

**RANCANG BANGUN SISTEM *CHEMICAL DOSING*
OTOMATIS (SICHEDO) DALAM MENJAGA KUALITAS AIR
COOLING TOWER DI BANDARA**

TUGAS AKHIR



Oleh :

I KETUT SUDARSANA

NIT. 56192210007

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

**RANCANG BANGUN SISTEM *CHEMICAL DOSING*
OTOMATIS (SICHEDO) DALAM MENJAGA KUALITAS AIR
COOLING TOWER DI BANDARA**

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

I KETUT SUDARSANA

NIT. 56192210007



PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA

PROGRAM SARJANA TERAPAN

POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG

2026

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM *CHEMICAL DOSING* OTOMATIS (SICHEDO) DALAM MENJAGA KUALITAS AIR *COOLING TOWER* DI BANDARA

Oleh :

I KETUT SUDARSANA
NIT. 56192210007

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA PROGRAM SARJANA TERAPAN

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan *prototype* Sistem *Chemical Dosing* Otomatis (SICHEDO) yang mampu melakukan *monitoring* perubahan nilai *Total Dissolved Solids* secara *real-time* dan menginjeksikan *chemical* secara otomatis pada media uji air pendingin skala laboratorium. Permasalahan yang melatarbelakangi tugas akhir ini adalah proses pemantauan nilai *Total Dissolved Solids* dan pemberian *chemical* pada sistem *cooling tower* yang masih dilakukan secara manual, sehingga pencatatan data dan proses *dosing* masih bergantung pada operator. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* dengan model pengembangan *prototype*. Sistem SICHEDO dirancang menggunakan ESP32 sebagai pusat kendali, sensor *Total Dissolved Solids* sebagai pembaca nilai TDS, pompa peristaltik sebagai aktuator injeksi *chemical*, OLED sebagai tampilan langsung pada alat, *keypad* sebagai perangkat *input*, serta *dashboard* sebagai media pemantauan berbasis aplikasi. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan alat dalam membaca perubahan nilai TDS, menjalankan proses *chemical dosing* berbasis durasi, menampilkan data pada OLED dan *dashboard*, serta memastikan fungsi mode operasi alat bekerja sesuai rancangan. Nilai TDS pada penelitian ini digunakan sebagai parameter *monitoring*, bukan sebagai pemicu langsung kerja pompa dan bukan untuk menstabilkan nilai TDS. Berdasarkan validasi ahli teknis, *prototype* SICHEDO memperoleh persentase kelayakan sebesar 94,55%, sehingga termasuk kategori sangat layak. Dengan demikian, SICHEDO dinyatakan layak digunakan sebagai media uji terbatas untuk *monitoring* perubahan nilai TDS dan *chemical dosing* otomatis berbasis durasi pada media uji air pendingin skala laboratorium.

Kata kunci: *Chemical Dosing, Cooling Tower, ESP32, Monitoring Realtime, Prototype, Total Dissolved Solids (TDS).*

ABSTRACT

DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC CHEMICAL DOSING SYSTEM (SICHEDO) FOR MAINTAINING COOLING TOWER WATER QUALITY AT AN AIRPORT

By :
I KETUT SUDARSANA
NIT. 56192210007

AIRPORT ENGINEERING TECHNOLOGY STUDIES PROGRAM APPLIED BACHELOR'S PROGRAM

This study aims to produce a prototype of the Automatic Chemical Dosing System, namely SICHEDO, which is capable of monitoring changes in Total Dissolved Solids values in real time and automatically injecting chemical into laboratory-scale cooling water test media. The problem underlying this study is that the monitoring of Total Dissolved Solids values and chemical dosing in the cooling tower system are still carried out manually, causing data recording and the dosing process to depend on the operator. This study employed the Research and Development method using a prototype development model. The SICHEDO system was designed using ESP32 as the main controller, a Total Dissolved Solids sensor as the TDS value reader, a peristaltic pump as the chemical injection actuator, OLED as the direct display on the device, a keypad as the input device, and a dashboard as an application-based monitoring medium. Testing was carried out to determine the ability of the device to read changes in TDS values, perform duration-based chemical dosing, display data on the OLED and dashboard, and ensure that the operating modes functioned according to the design. In this study, the TDS value was used as a monitoring parameter, not as a direct trigger for pump operation and not to stabilize the TDS value. Based on technical expert validation, the SICHEDO prototype obtained a feasibility percentage of 94.55%, which places it in the highly feasible category. Therefore, SICHEDO is considered feasible to be used as a limited test medium for monitoring changes in TDS values and carrying out duration-based automatic chemical dosing on laboratory-scale cooling water test media.

