

**RANCANG BANGUN *EARLY WARNING SYSTEM* BERBASIS
IoT GUNA MONITORING KINERJA *AIR HANDLING UNIT* DI
BANDARA INTERNASIONAL JUANDA SURABAYA**

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

MOCH. DAFFA FIRATA

NIT. 56192210015



**PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT
TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA
PROGRAM SARJANA TERAPAN
POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG
JUNI 2026**

**RANCANG BANGUN *EARLY WARNING SYSTEM* BERBASIS
IoT GUNA MONITORING KINERJA *AIR HANDLING UNIT* DI
BANDARA INTERNASIONAL JUANDA SURABAYA**

TUGAS AKHIR

Oleh :

MOCH. DAFFA FIRATA

NIT. 56192210015



**PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT
TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA
PROGRAM SARJANA TERAPAN
POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG
JUNI 2026**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN *EARLY WARNING SYSTEM* BERBASIS IoT GUNA MONITORING KINERJA *AIR HANDLING UNIT* DI BANDARA INTERNASIONAL JUANDA SURABAYA

Oleh :

MOCH. DAFFA FIRATA

NIT. 56192210015

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA

PROGRAM SARJANA TERAPAN

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh sistem monitoring *Air Handling Unit* (AHU) di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya yang masih dilakukan secara manual dan berkala sehingga penurunan performa akibat *fouling* pada *filter* dan *fin coil* sering terlambat diketahui. Kondisi tersebut berpotensi mengganggu operasional, menurunkan kualitas udara, dan mengurangi kenyamanan termal terminal penumpang. Penelitian ini bertujuan merancang sistem peringatan dini berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk monitoring kinerja AHU secara *real-time*. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) model *Borg and Gall* melalui tahapan identifikasi masalah, pengumpulan data, desain produk, validasi, revisi, dan uji coba terbatas. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, dokumentasi, dan studi literatur. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor anemometer, sensor debu GP2Y1010AU0F, *Firebase*, protokol MQTT, serta aplikasi monitoring berbasis MIT App Inventor yang terintegrasi dengan notifikasi Telegram. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu memantau nilai *air velocity* dan konsentrasi partikulat secara *real-time* serta mengirimkan data secara kontinu melalui jaringan internet. Validasi ahli pengguna memperoleh nilai 91% dan validasi ahli materi sebesar 94% dengan kategori “Sangat Layak”. Hasil uji coba menunjukkan seluruh komponen sistem bekerja sesuai fungsi, mulai dari pembacaan sensor hingga sistem notifikasi dini. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dinilai layak diterapkan untuk mendukung monitoring AHU secara *real-time* serta meningkatkan efektivitas pemeliharaan preventif pada sistem HVAC di lingkungan bandar udara.

Kata kunci : *Air Handling Unit, Early Warning System, HVAC, Internet of Things, Monitoring.*

ABSTRACT

DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN IoT-BASED EARLY WARNING SYSTEM FOR MONITORING AIR HANDLING UNIT PERFORMANCE AT JUANDA INTERNATIONAL AIRPORT, SURABAYA

By :

MOCH. DAFFA FIRATA

NIT. 56192210015

***AIRPORT ENGINEERING TECHNOLOGY STUDIES PROGRAM
APPLIED BACHELOR'S PROGRAM***

This research was motivated by the monitoring system of the Air Handling Unit (AHU) at Juanda International Airport Surabaya, which is still conducted manually and periodically, causing performance degradation due to fouling accumulation on filters and fin coils to be identified too late. This condition may disrupt operational activities, reduce air quality, and decrease thermal comfort in passenger terminal areas. The purpose of this study was to design an Internet of Things (IoT)-based early warning system for real-time monitoring of AHU performance. The research employed the Research and Development (R&D) method using the Borg and Gall model, consisting of problem identification, data collection, product design, validation, revision, and limited product testing stages. Data were collected through observation, interviews, documentation, and literature study. The system was developed using an ESP32 microcontroller, an anemometer sensor, a GP2Y1010AU0F dust sensor, Firebase database, MQTT communication protocol, and a monitoring application developed with MIT App Inventor integrated with Telegram notifications. The results showed that the system was capable of monitoring air velocity and particulate concentration in real-time while transmitting data continuously through the internet network. User expert validation achieved a score of 91%, while material expert validation reached 94%, both categorized as "Very Feasible." The testing results indicated that all system components operated properly, ranging from sensor data acquisition to the early warning notification system. Therefore, the developed system is considered feasible for supporting real-time AHU monitoring and improving the effectiveness of preventive maintenance in airport HVAC systems.

