

**RANCANG BANGUN OTOMATISASI SISTEM *BLOWDOWN*
COOLING TOWER DI TERMINAL 1B BANDAR UDARA
INTERNASIONAL JUANDA SURABAYA**

TUGAS AKHIR



Oleh :

AMIRA ERINDA KHOIRUNNISA LESMANA

NIT. 56192210001

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

2026

**RANCANG BANGUN OTOMATISASI *SISTEM BLOWDOWN*
COOLING TOWER DI TERMINAL 1B BANDAR UDARA
INTERNASIONAL JUANDA SURABAYA**

TUGAS AKHIR

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



Oleh :

AMIRA ERINDA KHOIRUNNISA LESMANA

NIT. 56192110001

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

2026

ABSTRAK

RANCANG BANGUN OTOMATISASI SISTEM *BLOWDOWN* COOLING TOWER DI TERMINAL 1B BANDAR UDARA INTERNASIONAL JUANDA SURABAYA

Oleh :

AMIRA ERINDA KHOIRUNNISA LESMANA

NIT. 56192210001

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA PROGRAM SARJANA TERAPAN

Cooling tower merupakan bagian penting dari sistem *Heating, Ventilation, and Air Conditioning* (HVAC) yang berfungsi membuang panas dari air sirkulasi agar kinerja sistem pendingin tetap optimal. Berdasarkan hasil observasi di Terminal 1B Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya, *monitoring* kualitas air masih mengandalkan pengujian laboratorium secara berkala sehingga proses *blowdown* belum dapat dilakukan berdasarkan kondisi air secara langsung. Penelitian ini bertujuan merancang sistem otomatisasi *blowdown cooling tower* berbasis Arduino Uno yang terintegrasi dengan sensor *conductivity* (TDS), sensor *water level*, dan aplikasi B-COOL TOWER berbasis *Python* untuk *monitoring* secara *real-time*. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan model Borg dan Gall hingga tahap revisi produk. Kesenjangan penelitian terletak pada belum adanya pengembangan sistem yang menggabungkan *monitoring* kualitas air, pengendalian *blowdown* otomatis, dan aplikasi B-COOL TOWER pada *cooling tower* HVAC di lingkungan bandar udara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu memantau kualitas air dan level air, mengendalikan proses *blowdown* serta *make-up water* secara otomatis, dan menampilkan informasi kondisi sistem melalui aplikasi secara *real-time*. Hasil validasi dan pengujian menunjukkan bahwa rancang bangun memiliki tingkat kelayakan sangat baik sehingga berpotensi menjadi alternatif pendukung pengelolaan kualitas air *cooling tower* yang lebih efektif dan efisien.

Kata kunci : *Cooling tower, blowdown, Arduino Uno, sensor conductivity (TDS), sensor water level, monitoring real-time.*

ABSTRACT

DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED COOLING TOWER BLOWDOWN SYSTEM AT TERMINAL 1B OF JUANDA INTERNATIONAL AIRPORT SURABAYA

By :

AMIRA ERINDA KHOIRUNNISA LESMANA

NIT. 56192210001

AIRPORT ENGINEERING TECHNOLOGY STUDIES PROGRAM APPLIED BACHELOR'S PROGRAM

A cooling tower is an essential component of a Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC) system that removes heat from circulating water to maintain optimal cooling performance. Based on observations conducted at Terminal 1B of Juanda International Airport, water quality monitoring still relies on periodic laboratory testing, preventing the blowdown process from being performed according to actual water conditions. This study aims to develop an Arduino Uno-based automated blowdown system integrated with a conductivity (TDS) sensor, a water level sensor, and a Python-based B-COOL TOWER application for real-time monitoring. The research employed the Research and Development (R&D) method using the Borg and Gall model up to the product revision stage. The research gap lies in the absence of a system that integrates real-time water quality monitoring, automatic blowdown control, and the B-COOL TOWER application for HVAC cooling towers in airport environments. The results indicate that the proposed system is capable of monitoring water quality and water level, automatically controlling the blowdown and make-up water processes, and displaying system status through the application in real time. Validation and functional testing confirmed that the developed system achieved a very high level of feasibility, indicating its potential as an effective and efficient solution for supporting water quality management in cooling tower systems.