Keywords: *Chemical Dosing, Cooling Tower, ESP32, Prototype, Real-Time Monitoring, Total Dissolved Solids (TDS)*

PENGESAHAN PEMBIMBING

Tugas Akhir : “RANCANG BANGUN SISTEM CHEMICAL DOSING OTOMATIS (SICHEDO) DALAM MENJAGA KUALITAS AIR COOLING TOWER DI BANDARA” 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 : I KETUT SUDARSANA

NIT : 56192210007

PEMBIMBING I

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

Pembina (IV/a)

NIP. 19810306 200212 1 001

PEMBIMBING II

WAHYUDI SAPUTRA, S.Si.T., M.T.

Pembina (IV/a)

NIP. 19821107 200502 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 : “RANCANG BANGUN SISTEM CHEMICAL DOSING OTOMATIS (SICHEDO) DALAM MENJAGA KUALITAS AIR COOLING TOWER DI BANDARA” 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 01 Juli 2026

KETUA



YAYUK SUPRIHARTINI, S.S.T., M.A.

Penata Tk. 1 (III/d)

NIP. 19830725 200812 2 001

SEKRETARIS



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

Pembina (IV/a)

NIP. 19810306 200212 1 001

ANGGOTA



FARDAN ZEDA ACHMADI YUDA, S.S.T., M.T., MS.AM.

Penata (III/c)

NIP. 19901115 201012 1 001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : I Ketut Sudarsana
NIT : 56192210007
Program Studi : Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan

Menyatakan bahwa Tugas Akhir berjudul “RANCANG BANGUN SISTEM CHEMICAL DOSING OTOMATIS (SICHEDO) DALAM MENJAGA KUALITAS AIR COOLING TOWER DI BANDARA” 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, 29 Juni 2026

Yang Membuat Pernyataan



I Ketut Sudarsana
NIT. 56192210007

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:

SUDARSANA, I. K. (2026): RANCANG BANGUN SISTEM CHEMICAL DOSING OTOMATIS (SICHEDO) DALAM MENJAGA KUALITAS AIR COOLING TOWER DI BANDARA, Tugas Akhir Program Sarjana Terapan, Politeknik Penerbangan Palembang.

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

Dipersembahkan kepada
Bapak, Mamak, Kakak, Adik dan Keluarga Besar

KATA PENGANTAR

Om Swastiastu,

Puji syukur penulis panjatkan ke hadapan Ida Sang Hyang Widhi Wasa/Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Rancang Bangun Sistem *Chemical Dosing* Otomatis (SICHEDO) dalam Menjaga Kualitas Air *Cooling Tower* di Bandara”.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan di Politeknik Penerbangan Palembang. Penelitian ini membahas perancangan *prototype* SICHEDO yang digunakan untuk melakukan *monitoring* nilai *Total Dissolved Solids* secara *real-time* dan injeksi *chemical* secara otomatis pada media uji air. Penyusunan Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan gambaran awal mengenai pengembangan sistem pemantauan kualitas air dan proses *chemical dosing* yang lebih terukur.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan bimbingan, arahan, dukungan, dan doa. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, kesehatan, dan kelancaran yang diberikan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Direktur Politeknik Penerbangan Palembang yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas kepada penulis selama menempuh pendidikan.
3. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Politeknik Penerbangan Palembang.
4. Bapak Ir. M. Indra Martadinata, S.ST., M.Si. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan masukan selama proses penyusunan Tugas Akhir.
5. Bapak Wahyudi Saputra, S.Si.T., M.T. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, saran, dan dukungan dalam penyelesaian Tugas Akhir.