Keywords : *Air Handling Unit, Early Warning System, HVAC, Internet of Things, Monitoring.*

PENGESAHAN PEMBIMBING

Tugas Akhir : “RANCANG BANGUN *EARLY WARNING SYSTEM* BERBASIS IoT GUNA MONITORING KINERJA *AIR HANDLING UNIT* DI BANDARA INTERNASIONAL JUANDA SURABAYA” telah diperiksa dan disetujui untuk diuji sebagai salah satu syarat lulus pendidikan Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Angkatan ke-3, Politeknik Penerbangan Palembang - Palembang.



Nama : MOCH. DAFFA FIRATA

NIT : 56192210015

PEMBIMBING I

Ir. Asep Muhamad Soleh, S.Si.T, S.T, M.Pd.

Pembina (IV/a)

NIP. 19750621 199803 1 002

PEMBIMBING II

Herlina Febiyanti, S.T., M.M.

Penata Tk.I (III/d)

NIP. 19830207 200712 2 002

KETUA PROGRAM STUDI

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

Pembina (IV/a)

NIP. 19810306 200212 1 001

PENGESAHAN PENGUJI

Tugas Akhir : “RANCANG BANGUN *EARLY WARNING SYSTEM* BERBASIS IoT GUNA MONITORING KINERJA *AIR HANDLING UNIT* DI BANDARA INTERNASIONAL JUANDA SURABAYA” 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 Terapan pada tanggal Juni 2026.

KETUA



Dr. Anton Abdullah, S.T., M.M.
Pembina (IV/a)
NIP. 19781025 200003 1 001

SEKRETARIS



Ir. Asep Muhamad Soleh, S.Si.T, S.T, M.Pd.
Pembina (IV/a)
NIP. 19750621 199803 1 002

ANGGOTA



Dr. Bambang Setiawan, S.Kom., M.T.
Pembina Tk.1 (IV/b)
NIP. 19800305 200502 1 001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : MOCH. DAFFA FIRATA

NIT : 56192210015

Program Studi : Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan

Menyatakan bahwa TA berjudul “RANCANG BANGUN *EARLY WARNING SYSTEM* BERBASIS IoT GUNA MONITORING KINERJA *AIR HANDLING UNIT* DI BANDARA INTERNASIONAL JUANDA SURABAYA” 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.

Palembang, 30 Juni 2026

Yang Membuat Pernyataan



MOCH. DAFFA FIRATA

PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

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

Sitasi hasil penelitian Tugas akhir ini dapat ditulis dalam bahasa Indonesia sebagai berikut :

Firata, M.D. (2026): RANCANG BANGUN *EARLY WARNING SYSTEM* BERBASIS IoT GUNA MONITORING KINERJA *AIR HANDLING UNIT* DI BANDARA INTERNASIONAL JUANDA SURABAYA, Tugas Akhir Program Sarjana Terapan, Politeknik Penerbangan Palembang.

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

Dipersembahkan Kepada

Ibunda Titin Eka Sugiatini, S.K.M., M.Kes., malaikat tanpa sayap yang tak pernah lelah mengiringi setiap langkah dengan doa dan kasih yang tulus. Terima kasih karena telah menjadi alasan penulis untuk tetap kuat ketika lelah dan tetap bangkit ketika ingin menyerah. Serta Ayahanda Ir. Jiwa Shofari, M.Tr.P., terima kasih atas setiap pelajaran hidup yang telah diajarkan, membentuk penulis menjadi pribadi yang lebih kuat dalam menghadapi tantangan dan kerasnya kehidupan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan perlindungan-Nya, sehingga penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini diberi kemudahan serta dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini tepat waktu yang telah ditentukan. Tugas Akhir **RANCANG BANGUN *EARLY WARNING SYSTEM* BERBASIS IoT GUNA MONITORING KINERJA AIR HANDLING UNIT DI BANDARA INTERNASIONAL JUANDA SURABAYA**, disusun guna memenuhi salah satu syarat lulus pada Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Angkatan 3 Politeknik Penerbangan Palembang.

Pada penyusunan Tugas Akhir ini penulis mendapat begitu banyak hambatan serta rintangan yang penulis hadapi namun melalui adanya bimbingan, perhatian, dan bantuan dari berbagai pihak secara moral maupun spiritual. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan limpah anugerah dan lindungan kepada hamba-Nya, Terimakasih sudah mengabulkan doa hambamu satu persatu hingga sampai di titik ini;
2. Kedua Orang Tua, Kakak Kirana Fadhilah, dan Adik Adena Fakhirah yang telah memberikan doa, restu, dan bantuan serta dukungan penuh kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini;
3. Malaikat tak bersayapku, Ibunda Titin Eka Sugiatini, S.K.M., M.Kes. yang selalu menemani penulis dalam setiap tahapan penulis berjuang hingga di titik ini sekarang, yang selalu ada disamping penulis ketika penulis melewati rintangan untuk masa depan, serta doa yang hebat yang selalu melindungi penulis agar kuat melawan kerasnya dunia.
4. Bapak Sunoto, Cak Hasan, Kak Bambang, tanpa mereka mungkin tugas akhir ini tidak akan semulus dan selancar ini, terimakasih atas ide, bantuan serta doanya, semoga kalian selalu diberikan tuhan kesehatan dan ditemukan orang-orang baik.
5. Seluruh orang-orang baik yang saya temukan di Jawa Timur terkhusus Bandar Udara Internasional Juanda, terimakasih sudah mengajarkan apa