Keywords : *Cooling tower, blowdown, Arduino Uno, conductivity (TDS) sensor, water level sensor, real-time monitoring.*

PENGESAHAN PEMBIMBING

Tugas Akhir : “RANCANG BANGUN OTOMATISASI SISTEM *BLOWDOWN COOLING TOWER* DI TERMINAL 1B BANDAR UDARA 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 : AMIRA ERINDA KHOIRUNNISA LESMANA
NIT 56192010001

PEMBIMBING I

PEMBIMBING II

Ir. ASEP M. SOLEH, S.Si.T., S.T., M.Pd.
Pembina (IV/a)
NIP. 19750621 199803 1 002

YANI YUDHA WIRAWAN, S.Si.T., M.T.
Pembina Tk.I (IV/b)
NIP. 19720908 199803 1 002

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 OTOMATISASI SISTEM *BLOWDOWN COOLING TOWER* DI TERMINAL 1B BANDAR UDARA 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 30 Juni 2026.

KETUA



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

SEKRETARIS



Ir. ASEP M. 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 (IV/b)
NIP. 19800305 200502 1 001\

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : AMIRA ERINDA KHOIRUNNISA LESMANA

NIT 56192110001

Program Studi : Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan

Menyatakan bahwa TA berjudul “RANCANG BANGUN OTOMATISASI SISTEM *BLOWDOWN COOLING TOWER* DI TERMINAL 1B BANDAR UDARA 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



AMIRA ERINDA KHOIRUNNISA LESMANA

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 :

Lesmana, A.E.K (2026): *RANCANG BANGUN OTOMATISASI SISTEM BLOWDOWN COOLING TOWER DI TERMINAL 1B BANDAR UDARA 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
Papa saya Terkasih Alm. Eri Lesmana
Mama saya Tercinta Rodiawati
dan Adik saya
Queenara Kamilia Lesmana

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan rasa syukur yang sedalam-dalamnya ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala limpahan rahmat, kasih sayang, serta kesempatan yang senantiasa menyertai setiap langkah, penulis dapat menuntaskan penyusunan Tugas Akhir yang berjudul **“RANCANG BANGUN OTOMATISASI SISTEM BLOWDOWN COOLING TOWER DI TERMINAL 1B BANDAR UDARA INTERNASIONAL JUANDA SURABAYA”**. Karya ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan Program Sarjana Terapan pada Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara, Politeknik Penerbangan Palembang. Berbagai proses pembelajaran, tantangan, serta pengalaman yang diperoleh selama penelitian menjadi bagian yang memperkaya pemahaman penulis, baik dari sisi akademik maupun pengembangan diri. Perjalanan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak selalu berlangsung dengan mudah. Berkat dukungan, arahan, serta perhatian yang diberikan oleh banyak pihak, setiap tahapan penyusunan dapat dilalui dengan baik hingga akhirnya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan penghargaan yang tulus, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT. Sang Maha Pencipta yang telah menganugerahkan karunia-Nya.
2. Kedua orangtua atas segala cinta, kasih, dan sayang yang tiada henti serta saudara saya atas motivasi serta semangat yang diberikan.
3. Dengan penuh rasa syukur dan cinta, tugas akhir ini penulis persembahkan untuk Mama yang selalu menjadi sumber kekuatan dalam setiap langkah perjuangan. Terima kasih atas doa, kasih sayang, pengorbanan, dan dukungan yang tidak pernah berhenti diberikan. Setiap proses yang penulis lalui hingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini tidak lepas dari ketulusan dan semangat yang Mama tanamkan.
4. Bapak Dr. Capt. Ahmad Hariri, S.T., S.Si.T., M.Si. selaku Direktur Politeknik Penerbangan Palembang.