6. Seluruh dosen dan tenaga kependidikan Politeknik Penerbangan Palembang yang telah memberikan ilmu dan pengalaman selama masa pendidikan.
7. Pihak Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali, khususnya unit terkait yang telah membantu penulis dalam memperoleh data dan informasi pendukung penelitian.
8. Orang tua dan keluarga penulis yang selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat dalam setiap proses yang dilalui.
9. Rekan-rekan Taruna Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara yang telah memberikan bantuan, motivasi, dan kebersamaan selama penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan, baik dari segi penulisan maupun pembahasan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar Tugas Akhir ini dapat menjadi lebih baik. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis, pembaca, serta pihak yang membutuhkan referensi terkait pengembangan sistem *monitoring* TDS dan *chemical dosing* otomatis.

Om Santih, Santih, Santih Om.

Palembang, 29 Juni 2026

Penulis,



I Ketut Sudarsana

NIT. 56192210007

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
PENGESAHAN PEMBIMBING.....	v
PENGESAHAN PENGUJI.....	vi
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	vii
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	viii
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	6
C. Batasan Masalah.....	6
D. Tujuan Penelitian.....	6
E. Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Teori Penunjang.....	8
1. Rancang Bangun	8
2. Sistem Otomatisasi, Pemantauan, dan Kontrol	8
3. AC Sentral.....	10
4. <i>Cooling Tower</i>	12

5. Kualitas Air Cooling Tower	13
6. <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS).....	14
7. <i>Cycles of Concentration</i>	15
8. Kerak, Korosi, Mikroorganisme	16
9. Chemical Treatment	18
10. Kalibrasi Pompa dan Input Volume Chemical	20
11. Human Error dengan SHELL Model	20
12. Komponen Penyusunan SICHEDO	21
13. Media Uji Air Pendingin Skala Laboratorium	29
B. Kajian Penelitian Terdahulu yang Relevan	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	33
A. Jenis Penelitian.....	33
B. Model Pengembangan.....	34
1. Komunikasi	35
2. Perencanaan Cepat	35
3. Pemodelan dan Desain Cepat.....	36
4. Konstruksi Prototype.....	37
5. Penyerahan dan Umpan Balik.....	38
C. Lokasi, Jadwal, dan Objek Penelitian	38
1. Lokasi Penelitian.....	38
2. Jadwal Penelitian.....	39
3. Objek Penelitian	39
D. Data dan Sumber Data	40
1. Data Primer	40
2. Data Sekunder	41
E. Teknik Pengumpulan Data	43
1. Observasi.....	43
2. Studi Dokumentasi.....	43
3. Studi Literatur	43
4. Validasi Ahli Teknis	43
5. Pengujian Prototype	44

F. Instrumen Penelitian.....	44
G. Prosedur Pengujian	45
H. Teknik Analisis Data	46
1. Analisis Validasi Ahli Teknis	46
2. Analisis Pengujian <i>Prototype</i>	47
I. Rancangan Anggaran Biaya	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	50
A. Hasil	50
1. Komunikasi	51
2. Perencanaan Cepat	53
3. Pemodelan dan Desain Cepat.....	54
4. Konstruksi <i>Prototype</i>	58
5. Penyerahan, Pengujian, dan Umpan Balik.....	61
B. Pembahasan.....	72
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	75
A. Kesimpulan	75
B. Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA	77
DAFTAR LAMPIRAN	82