itu arti keikhlasan dan apa itu arti dewasa yang sebenarnya, sampai jumpa kembali di tanah Jawa Timur dan pelukan Juanda.

6. Keluarga besar teknik umum dan perguruan MACAN KUMBANG Poltekbang Palembang yang diketuai oleh Bapak Ahmad Siradjuddin, S.H. dan Wakil Ketua Reghuver Refan Mubarak, S.Tr.T. yang sudah mewarnai kehidupan penulis selama di asrama.
7. Bapak Dr. Capt. Ahmad Hariri, M.Si., selaku Direktur Politeknik Penerbangan Palembang;
8. Bapak Muhammad Tohir *General Manager* PT Angkasa Pura Indonesia Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya;
9. Bapak Ir. M. Indra Martadinata, S.ST., M.Si., selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan;
10. Bapak Ir. Asep Muhamad Soleh, S.Si.T, S.T, M.Pd., selaku dosen Pembimbing 1 Tugas Akhir;
11. Ibu Herlina Febiyanti, S.T., M.M., selaku dosen Pembimbing 2 Tugas Akhir;
12. Bapak Arif Rahman selaku *Airport Equipment Departement Head* PT. Angkasa Pura Indonesia Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya;
13. Bapak Regi Armigia dan Bapak Julham Prihatianto selaku *Airport Airside* dan *Airport Landside Facilities Departement Head* PT. Angkasa Pura Indonesia Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya;
14. Keluarga Besar *Pool A2B* PT. Angkasa Pura I Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya Pimpinan Mas Sidiq “Tewel” Wibawa Putra;
15. Seluruh rekan-rekan Taruna/i TRBU 03 dan keluarga besar TRBU Politeknik Penerbangan Palembang.
16. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu memberikan dukungan kepada penulis.
17. Terima kasih kepada para musisi yang karya-karyanya menemani penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini, khususnya The Beatles, Bob Dylan, John Denver, Celine Dion, Bon Jovi, Bee Gees, Elvis Presley serta para

legenda musik Barat era 1960–1990. Melalui lirik yang bermakna dan melodi yang tak lekang oleh waktu, karya-karya mereka telah menjadi sumber inspirasi, penyemangat, dan teman setia hingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

18. Terakhir untuk 3 Band terapi kepala di malam dan subuhku, Hindia, Feast, dan Lomba Sihir, terkhusus deh untuk mas Daniel Basakara Putra Mahendra yang jadi nyawa di setiap lirik digemakan dan dilantunkan, Psikolog andalan, makasih banyak ya bas udah nemenin di setiap malem dan subuh penulis mengerjakan Tugas Akhir ini. Sehat selalu ya bas untuk buat banyak orang menjadi tenang dan ada harapan dalam hidupnya, semoga lagu lo selalu memberikan harapan untuk orang yang kehilangan arah.

”Hidup bukan saling mendahului, bermimpilah sendiri-sendiri.”

(Baskara Putra – Besok Mungkin Kita Sampai)

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis sangat menerima kritik dan saran yang positif dengan tujuan untuk membangun sehingga penulis dapat melengkapi dan menyempurnakan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Palembang, 30 Juni 2026



MOCH. DAFFA FIRATA

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
PENGESAHAN PEMBIMBING.....	vi
PENGESAHAN PENGUJI	vii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	viii
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	5
C. Rumusan Masalah.....	6
D. Batasan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian	7
F. Manfaat Penelitian	7
G. Sitematika Penulisan.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Teori Penunjang.....	7
1. Pemeliharaan Preventif pada Bandara.....	7
2. Pengukuran <i>Air Velocity</i> pada <i>Air Handling Unit</i>	8