5. Bapak Ir. M. Indra Martadinata, S.S.T., M.Si. selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Bandar Udara Politeknik Penerbangan Palembang.
6. Bapak Ir. Asep Muhamad Soleh, S.Si.T., S.T., M.Pd., selaku Dosen Pembimbing I.
7. Bapak Yani Yudha Wirawan, S.Si.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II.
8. Seluruh Dosen dan Civitas Akademika Politeknik Penerbangan Palembang.
9. *Team of Technician Mechanical Airport Equipment Departement* Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya.
10. Bapak Reza, Bapak Sunoto, Bapak Widy, Cak Hasan, dan Mas Rega yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis.
11. Rekan seperjuangan TRBU 03 yang telah menemani proses pendidikan selama empat tahun terakhir atas kebersamaan, kekeluargaan, dan kekompakan yang akan dirindukan.
12. Adek asuh TRBU 04, TRBU 05, dan TRBU 06.
13. Personil Trio Kwek-Kwek, Divka Alya Febriyanti dan Bilan Hifzhi yang telah kebersamai dan memberikan semangat penulis selama 4 tahun ini.
14. Muhammad Akmal Firzatullah Oktariantio yang selalu menemani penulis baik suka maupun duka dalam menjalani proses pendidikan ini.
15. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membimbing dan membantu hingga tugas akhir ini selesai.
16. Terakhir, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada diri sendiri. Terima kasih karena telah memilih untuk terus bertahan ketika proses terasa begitu berat dan melelahkan, tetap melangkah meskipun sering kali dihampiri rasa ragu, dan tidak menyerah saat berbagai tantangan datang silih berganti. Perjalanan menyelesaikan tugas akhir ini bukanlah perjalanan yang mudah, banyak waktu yang dihabiskan untuk belajar dan memperbaiki diri. Terimakasih telah mempercayai bahwa setiap doa yang dipanjatkan, setiap usaha yang dilakukan, dan setiap air mata yang jatuh tidak pernah menjadi sesuatu yang sia-sia.

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

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Amira', with a long horizontal stroke underneath.

AMIRA ERINDA KHOIRUNNISA LESMANA

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.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	6
C. Batasan Masalah	6
D. Tujuan Penelitian	7
E. Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. Teori Penunjang.....	8
1. Sistem <i>Heating, Ventilation, and Air Conditioning</i> (HVAC).....	8
2. Pemeliharaan Preventif pada Bandara.....	8
3. <i>Cooling Tower</i>	9
4. <i>Blowdown</i>	12
5. <i>Make-Up Water</i>	13
6. <i>Electrical Conductivity</i>	14
7. <i>Internet of Things (IoT)</i>	15
<i>Water Solenoid Valve</i>	20
8. Pompa Sentrifugal	21
B. Kajian Penelitian Relevan Terdahulu	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	26
A. Metode Penelitian.....	26
B. Prosedur Penelitian.....	28
1. Analisis Studi Kebutuhan Awal.....	29
2. Pengumpulan Data	30

3. Desain Produk.....	34
4. Validasi Desain Produk.....	37
5. Uji Coba Produk.....	41
6. Revisi Desain.....	43
C. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	44
1. Lokasi Penelitian	44
2. Waktu Penelitian	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	46
A. Hasil Penelitian.....	46
1. Potensi Masalah.....	46
2. Pengumpulan Data.....	48
3. Desain Produk	55
4. Validasi Desain	64
5. Revisi Desain.....	70
6. Uji Coba Produk	77
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	94
DAFTAR PUSTAKA	95
LAMPIRAN.....	101