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Logsheet Nilai Total Dissolved Solids Cooling Tower dan Makeup-Water Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali	82
Lampiran 2. Dokumen Fasilitas Mekanikal HVAC Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali.....	83
Lampiran 3. Grafik Nilail TDS CRB 3 Periode Juli–September 2025 Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali.....	84
Lampiran 4. Data Kebutuhan Chemical Cooling Tower CRB 3 Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali.....	85
Lampiran 5. Standard Operating Procedure HVAC	86
Lampiran 6. Riwayat Maintenance Chiller dan Cooling Tower Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali.....	92
Lampiran 7. Dokumentasi Observasi Lapangan Ditemukannya Kerak Pada Fillpack dan Lumut Pada Basin Cooling Tower Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali	96
Lampiran 8. Produk Chemical yang digunakan.....	97
Lampiran 9. Lembar Validasi Ahli Teknis	98
Lampiran 10. Lembar Pengujian Prototype SICHEDO	101
Lampiran 11. Lembar Observasi	107
Lampiran 12. Dokumentasi Diskusi dan Validasi	112
Lampiran 13. Dokumentasi Bimbingan	113
Lampiran 14. Lembar Bimbingan	114
Lampiran 15. Lembar Plagiasi	118
Lampiran 16 Standard Operating Procedure (SOP) Pengoperasian SICHEDO ..	119

DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1 Grafik Nilai Total Dissolved Solids Cooling Tower CRB 3 Periode Juli–September 2025 Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali	2
Gambar II. 1 Sistem Monitoring SICHEDO.....	9
Gambar II. 2 Chiller AC Sentral Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali ..	11
Gambar II. 3 Cooling Tower di Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali.....	13
Gambar II. 4 Biofouling Pada Cooling Tower di Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali.....	17
Gambar II. 5 Proses Chemical Dosing Manual Pada Cooling Tower	18
Gambar II. 6 Chemical Cooling Tower di Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali	19
Gambar II. 7 Chemical Cooling Tower di Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali	19
Gambar II. 8 Mikrokontroler ESP32.....	21
Gambar II. 9 Sensor Total Dissolved Solids (TDS)	22
Gambar II. 10 Pompa Dosing	23
Gambar II. 11 Relay Module	24
Gambar II. 12 Oled Display	24
Gambar II. 13 Keypad 4x4.....	25
Gambar II. 14 Push Button dan Selector Switch.....	26
Gambar II. 15. Rocker Switch On Off	26
Gambar II. 16. Lampu Indikator Hijau dan Merah Dioda	27
Gambar II. 17 Buzzer.....	28
Gambar II. 18 Power Supply dan Step Down Converter	28
Gambar II. 19 Internet of Things	29
Gambar III. 1 Model Pengembangan	34
Gambar IV. 1 Observasi Lapangan dan Diskusi Bersama Teknisi Unit Mekanikal Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali	52
Gambar IV. 2 Desain Wiring Diagram SICHEDO.....	55
Gambar IV. 3 Desain Wiring Skematik SICHEDO	55
Gambar IV. 4 Flowchart Sistem Kerja SICHEDO	56
Gambar IV. 5 Desain 3D SICHEDO	57
Gambar IV. 6 Pembuatan Panel Kontrol SICHEDO.....	58

Gambar IV. 7 Proses Pemasangan Pompa Dosing	59
Gambar IV. 8 Pemotongan Pipa Media Uji Air Pendingin	60
Gambar IV. 9 Perakitan Media Uji Air Pendingin Skala Laboratorium	60
Gambar IV. 10 Integrasi Display OLED dan Dashboard	60
Gambar IV. 11 Pengujian dan Validasi Prototype SICHEDO	61

DAFTAR TABEL

Tabel I. 1 Rekapitulasi Riwayat Pemeliharaan Scaling Kondensor Chiller CRB	3 4
Tabel II. 1 Penelitian Terdahulu	30
Tabel III. 1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	39
Tabel III. 2 Data Primer Penelitian	40
Tabel III. 3 Data Sekunder Penelitian	42
Tabel III. 4 Instrumen Penelitian.....	44
Tabel III. 5 Persentase Kelayakan	47
Tabel III. 6 Rancangan Anggaran Biaya Perancangan SICHEDO	49
Tabel IV. 1 Hasil Tahapan Pengembangan Prototype SICHEDO	50
Tabel IV. 2 Hasil Identifikasi Kebutuhan Sistem	53
Tabel IV. 3 Hasil Perencanaan Fungsi Sistem.....	53
Tabel IV. 4 Hasil Pengujian Fungsi Komponen Prototype SICHEDO	63
Tabel IV. 5 Hasil Pengujian Pembacaan Sensor TDS	64
Tabel IV. 6 Hasil Kalibrasi Pompa Dosing	65
Tabel IV. 7 Hasil Pengujian Dosing Berdasarkan Durasi.....	66
Tabel IV. 8 Hasil Pengujian Mode Kerja.....	67
Tabel IV. 9 Hasil Pengujian OLED dan Dashboard	68
Tabel IV. 10 Hasil Validasi Ahli Teknis Prototype	69
Tabel IV. 11 Hasil Evaluasi dan Revisi Prototype.....	71