3. Temperature Suhu Ruangan	9
4. <i>Filter Air Handling Unit</i>	10
5. <i>Internet of Things (IoT)</i>	11
6. Kerusakan pada <i>Air Handling Unit</i>	12
7. Partikulat Debu pada <i>Air Handling Unit</i>	13
8. Kecepatan Putar pada Fan Blower	14
9. Rancang Bangun.....	15
B. Rencana <i>Layout</i> Pemasangan di Lokasi Sebenarnya	24
C. Kajian Penelitian Relevan Terdahulu	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	31
A. Metode Penelitian	31
B. Prosedur Penelitian	32
1. Potensi dan Masalah	33
2. Pengumpulan Data.....	34
3. Desain Produk	37
4. Validasi Desain.....	38
5. Revisi Desain.....	42
6. Uji Coba Produk	42
C. Tempat dan Waktu Pelaksanaan	43
1. Lokasi Penelitian	43
2. Waktu Penelitian	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45
A. Hasil Penelitian	45
1. Potensi Masalah.....	45
2. Pengumpulan Data.....	49
3. Desain Produk	59

4. Validasi Desain.....	72
5. Revisi Desain.....	77
6. Uji Coba Produk Terbatas	85
B. Pembahasan	97
C. Teori Pembandingan.....	103
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	111
A. Simpulan	111
B. Saran	111
DAFTAR PUSTAKA	113
LAMPIRAN.....	123

DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1 Kerusakan pada AHU BL 01	2
Gambar I. 2 Kerusakan Blower AHU D 07	3
Gambar II. 1 Pengukuran Air Velocity pada AHU	8
Gambar II. 2 Temperature suhu ruangan	10
Gambar II. 3 Pengukuran Nilai RPM Menggunakan Tachometer.....	15
Gambar II. 4 Arduino ESP 32	16
Gambar II. 5 Sensor Anemometer	17
Gambar II. 6 Firebase.....	19
Gambar II. 7 MQTT	20
Gambar II. 8 Sensor debu GP2Y1010AU0F.....	21
Gambar II. 9 Liquid Crystal Display.....	22
Gambar II. 10 Mit App Inventor	23
Gambar II. 11 Layout Rencana Lokasi Pemasangan	24
Gambar III. 1 Alur Diagram Penelitian R&D.....	32
Gambar III. 2 Alur Penelitian Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini berbasis Internet of Things (IoT) Untuk Monitoring Jarak Jauh Tingkat Kekotoran dan Kinerja Air Handling Unit Melalui Aplikasi	33
Gambar IV. 1 Komunikasi WhatsApp Bersama Teknisi HVAC.....	46
Gambar IV. 2 Riwayat kerusakan dan perbaikan AHU BL 01	48
Gambar IV. 3 Observasi Lapangan Kerusakan AHU	50
Gambar IV. 4 Pengukuran Kecepatan Putar Blower	51
Gambar IV. 5 Pengukuran Temperature Suhu Ruangan.....	52
Gambar IV. 6 Data Spesifikasi Desain Flowrate	53
Gambar IV. 7 Flowchart Kondisi Eksisting Terintegrasi EWS	61
Gambar IV. 8 Flowchart Alat dengan Output LCD	62
Gambar IV. 9 Blok Diagram Sistem Monitoring AHU berbasis protokol MQTT	63
Gambar IV. 10 Flowchart ESP 32 Output Aplikasi.....	64
Gambar IV. 11 Desain 3D SketchUp.....	65
Gambar IV. 12 Proses Perakitan Rancang Bangun Alat.....	67

Gambar IV. 13 Wiring Diagram Rancang Bangun Alat	69
Gambar IV. 14 Code Program Aplikasi Arduino IDE	70
Gambar IV. 15 Uji Kelayakan Alat Secara Fungsi	71
Gambar IV. 16 Desain 3D setelah revisi desain	78
Gambar IV. 17 Hasil Fisik Rancang Bangun.....	79
Gambar IV. 18 Tampilan Utama pada Aplikasi.....	81
Gambar IV. 19 Tampilan Firebase.....	82
Gambar IV. 20 Blok Pemrograman Aplikasi Monitoring Berbasis MIT app Inventor	83
Gambar IV. 21 Tampilan Sistem Notifikasi Berbasis Telegram	84
Gambar IV. 22 Konfigurasi Telegram Bot pada Arduino IDE	84
Gambar IV. 23 Proses Uji Coba Produk	86