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Proses Blowdown Secara Manual oleh Teknisi	101
Lampiran B Penumpukan Kerak pada Cooling Tower	102
Lampiran C Pemasangan Cooling Tower di Lokasi Sebenarnya	103
Lampiran D Hasil Uji Laboratorium	104
Lampiran E Layout Cooling Tower di Terminal 1B Bandara Juanda Surabaya	106
Lampiran F Jadwal Teknisi HVAC Bandara Juanda Surabaya.....	107
Lampiran G Lembar Validasi Wawancara	108
Lampiran H Wawancara Bersama Narasumber	109
Lampiran I Lembar Validasi Observasi	110
Lampiran J Rencana Anggaran Biaya Pembuatan Rancang Bangun B-COOL TOWER.....	111
Lampiran K Observasi Lapangan dengan Teknisi	112
Lampiran L Validasi Desain dengan Ahli Materi dan Ahli Pengguna.....	113
Lampiran M Lembar Validasi dengan Ahli Materi.....	114
Lampiran N Lembar Validasi dengan Ahli Pengguna.....	115
Lampiran O Bimbingan Bersama Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II	116
Lampiran P Lembar Bimbingan dengan Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II.....	117
Lampiran Q Codingan Sistem Rancang Bangun.....	118
Lampiran R Tampilan Aplikasi B-COOL TOWER Ketika Beroperasi	123
Lampiran S Proses Pembuatan Alat	125

DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1 Kerak yang menempel di <i>Cooling Tower</i>	4
Gambar I. 2 Proses <i>Blowdown</i> yang dilakukan secara manual	5
Gambar II. 1 <i>Cooling Tower</i>	9
Gambar II. 2 <i>Cooling tower forced draft</i>	10
Gambar II. 3 <i>Cooling Tower</i> Aliran Melintang <i>Induced Draft</i>	11
Gambar II. 4 <i>Cooling Tower Induces Draft</i> Aliran Berlawanan (<i>Counterflow</i>)	12
Gambar II. 5 <i>Blowdown</i>	12
Gambar II. 6 <i>Make-Up Water</i>	13
Gambar II. 7 Mikrokontroler Arduino Uno.....	16
Gambar II. 8 Sensor <i>Conductivity</i> (TDS)	17
Gambar II. 9 Sensor <i>Water Level</i>	18
Gambar II. 10 <i>Relay</i>	18
Gambar II. 11 <i>Water Solenoid Valve</i>	20
Gambar II. 12 Pompa Sentrifugal.....	21
Gambar III. 1 Alur Diagram Penelitian R&D oleh Borg and Gall	27
Gambar III. 2 Alur Penelitian Rancang Bangun Otomatisasi <i>Blowdown Cooling Tower</i> di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya	29
Gambar III. 3 Diagram Desain Proses Rancang Bangun Sistem.....	36
Gambar IV. 1 Proses <i>Blowdown</i> Manual oleh Teknisi	47
Gambar IV. 2 Observasi Kondisi Operasional <i>Cooling Tower</i>	49
Gambar IV. 3 Proses <i>Blowdown</i> Manual <i>Cooling Tower</i>	50
Gambar IV. 4 Flowchart Cara Kerja Alat.....	57
Gambar IV. 5 Desain 3D SketchUp.....	59
Gambar IV. 6 Proses Perakitan Sistem Rangkaian Alat	59
Gambar IV. 7 Wiring Diagram Alat	60
Gambar IV. 8 Code Program Alat pada Aplikasi Arduino IDE	62
Gambar IV. 9 Pengujian Kelayakan Fungsi Alat.....	62
Gambar IV. 10 Penyempurnaan Desain 3D menggunakan SketchUp.....	72
Gambar IV. 11 Hasil Fisik Rancang Bangun <i>Cooling Tower</i>	73
Gambar IV. 12 Tampilan AUTO pada Aplikasi B-COOL TOWER	76
Gambar IV. 13 Tampilan MANUAL pada Aplikasi B-COOL TOWER.....	77
Gambar IV. 14 Proses Uji Coba Produk.....	78