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
AC	<i>Air Conditioning</i>	1
CRB	<i>Chiller Room Building</i>	1
HVAC	<i>Heating, Ventilation, and Air Conditioning</i>	1
TDS	<i>Total Dissolved Solids</i>	1
OJT	<i>On the Job Training</i>	2
CoC	<i>Cycles of Concentration</i>	3
SICHEDO	<i>Sistem Chemical Dosing Otomatis</i>	5
ESP32	<i>Espressif 32</i>	5
OLED	<i>Organic Light Emitting Diode</i>	5
AHU	<i>Air Handling Unit</i>	10
FCU	<i>Fan Coil Unit</i>	10
R&D	<i>Research and Development</i>	31
IoT	<i>Internet of Things</i>	28
PSU	<i>Power Supply Unit</i>	46

LAMBANG	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
Q	Debit pompa	45
V	Volume cairan atau target volume <i>chemical</i>	45

LAMBANG	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
t	Durasi kerja pompa	45
%	Persentase kelayakan atau <i>error dosing</i>	44
ppm	<i>Parts per million</i>	1
mL	Mililiter	45
L	Liter	46
m ³	Meter kubik	3
°C	Derajat Celsius	12
mL/detik	Mililiter per detik	45
mL/menit	Mililiter per menit	45
L/hari	Liter per hari	3

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

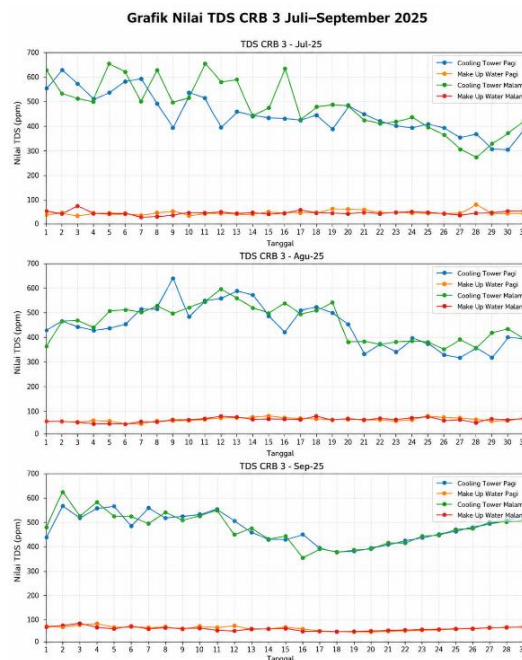
Bandar udara membutuhkan fasilitas penunjang yang andal untuk menjaga kenyamanan dan kelancaran pelayanan terminal penumpang. Salah satu fasilitas tersebut adalah sistem tata udara atau *Air Conditioning* (AC). Pada bangunan terminal berskala besar, sistem AC dapat menggunakan AC sentral berbasis air dingin atau *water cooled system*. Sistem ini menggunakan *chiller* sebagai pendingin utama, sedangkan panas dari air kondensor dilepaskan melalui menara pendingin atau *cooling tower*. Kinerja *cooling tower* dapat dievaluasi melalui parameter *range*, *approach*, efisiensi, *evaporation loss*, *make-up water*, dan kapasitas pendinginan (Panjaitan dkk., 2025; Purba & Syaputri, 2025).