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Spesifikasi Sensor Anemometer.....	18
Tabel II. 2 Penelitian Terdahulu yang Relevan.....	26
Tabel III. 1 Narasumber Wawancara	36
Tabel III. 2 Tabel Instrumen Validasi Desain	39
Tabel III. 3 Tabel Kriteria Jawaban dengan Skala Likert	40
Tabel III. 4 Tabel Kriteria Presentase Tanggapan Responden.....	42
Tabel III. 5 Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	44
Tabel IV. 1 Tabel Hasil Wawancara	55
Tabel IV. 2 Komponen Utama Rancang Bangun.....	59
Tabel IV. 3 Komponen Pendukung Rancang Bangun	60
Tabel IV. 4 Tabel Penilaian Validator Ahli Pengguna	72
Tabel IV. 5 Tabel Hasil Validasi Ahli Pengguna.....	74
Tabel IV. 6 Komentar dan Saran Umum oleh Validator Ahli Pengguna.....	74
Tabel IV. 7 Tabel Penilaian Validator Ahli Materi.....	74
Tabel IV. 8 Tabel Hasil Validasi Ahli Materi.....	76
Tabel IV. 9 Komentar dan Saran Umum oleh Validator Ahli Materi.....	76
Tabel IV. 10 Tabel Revisi Alat	77
Tabel IV. 11 Hasil Pengukuran Rangkaian Power Supply	87
Tabel IV. 12 Hasil Pengukuran Rangkaian Sensor.....	88
Tabel IV. 13 Hasil Pengukuran Rangkaian Sensor.....	88
Tabel IV. 14 Hasil Pengukuran Aktuator Sistem.....	89
Tabel IV. 15 Hasil Pengukuran Rangkaian Output dan Indikator	90
Tabel IV. 16 Data Hasil Pengujian	91
Tabel IV. 17 Hasil Pengujian sistem.....	96
Tabel IV. 18 Tabel Perbandingan Komponen.....	108

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Pengukuran Air Velocity Manual Menggunakan Flow meter.....	123
Lampiran B Dokumentasi Pemantauan Fouling Menggunakan Insting	124
Lampiran C Kondisi Eksisting Pemasangan Utama	125
Lampiran D Daftar Rekap Kecepatan Angin yang dilakukan Peneliti pada Bulan November – Desember 2025.....	126
Lampiran E Layout Penyebaran Udara Oleh AHU.....	127
Lampiran F Jadwal Teknisi HVAC.....	127
Lampiran G Jumlah AHU Terminal 1 Tahun 2025	128
Lampiran H Data Jumlah Seluruh AC Terminal 1 Tahun 2023	129
Lampiran I Nilai Kecepatan Putar Blower Mendekati Nilai Template Desain ..	130
Lampiran J Lembar Validasi Wawancara	130
Lampiran K Wawancara Bersama Narasumber	136
Lampiran L Lembar Validasi Observasi	138
Lampiran M Rencana Anggaran Biaya Pemasangan Alat pada Kondisi Real di Air Handling Unit.....	141
Lampiran N Rencana Anggaran Biaya Pembuatan Rancang Bangun EWS.....	144
Lampiran O Observasi Lapangan Bersama Teknisi.....	145
Lampiran P Validasi Desain dengan Ahli Pengguna dan Ahli Materi.....	146
Lampiran Q Lembar Validasi Dengan Ahli Pengguna	147
Lampiran R Lembar Validasi Dengan Ahli Materi.....	150
Lampiran S Bimbingan dengan Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II	153
Lampiran T Lembar Bimbingan Dosen Pembimbing I dan II	154
Lampiran U Lembar Hasil Pengecekan Plagiarisme	156
Lampiran V Proses Pembuatan Alat	157
Lampiran W Dokumentasi Pengambilan Sampel Data Nilai Kecepatan Angin di 22 November 2025 pada Air Handling Unit BL 01	158
Lampiran X Pengukuran Temperature Pada Area Gate.....	159

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
AHU	<i>Air Handling Unit</i>	1
Bandara	Bandar Udara	1
HVAC	<i>Heating, Ventilation, Air Conditioning</i>	2
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers</i>	5
IoT	<i>Internet of Things</i>	4
OJT	<i>On the Job Training</i>	44
RPM	<i>Revolutions Per Minute</i>	14
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>	20
R&D	<i>Research and Development</i>	32
LAMBANG		
A	Luas Penampang	99
V	<i>Air Velocity</i>	99
Q	<i>Flowrate</i>	99

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya merupakan salah satu bandar udara dengan tingkat operasional dan kompleksitas fasilitas yang tinggi di Indonesia (Ulum & Astuti, 2023). Keandalan sistem pendukung operasional, khususnya sistem *Heating, Ventilation, and Air Conditioning* (HVAC), menjadi aspek krusial dalam menjaga kenyamanan termal serta kualitas udara di area pelayanan penumpang. *Air Handling Unit* (AHU) merupakan perangkat utama dalam sistem HVAC yang berfungsi untuk mengatur, mengkondisikan, dan mendistribusikan udara dalam bangunan guna menjaga kualitas udara dalam ruang dan kenyamanan termal. AHU umumnya terdiri atas *filter*, *cooling/heating coil*, dan *fan blower* yang bekerja mengontrol temperatur, kelembapan, serta laju aliran udara (Syarifuddin dkk., 2025).