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Penelitian terdahulu yang relevan	22
Tabel III. 1 Narasumber Wawancara.....	33
Tabel III. 2 Tabel Instrumen Validasi Desain	38
Tabel III. 3 Tabel Kriteria Jawaban dengan Skala Likert.....	40
Tabel III. 4 Tabel Kriteria Presentase Tanggapan Responden.....	41
Tabel III. 5 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	45
Tabel IV. 1 Tabel Hasil Wawancara.....	52
Tabel IV. 2 Komponen Utama Rancang Bangun	55
Tabel IV. 3 Komponen Pendukung Rancang Bangun.....	56
Tabel IV. 4 Tabel Hasil Validasi oleh Ahli Pengguna.....	65
Tabel IV. 5 Tabel Hasil Nilai Validasi Ahli Pengguna	67
Tabel IV. 6 Tabel Komentar dan Saran yang diberikan oleh Validator Ahli Pengguna ...	67
Tabel IV. 7 Tabel Hasil Validasi oleh Ahli Materi.....	68
Tabel IV. 8 Tabel Hasil Nilai Validasi Ahli Materi.....	70
Tabel IV. 9 Tabel Komentar dan Saran yang diberikan oleh Validator Ahli Materi	70
Tabel IV. 10 Tabel Revisi Desain	71
Tabel IV. 11 Pengujian Rangkaian Power Supply	79
Tabel IV. 12 Pengujian Rangkaian Mikrokontroler	80
Tabel IV. 13 Pengujian Rangkaian Sensor.....	80
Tabel IV. 14 Pengujian Rangkaian Kendali	81
Tabel IV. 15 Pengujian Output Sistem.....	81
Tabel IV. 16 Data Hasil Pengujian Sistem	82
Tabel IV. 17 Hasil Pengujian Kinerja Sistem.....	84
Tabel IV. 18 Tabel Perbandingan Komponen	92

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
<i>HVAC</i>	<i>Heating, Ventilation, and Air Conditioning</i>	iii
<i>TDS</i>	<i>Total Dissolved Solids</i>	iii
<i>R&D</i>	<i>Research and Development</i>	iii
<i>AC</i>	<i>Air Conditioning</i>	2
PM	Peraturan Menteri	2
SNI	Satuan Nasional Indonesia	4
<i>OJT</i>	<i>On the Job Training</i>	5
<i>AHU</i>	<i>Air Handling Unit</i>	8
<i>IoT</i>	<i>Internet of Things</i>	15
$\mu\text{S/cm}$	Microsiemens per centimeter	15
<i>BAS</i>	<i>Building Automation System</i>	33
<i>SCADA</i>	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>	92
<i>PLC</i>	<i>Programmable Logic Controller</i>	93
LAMBANG		
V	Volume	90
p	Panjang	90
l	lebar	90
t	Tinggi	90
Q	Debit	90
QTotal	Debit total <i>blowdown</i>	90
QCT	Debit <i>blowdown</i> tiap <i>cooling tower</i>	90
Qcell	Debit <i>blowdown</i> tiap <i>cell</i>	90
V1CT	Volume satu <i>cooling tower</i>	90
VTotall	Volume total air basin	90

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya merupakan salah satu bandar udara tersibuk di Indonesia yang berperan strategis dalam mendukung mobilitas penumpang dan kegiatan ekonomi nasional. Kondisi tersebut menuntut optimalisasi operasional melalui pengelolaan infrastruktur yang efektif dan andal (Supardam dkk., 2023). Selain itu, penerapan prinsip efisiensi dan pengembangan *smart infrastructure* diperlukan untuk mendukung konektivitas global (Nurdiansyah & Widiyastuti, 2025). Penyediaan fasilitas mobilitas vertikal di gedung terminal turut menunjang pelayanan yang aman dan nyaman bagi pengguna jasa bandar udara (Cahyani dkk., 2023).

Bandar Udara Internasional Juanda (IATA: SUB, ICAO: WARR) melayani penerbangan domestik dan internasional serta merepresentasikan kualitas layanan transportasi udara bagi pengguna jasa (Valeria Roellyanti dkk., 2022). Untuk menunjang kenyamanan penumpang, gedung terminal dilengkapi sistem *Heating, Ventilation, and Air Conditioning* (HVAC) dengan *cooling tower* sebagai komponen utama pelepasan panas guna menjaga kestabilan temperatur ruang (Akyüz dkk., 2024).