Berdasarkan data fasilitas *Heating, Ventilation, and Air Conditioning* (HVAC) Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai tahun 2025, penggunaan sistem AC sentral berbasis air telah tercatat pada fasilitas *Chiller Room Building* (CRB) I sejak tahun 1997. Selanjutnya, pengembangan fasilitas pendingin dilakukan pada CRB II, CRB III, dan interkoneksi sistem CRB I serta CRB II. Pada CRB III, unit *chiller* TRANE tercatat tahun 2013, sedangkan *cooling tower* KUKEN tipe SKB-1325 R juga tercatat tahun 2013. Data tersebut menunjukkan bahwa sistem pendingin berbasis *chiller* dan *cooling tower* telah lama menjadi bagian penting dalam mendukung tata udara terminal.

Dalam pengoperasian *cooling tower*, kualitas air sirkulasi perlu dikendalikan secara berkala. Proses penguapan menyebabkan sebagian air berubah menjadi uap, sedangkan mineral dan zat terlarut tetap tertinggal di dalam air sirkulasi. Akibatnya, konsentrasi zat terlarut dapat meningkat apabila tidak dikendalikan melalui *blowdown*, penambahan *make-up water*, dan *chemical treatment*. Peningkatan zat terlarut tersebut dapat menjadi salah satu faktor yang berpotensi menimbulkan kerak atau *scaling*, korosi, serta mendukung terbentuknya

endapan biologis seperti lumut dan *biofouling* pada bagian yang kontak langsung dengan air. (Müller, Chapanova, Diekow, Kaiser, Hamelink, dkk., 2024; Nurrahman dkk., 2024)

Permasalahan kualitas air pada menara pendingin sudah menjadi perhatian dalam kegiatan pemeliharaan. Pada saat pelaksanaan *On the Job Training* (OJT) di Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai, diperoleh data dan dokumentasi tambahan yang menunjukkan bahwa permasalahan tersebut masih ditemukan. Hasil pemantauan menunjukkan adanya perubahan kondisi dari area yang sebelumnya relatif bersih hingga ditemukan indikasi pertumbuhan lumut dan kerak pada bagian yang kontak langsung dengan air, seperti *basin*, *filler*, dan area aliran air.



Gambar I. 1 Grafik Nilai Total Dissolved Solids Cooling Tower CRB 3 Periode Juli–September 2025 Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali
(Sumber : Data Logsheet TDS Cooling Tower CRB 3 Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali, 2025)

Data lapangan pada *cooling tower* CRB 3 menunjukkan bahwa nilai *Total Dissolved Solids* air *cooling tower* tertinggi tercatat sebesar 639 ppm, sedangkan

nilai *Total Dissolved Solids make-up water* tertinggi sebesar 101 ppm. Perbandingan nilai tersebut menghasilkan *Cycles of Concentration* sebesar 6,32. Selain itu, kebutuhan *make-up water* tercatat sebesar 345 m³/hari dan kebutuhan *blowdown* sebesar 40.075 liter/hari atau sekitar 40 m³/hari. Data tersebut menunjukkan bahwa pemantauan kualitas air dan pemberian *chemical* pada *cooling tower* perlu dilakukan secara terukur dan terdokumentasi.

Berdasarkan Gambar I.1, nilai *Total Dissolved Solids* pada air *cooling tower* CRB 3 selama periode Juli sampai September 2025 menunjukkan perubahan yang cukup terlihat. Nilai *Total Dissolved Solids* air *cooling tower* berada pada kisaran ratusan ppm, sedangkan nilai *Total Dissolved Solids* pada *make-up water* relatif lebih rendah. Perbedaan nilai tersebut menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi zat terlarut pada air sirkulasi akibat proses penguapan dan sirkulasi berulang. Kondisi ini menjadi salah satu dasar bahwa pemantauan kualitas air *cooling tower* perlu dilakukan secara lebih terukur dan terdokumentasi.