Terminal 1 Bandar Udara Juanda Surabaya sebagian besar zona pelayanan disuplai oleh AHU yang beroperasi secara kontinu untuk memastikan distribusi udara tetap stabil sesuai standar kenyamanan. Praktik operasionalnya, pengawasan kondisi AHU masih dilakukan secara periodik dan bersifat manual, sebagaimana tercantum dalam lampiran 1 dan 2. Keterbatasan jumlah teknisi dibandingkan dengan jumlah unit yang beroperasi menyebabkan pemantauan tidak dapat dilakukan secara intensif setiap hari. Terdapat sekitar 50 unit AHU, 270 unit *Fan Coil Unit* (FCU), dan 432 unit *Air Conditioning* (AC) *split* yang tersebar pada area seluas $\pm 103.522 \text{ m}^2$ dengan jarak antar unit yang berjauhan, termasuk dari ruang mekanikal BAS. Kondisi ini, ditambah keterbatasan lima teknisi per shift, semakin menyulitkan pelaksanaan pemantauan secara efektif dan menyeluruh, sebagaimana tercantum dalam lampiran H dan F.

Pemeriksaan parameter seperti kecepatan rata-rata aliran udara (*average air velocity*), laju aliran udara (*flow rate*), serta kondisi kebersihan filter dan *fin*

coil pada AHU di Bandar Udara Internasional Juanda dilakukan pada saat jadwal servis bulanan. Namun, evaluasi tingkat kekotoran masih didominasi oleh inspeksi visual tanpa dukungan sistem pengukuran real-time yang terintegrasi dan terstandar, sebagaimana tercantum pada Lampiran B. Untuk memperoleh gambaran kondisi operasional di lapangan, dilakukan observasi langsung serta wawancara dengan teknisi pengelola sistem. Hasilnya menunjukkan adanya gangguan operasional pada AHU yang berkaitan dengan kondisi filter dan *fin coil*, sehingga menegaskan bahwa kebersihan dan pemeliharaan komponen berpengaruh signifikan terhadap kinerja sistem.

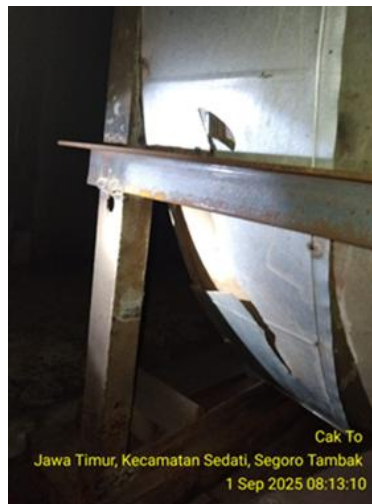
Hal tersebut sejalan dengan penelitian (Zabal & Utama, 2024) yang menyatakan bahwa kinerja AHU sangat dipengaruhi oleh kondisi kebersihan *filter* dan *coil*, karena akumulasi debu (*fouling*) dapat meningkatkan hambatan aliran udara, menurunkan efisiensi perpindahan panas dan kinerja AHU. Hambatan aliran udara akibat akumulasi fouling menyebabkan distribusi udara tidak optimal dan meningkatkan beban kerja *fan blower*. Kondisi ini berpotensi menimbulkan gangguan mekanis pada komponen struktural, sebagaimana tercatat pada riwayat kerusakan beberapa unit AHU di Terminal. Sebagai bukti empiris di lapangan, berikut ditampilkan kondisi kerusakan pada salah satu unit AHU pada tanggal 1 September 2025.



Gambar I. 1 Kerusakan pada AHU BL 01

(Sumber : Dokumentasi Peneliti, 2026)

Gambar tersebut menunjukkan kerusakan pada AHU BL 01 akibat kompresi internal yang dipicu oleh hambatan aliran udara karena penumpukan *fouling*. Kondisi ini menyebabkan *impeller blower* tidak mampu menghisap udara return secara optimal, sehingga cenderung menghisap udara di dalam unit AHU. Akibatnya, terjadi ketidakseimbangan tekanan internal yang menimbulkan beban mekanis berlebih hingga menyebabkan *cover* AHU mengalami kerusakan atau patah. Kondisi aktual dilapangan terlihat di sekeliling cover AHU terdapat plat besi penyangga *cover* atau sangkar agar kerusakan sebelumnya tidak terulang lagi. Kejadian kerusakan ini baru diketahui pihak teknisi seminggu setelah kerusakan terjadi karena tidak adanya pemantauan rutin. Kerusakan lainnya juga terjadi pada AHU D 07, berikut bukti empirisnya.