Keandalan sistem HVAC pada gedung terminal bandar udara memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga kenyamanan termal penumpang, khususnya pada bandar udara yang berada di wilayah beriklim tropis seperti Surabaya. Gangguan sistem pendingin pada gedung terminal bandar udara terbukti dapat menimbulkan dampak langsung terhadap kenyamanan penumpang. Salah satu kejadian terjadi di Bandara Internasional Hang Nadim Batam, ketika sistem pendingin ruangan mengalami gangguan sehingga suhu ruang tunggu meningkat dan menyebabkan ratusan penumpang merasakan kondisi panas bahkan anak-anak dilaporkan menangis akibat kepanasan di area keberangkatan terminal (dikutip dari detikTravel, 2023). Selain itu, gangguan

sistem pendingin juga pernah terjadi di Terminal 3 Bandara Internasional Soekarno-Hatta akibat gangguan kelistrikan yang menyebabkan sistem *Air Conditioning* (AC) tidak berfungsi dan berdampak pada terganggunya kenyamanan penumpang selama berada di dalam terminal (dikutip dari detik.com, 2023). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa keandalan sistem HVAC merupakan salah satu faktor penting dalam menjaga kualitas pelayanan bandar udara. Beberapa kejadian di bandar udara di Indonesia menunjukkan bahwa ketika sistem pendingin ruangan tidak berfungsi optimal, penumpang mengalami kondisi gerah, pengap, dan tidak nyaman selama berada di area terminal. Oleh karena itu, gangguan sistem pendingin tidak hanya berdampak pada aspek kenyamanan, tetapi juga berpotensi memengaruhi kualitas pelayanan bandar udara secara keseluruhan.

Selain faktor keandalan peralatan, Kondisi iklim Kota Surabaya dengan suhu maksimum rata-rata sekitar 32,9°C dan kelembapan relatif tinggi menyebabkan kebutuhan pendinginan gedung terminal cukup besar (StatsClimat,2025). Oleh karena itu, sistem *cooling tower* harus bekerja secara stabil dan berkelanjutan untuk menjaga kenyamanan termal pengguna jasa bandar udara.

Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya memiliki 7 unit *cooling tower* yang terdiri atas 4 unit yang terletak di terminal 1B dan 3 unit di terminal 1A. Sebagai bagian dari sistem pendingin terpusat yang melayani kebutuhan pengkondisian udara pada masing-masing gedung terminal. Keberadaan sejumlah unit tersebut menunjukkan bahwa beban pendinginan pada area terminal tergolong tinggi dan memerlukan sistem distribusi panas yang terintegrasi serta berkapasitas besar.

Standar kompetensi personel mekanikal bandar udara diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 37 Tahun 2021 tentang Personel Bandar Udara yang mewajibkan tenaga mekanikal memiliki kualifikasi sesuai bidang tugasnya. Kompetensi tersebut meliputi pengoperasian, pemeliharaan, dan

evaluasi sistem mekanikal seperti HVAC dan *cooling tower* pada gedung terminal. Pengelolaan fasilitas pendingin di Bandar Udara Juanda dilaksanakan oleh *Airport Equipment Department* yang mencakup unit *Electrical* dan *Mechanical* guna menjamin keandalan operasional serta peningkatan kualitas pelayanan penumpang. Berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor SKEP/157/IX/2003 tentang Pedoman Pemeliharaan dan Pelaporan Peralatan Fasilitas Elektronika dan Listrik Penerbangan, setiap peralatan fasilitas pendukung operasional bandar udara wajib dilaksanakan pemeliharaan secara terencana, berkala, dan terdokumentasi guna menjamin kontinuitas kinerja peralatan. Sistem *Heating, Ventilation, and Air Conditioning* (HVAC) sebagai bagian dari fasilitas mekanikal gedung terminal termasuk komponen penting yang memerlukan kegiatan pemeliharaan preventif secara berkelanjutan, termasuk pada unit *cooling tower* sebagai media pelepasan panas dalam sistem pendingin terpusat.

