bagaimana kemampuan sistem dalam mencatat dan menampilkan data jam operasional garbarata secara otomatis dan *real-time*?

C. Batasan masalah

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijabarkan diatas, penulis membatasi pembahasan dalam penelitian ini:

1. Penelitian ini difokuskan pada perancangan dan pengembangan *prototype* sistem *monitoring* jam kerja operasional garabarta berbasis IoT di Bandar Udara Internasional Juanda.
2. Penelitian ini dibatasi pada kegiatan *preventive maintenance* berupa pelumasan (*lubricant*) dan penggantian oli berdasarkan data jam operasional garbarata dan perhitungan penagihan biaya sewa operasional garbarata yang dibatasi menjadi tiga maskapai, yaitu Lion Air, Batik Air dan Garuda Indonesia, serta jenis pesawat Boeing 737 dan Airbus A320.
3. Sistem yang dikembangkan hanya dalam tahap rancangan *prototype* untuk mencatat dan *memonitoring* jam kerja operasional garbarata secara otomatis on dan *off* untuk mendeteksi status operasional, menghitung frekuensi penggunaan garbarata sebagai dasar data *preventive maintence* dan tidak mencakup implemetasi langsung pada sistem operasional secara langsung.

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang dan Mengembangkan *prototype* sistem *monitoring* jam oprasional dan biaya operasional garbarata berbasis IoT di Bandar Udara Internasional Juanda sebagai dasar pendukung pelaksanaan *preventive maintenance* yang sesuai dengan *manual book*.
2. Mengetahui kemampuan sistem *monitoring* dalam mencatat dan menampilkan jam operasional garbarata secara otomatis dan *real-time*.

E. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Mahasiswa

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang teknologi rekayasa bandar udara dan sistem monitoring berbasis *Internet of Things*. Hasil penelitian ini dapat memperkaya kajian mengenai penerapan teknologi sensor dan IoT dalam pengelolaan infrastruktur bandara, terutama dalam konteks pemantauan operasional peralatan.

2. Manfaat Lembaga Pendidikan

Secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat langsung bagi pengelola bandar udara, khususnya unit operasional dan pemeliharaan fasilitas. *Prototype* sistem *monitoring* yang dikembangkan dapat membantu memantau penggunaan garbarata secara otomatis dan *real-time* sehingga data mengenai durasi penggunaan dan total jam kerja peralatan dapat diperoleh dengan lebih akurat. Informasi tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan jadwal pemeliharaan yang lebih efektif dan efisien. Selain itu, sistem ini juga berpotensi mengurangi ketergantungan pada pencatatan manual yang rentan terhadap kesalahan, sehingga pengelola bandara dapat meminimalkan risiko gangguan operasional akibat kerusakan peralatan.

3. Manfaat Peneliti Selanjutnya

penelitian ini juga dapat menjadi referensi ilmiah bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pengembangan sistem *monitoring* berbasis teknologi digital untuk mendukung manajemen pemeliharaan fasilitas operasional. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan konsep integrasi sensor dan IoT dalam pengelolaan infrastruktur transportasi udara dapat semakin berkembang dan memberikan kontribusi pada penguatan teori mengenai digitalisasi sistem operasional bandara.

F. Sistematika Penulisan

Tugas Akhir ini disusun sedemikian rupa sehingga diharapkan dapat disajikan secara sistematis sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi latar belakang penulisan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian dan manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini mencakup teori dasar dari penelitian dan penelitian relevan yang telah dilakukan sebelumnya untuk menjadi pendukung dan referensi dari produk yang akan dibuat.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisi jenis metode penelitian dan langkah pembuatan alat yang dilakukan dalam membuat alat.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi hasil penelitian yang telah dilakukan berdasarkan metode penelitian dalam pembuatan alat

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan menyeluruh dari hasil dan pembahasan serta rekomendasi untuk perbaikan yang perlu diteliti lebih lanjut.