Gambar I. 2 Kerusakan Blower AHU D 07

(Sumber : Dokumentasi Peneliti, 2026)

Kerusakan AHU D-07 pada 1 September 2025 terjadi pada komponen blower akibat penumpukan *fouling* pada *blower fan*. Akumulasi kotoran tersebut meningkatkan beban mekanis saat operasi, sehingga memicu ketidakseimbangan dan tekanan berlebih yang menyebabkan *housing blower* mengalami kerusakan (pecah). Dampak kerusakan dan penurunan kinerja AHU akibat partikulat *fouling* ditunjukkan oleh meningkatnya temperatur udara pada sistem pendingin. Hasil pengukuran temperatur pada area pelayanan atau

daerah kritis, seperti *gate*, *counter check-in*, dan area pemeriksaan, menunjukkan nilai berkisar antara 29–30°C, sebagaimana tercantum dalam lampiran X. Nilai tersebut telah melampaui rentang kenyamanan termal yang ditetapkan, yaitu 23–26°C sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 48 Tahun 2016. Mengingat area tersebut memperoleh suplai udara langsung dari AHU, kondisi ini mengindikasikan bahwa penurunan kinerja sistem pendingin terutama disebabkan oleh akumulasi *fouling* pada komponen AHU yang menghambat proses perpindahan panas dan aliran udara secara optimal. Hal tersebut diperkuat dengan adanya nilai kecepatan putar blower pada AHU terminal 1 yang mendekati dengan nilai desain pada *template*, sebagaimana tercantum pada lampiran I. Hal tersebut menyatakan untuk kinerja blower masih bekerja dengan maksimal.

Selain itu, evaluasi awal terhadap performa sistem menunjukkan adanya indikasi penurunan aliran udara dibandingkan dengan kondisi desain. Kondisi tersebut mengarah pada kemungkinan terjadinya penurunan kinerja sistem yang berkaitan dengan peningkatan tingkat kekotoran pada komponen AHU. Kondisi kinerja dan performa AHU di Bandar Udara Internasional Juanda banyak dibawah standar dari *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers* (ASHRAE). ASHRAE dalam bukunya menyebutkan, jika nilai *flow rate* kurang dari atau mengalami penurunan lebih dari 10 % dari *template* desain, maka perlu disesuaikan dan dikoreksi. Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa sistem pemeliharaan konvensional belum mampu mendeteksi penurunan performa secara dini sebelum terjadi gangguan operasional maupun kerusakan mekanis. Dalam perspektif manajemen risiko, keterlambatan deteksi gangguan berpotensi meningkatkan risiko kerusakan yang dapat menurunkan kualitas layanan dan efektivitas operasional. Oleh karena itu, diperlukan sistem pemantauan yang mampu mendukung identifikasi risiko secara cepat dan berkelanjutan sehingga tindakan mitigasi dapat dilakukan lebih dini. Pendekatan tersebut sejalan dengan penelitian (Febiyanti dkk., 2023) yang menyatakan bahwa pengelolaan risiko dilakukan melalui kegiatan identifikasi, penilaian, dan mitigasi risiko

sebagai upaya pencegahan terhadap berbagai potensi gangguan yang dapat memengaruhi kinerja layanan.

Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan berbasis teknologi yang mampu melakukan pemantauan parameter kebersihan dan kinerja AHU secara berkelanjutan dan real-time. Integrasi teknologi seperti *Internet of Things* (IoT) terbukti memainkan peran penting dalam meningkatkan efisiensi operasional, keandalan dan produktivitas di berbagai sektor industri, terutama sektor HVAC (Herdiana dkk., 2024). Berdasarkan kebutuhan tersebut, peneliti melakukan kajian tentang *early warning system* (sistem peringatan dini) berbasis *Internet of Things* (IoT) guna monitoring kinerja *Air Handling Unit* secara jarak jauh dengan terintegrasi melalui aplikasi berbasis Firebase sebagai media penyimpanan, serta memanfaatkan Telegram sebagai sarana penyampaian notifikasi dan sinkronisasi data secara *real-time*, dengan judul rancang bangun *early warning system* berbasis *Internet of Things* (IoT) guna monitoring kinerja *air handling unit* di bandar udara internasional Juanda Surabaya. Sistem yang dirancang diharapkan mampu menyediakan informasi operasional secara kontinu, mendukung pengambilan keputusan pemeliharaan preventif, serta meningkatkan efektivitas pengelolaan sistem HVAC guna menjaga kualitas udara dan kenyamanan termal secara berkelanjutan.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan utama yang berkaitan dengan kinerja dan sistem pemantauan *Air Handling Unit* (AHU) di Terminal 1 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya sebagai berikut:

1. Sistem pemantauan kondisi AHU masih dilakukan secara manual dan berkala, sehingga belum mampu menyediakan informasi operasional secara *real-time* untuk mendukung deteksi dini penurunan kinerja.
2. Keterbatasan jumlah teknisi dibandingkan dengan banyaknya unit serta luas area operasional menyebabkan kegiatan pengawasan tidak dapat dilakukan secara optimal dan menyeluruh.