Cooling tower merupakan komponen vital dalam sistem pendingin terpusat karena berperan dalam proses pelepasan panas pada siklus refrigerasi. Kinerja sistem pendingin sangat dipengaruhi oleh kualitas air sirkulasi yang digunakan sebagai media perpindahan panas (E. Yani dkk., 2023). Dalam praktik operasionalnya, air sirkulasi pada *cooling tower* mengalami proses penguapan sebagian yang menyebabkan peningkatan konsentrasi zat terlarut seiring waktu. Tanpa pengendalian yang terukur, akumulasi kandungan mineral, partikel tersuspensi, serta kontaminan lain dapat mengubah karakteristik air yang merugikan komponen sistem. Kondisi ini berpotensi menurunkan efektivitas pertukaran panas, meningkatkan beban kerja pompa, serta memperbesar konsumsi energi akibat penurunan efisiensi termal (Kurniawanto dkk., 2023). Oleh karena itu, pemantauan parameter kualitas air seperti konduktivitas, kekeruhan, dan kandungan zat terlarut perlu dilakukan secara berkelanjutan dengan dukungan sistem *monitoring* berbasis teknologi agar kinerja *cooling tower* tetap optimal (Kurniawati dkk., 2025).



Gambar I. 1 Kerak yang menempel di *Cooling Tower*

Gambar I.1 tersebut adalah permasalahan yang sering terjadi pada *cooling tower*. Terbentuknya kerak dan penyumbatan akibat akumulasi partikel padat dan mineral terlarut yang menurunkan efektivitas pelepasan panas sistem pendingin (Nisa dkk., 2023). Kondisi tersebut meningkatkan temperatur air kondensor dan beban kerja sistem HVAC sehingga menurunkan kinerja pendinginan (Purba & Syaputri, 2025). Selain itu, endapan pada *filling* dapat meningkatkan nilai *range* dan *approach* sehingga menurunkan efisiensi sistem pendinginan secara keseluruhan (Hazaar dkk., 2024). Akumulasi lumpur dan mikroorganisme juga dapat menghambat proses perpindahan panas pada media pendingin (Samuel dkk., 2025). Oleh karena itu, proses *blowdown* diperlukan sebagai upaya pengendalian kualitas air sirkulasi agar kinerja sistem tetap optimal (Salsabila dkk., 2025).

Pemeliharaan komponen *cooling tower* dan *chiller* pada sistem HVAC bangunan merupakan aspek fundamental dalam mempertahankan kestabilan kondisi termal ruang sekaligus menjamin efisiensi penggunaan energi selama sistem beroperasi. Mengacu pada ketentuan dalam SNI 6390:2020 mengenai konservasi energi pada sistem tata udara bangunan gedung, pengoperasian instalasi pendingin harus disertai kegiatan pemeliharaan yang terencana dan berkesinambungan agar kapasitas pendinginan tetap sesuai parameter perancangan serta konsumsi energi dapat dikendalikan secara efektif. Aktivitas

pemeliharaan tersebut mencakup pengawasan kualitas air sirkulasi pendingin, evaluasi kinerja unit *chiller*, serta pengendalian proses pelepasan kalor pada *cooling tower* guna memastikan mekanisme perpindahan panas berlangsung secara efisien. Di sisi lain, ketentuan dalam Permenaker No. 5 Tahun 2018 menegaskan bahwa sistem ventilasi dan pengkondisian udara wajib dipertahankan keandalannya melalui kegiatan pemeliharaan rutin agar kondisi temperatur dan mutu udara lingkungan tetap berada dalam rentang yang aman serta mendukung kenyamanan pengguna bangunan. Dengan demikian, pengendalian kualitas air pada *cooling tower*, khususnya melalui mekanisme *blowdown*, menjadi bagian strategis dalam menjaga kontinuitas performa sistem HVAC sehingga mampu beroperasi secara stabil, efisien, dan selaras dengan standar operasional bangunan gedung yang berlaku.



Gambar I. 2 Proses *Blowdown* yang dilakukan secara manual

Berdasarkan hasil *On the Job Training* (OJT) seperti yang tertera pada **Gambar I. 2**, proses *blowdown cooling tower* dan *monitoring* kualitas air basin pada *cooling tower* di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya masih dilakukan secara manual melalui inspeksi berkala dan uji laboratorium setiap dua minggu. Metode ini memiliki keterbatasan karena tidak mampu memantau kualitas air secara kontinu sehingga berpotensi menyebabkan keterlambatan tindakan pengendalian. Selain itu, tidak memberikan efesiensi waktu yang digunakan oleh teknisi. Oleh karena itu, penulis mengusulkan inovasi sistem otomatisasi *blowdown* yang diberi nama **B-COOL TOWER** dengan judul

“Rancang Bangun Otomatisasi Sistem *Blowdown Cooling Tower* Berbasis Mikrokontroler di Terminal 1B Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya” untuk memantau kualitas air secara *real-time* dan mengotomatisasi proses *blowdown* agar lebih efektif, efisien, dan berkelanjutan dalam menjaga keandalan sistem pendinginan serta kenyamanan penumpang di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, permasalahan yang dikaji berfokus pada bagaimana merancang dan membangun sistem *otomatisasi blowdown cooling tower* berbasis Arduino Uno yang terintegrasi dengan sensor *conductivity* (TDS), sensor *water level*, serta aplikasi **B-COOL TOWER** berbasis *Python* untuk *monitoring* air basin secara *real-time*, serta mengevaluasi apakah sistem yang dikembangkan mampu meningkatkan efisiensi waktu kerja teknisi dalam proses *monitoring* dan pengendalian kualitas air sehingga berpotensi mendukung keandalan sistem HVAC dan kenyamanan penumpang di Terminal 1B Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya?

C. Batasan Masalah

Agar pembahasan lebih terarah, penelitian ini dibatasi pada perancangan dan pengujian rancang bangun sistem otomatisasi *blowdown cooling tower* skala laboratorium menggunakan Arduino Uno, sensor *conductivity* (TDS), sensor *water level*, pompa, *relay*, *solenoid valve*, serta aplikasi B-COOL TOWER berbasis *Python*. Pengendalian sistem didasarkan pada parameter kualitas air basin sebagai indikator utama proses *blowdown* dan *make-up water* pada *cooling tower* pendukung sistem HVAC di Terminal 1B Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya. Penelitian difokuskan pada pengujian kinerja dan kelayakan sistem tanpa implementasi langsung pada *cooling tower* operasional.

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji rancang bangun otomatisasi sistem *blowdown cooling tower* berbasis Arduino Uno yang terintegrasi dengan sensor *conductivity* (TDS), sensor *water level*, pompa, *relay*, *solenoid valve*, serta aplikasi **B-COOL TOWER** berbasis *Python* sebagai media *monitoring real-time*. Selain itu, penelitian ini bertujuan mengetahui kinerja dan tingkat kelayakan sistem serta potensi penerapannya dalam meningkatkan efisiensi proses *monitoring* dan pengendalian kualitas air pada *cooling tower* pendukung sistem HVAC di Terminal 1B Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya.

E. Manfaat Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam penerapan sistem otomatisasi *blowdown cooling tower* yang mendukung peningkatan efektivitas pengendalian dan *monitoring* kualitas air basin secara *real-time* pada *cooling tower* gedung terminal di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya. Selain itu, sistem yang dikembangkan berpotensi meningkatkan efisiensi waktu teknisi dalam proses *monitoring* dan pemeliharaan, meminimalkan risiko terbentuknya kerak, endapan, dan penyumbatan pada komponen sistem, serta mengurangi ketergantungan terhadap pemeriksaan manual. Secara lebih luas, hasil penelitian ini diharapkan dapat mendukung penerapan pengelolaan fasilitas bandar udara berbasis otomatisasi, meningkatkan keandalan sistem *Heating, Ventilation, and Air Conditioning* (HVAC), serta berkontribusi terhadap terciptanya layanan terminal yang lebih optimal bagi pengguna jasa bandar udara.