3. Proses evaluasi tingkat kekotoran pada *filter* dan *fin coil* masih bersifat subjektif karena bergantung pada inspeksi visual tanpa dukungan pengukuran partikulat yang terstandar.
4. Parameter utama kinerja AHU, seperti *air velocity* dan *flow rate*, belum dipantau secara kontinu, sehingga penurunan performa sering tidak teridentifikasi sejak awal.
5. Terjadi penurunan performa sistem yang ditunjukkan oleh berkurangnya laju aliran udara, meningkatnya temperatur ruangan melebihi standar kenyamanan, serta ketidaksesuaian dengan standar operasional yang berlaku.
6. Akumulasi *fouling* pada komponen AHU meningkatkan hambatan aliran udara dan beban kerja sistem, yang dalam jangka panjang berpotensi menyebabkan kerusakan mekanis pada unit.
7. Sistem pemeliharaan yang masih bersifat konvensional belum mampu memberikan peringatan dini terhadap potensi gangguan, sehingga tindakan perbaikan cenderung bersifat reaktif.

C. Rumusan Masalah

Bagaimana merancang dan mengembangkan sistem peringatan dini berbasis *Internet of Things (IoT)* yang mampu memantau kinerja *Air Handling Unit* (AHU) di Bandar Udara Internasional Juanda secara *real-time* guna mendeteksi penurunan performa akibat hambatan aliran udara?

D. Batasan Masalah

1. Penurunan kinerja AHU dalam penelitian ini difokuskan pada dampak hambatan aliran udara akibat akumulasi *fouling* (kotoran) pada filter dan fin coil, sehingga tidak mempertimbangkan faktor lain di luar aspek tersebut.
2. Evaluasi kinerja AHU dibatasi pada parameter yang berkaitan langsung dengan dampak kekotoran, yaitu kecepatan aliran udara (*air velocity*), laju aliran udara (*flow rate*), suhu ruangan, dan kecepatan putar fan blower (RPM).
3. Penelitian ini tidak mencakup analisis sistem chiller, sistem perpipaan dan media pendingin coil, perhitungan beban pendinginan secara detail, maupun kajian konsumsi energi listrik.

E. Tujuan Penelitian

Merancang dan mengembangkan sistem peringatan dini berbasis *Internet of Things (IoT)* yang mampu memantau kinerja *Air Handling Unit* (AHU) secara *real-time* guna mendeteksi penurunan performa akibat hambatan aliran udara.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat terhadap beberapa aspek. Adapun manfaat penelitian ini berdasarkan pada tujuan penelitian diatas sebagai berikut :

1. Bagi teknisi *Heating, Ventilation, and Air Conditioning* (HVAC), membantu proses pemantauan kondisi *Air Handling Unit* (AHU) secara *real-time*, mempermudah pengambilan keputusan pemeliharaan *preventif*, serta mengurangi ketergantungan pada inspeksi visual yang subjektif dan konvensional.
2. Bagi operator penyelenggara bandara, mendukung peningkatan keandalan sistem HVAC, menjaga kualitas udara dan kenyamanan termal sesuai regulasi, serta meminimalkan risiko kerusakan mekanis yang berdampak pada gangguan operasional dan biaya perbaikan.
3. Bagi penumpang, mendukung terciptanya kualitas udara dan kenyamanan termal di area terminal sehingga aktivitas menunggu keberangkatan dapat berlangsung lebih nyaman.
4. Bagi peneliti dan akademisi, menambah referensi mengenai implementasi sistem *monitoring* berbasis IoT pada sistem HVAC, khususnya dalam pengendalian tingkat kekotoran dan evaluasi kinerja AHU di fasilitas transportasi udara.

G. Sistematika Penulisan

Susunan penulisan ini dirancang untuk memudahkan pembahasan tentang isu-isu saat ini, yang meliputi poin-poin berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang masalah, identifikasi masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Mencakup tentang teori-teori yang digunakan penelitian oleh penulis, teori penunjang, dan kajian penelitian terdahulu yang relevan sebagai perbandingan produk yang dihasilkan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Memaparkan mengenai metode penelitian yang digunakan, perancangan, dan langkah-langkah pembuatan produk.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan implementasi hasil metodologi penelitian yang menjabarkan dalam bentuk pembahasan dan pengoperasian produk.

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

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