Kualitas air yang tidak terpantau dengan baik dapat berdampak pada meningkatnya potensi kerak, korosi, dan endapan biologis pada jalur air kondensor. Kondisi tersebut dapat memengaruhi kebutuhan pemeliharaan, salah satunya proses *rodding* dan *descaling* kondensor *chiller*. Berdasarkan dokumentasi riwayat servis *chiller* CRB 3, terdapat catatan pekerjaan *cleaning*, *scaling*, serta *rodding* dan *descaling* pada kondensor *chiller*. Catatan tersebut menunjukkan bahwa pemeliharaan pada jalur air kondensor menjadi bagian penting dalam menjaga kinerja sistem pendingin. Berdasarkan informasi lapangan dari teknisi, pekerjaan *rodding* dan *descaling* kondensor *chiller* dapat dilakukan hingga dua kali dalam setahun dengan biaya pemeliharaan yang besar. Oleh karena itu, pemantauan kualitas air dan pemberian *chemical* yang lebih terukur diperlukan untuk mendukung pemeliharaan preventif serta efisiensi penggunaan air.

Tabel I. 1 Rekapitulasi Riwayat Pemeliharaan Scaling Kondensor Chiller CRB 3

No.	Tanggal	Lokasi/Unit	Uraian Pekerjaan	Material/Alat	Keterangan
1	29/04/2024	CRB 3 / Chiller 2	Mulai <i>scaling chiller</i>	Alat <i>scaling</i>	Berdasarkan catatan riwayat servis
2	01/05/2024	CRB 3 / Chiller 2	Selesai <i>scaling chiller</i>	Alat <i>scaling</i>	Tercatat perubahan <i>approach</i>
3	13/05/2025	CRB 3 / Chiller 2	Mulai <i>scaling condenser</i>	Tool set, pompa <i>chemical scaling</i>	<i>Approach</i> awal tercatat
4	16/05/2025	CRB 3 / Chiller 2	Selesai <i>scaling condenser</i>	Tool set, pompa <i>chemical scaling</i>	<i>Approach</i> setelah pekerjaan tercatat
5	16/05/2025	CRB 3 / Chiller 1	Mulai <i>scaling condenser</i>	Alat <i>scaling</i>	Berdasarkan catatan riwayat servis
6	20/05/2025	CRB 3 / Chiller 1	Selesai <i>scaling condenser</i>	Alat <i>scaling</i>	Berdasarkan catatan riwayat servis

(Sumber : Dokumentasi logbook riwayat servis dan penggantian *spare part chiller* CRB 3 Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai, 2025)

Bahan kimia yang digunakan dalam pengelolaan air *cooling tower* meliputi *corrosion inhibitor* dan *biocide* ORIKAWA AL-1050, *scale inhibitor* ORIKAWA AK-1051, serta *bio dispersant* EONBIO BD 3291. Penggunaan bahan kimia tersebut menunjukkan bahwa pengendalian kerak, korosi, dan pertumbuhan biologis menjadi bagian penting dalam perawatan air menara pendingin. Namun, proses pemantauan nilai *Total Dissolved Solids* dan pemberian *chemical* yang masih dilakukan secara manual memiliki keterbatasan

karena bergantung pada ketelitian operator, waktu pemeriksaan, pencatatan data, serta pelaksanaan pemberian bahan kimia.

Keterbatasan proses manual tersebut dapat dikaitkan dengan potensi *human error*. Dalam pendekatan SHELL Model, *human error* tidak hanya dipandang sebagai kesalahan individu, tetapi sebagai hasil interaksi antara *Software*, *Hardware*, *Environment*, *Liveware*, dan *Liveware-Liveware*. Pada konteks pemeliharaan, faktor manusia masih menjadi perhatian karena kegiatan inspeksi, pencatatan, dan pelaksanaan pekerjaan teknis memerlukan ketelitian serta konsistensi. Oleh karena itu, proses manual perlu didukung oleh sistem yang mampu membantu pemantauan data secara *real-time*, dokumentasi hasil pemantauan, dan proses injeksi *chemical* yang lebih terukur. (Choi, 2019; Olaganathan, 2024)

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pemantauan nilai *Total Dissolved Solids* secara *real-time* relevan untuk mendukung pengelolaan kualitas air *cooling tower*. Kurnianto dkk. mengembangkan sistem *monitoring* TDS pada *lower basin cooling tower* berbasis sensor dan internet di lingkungan bandar udara. Selain itu, data sensor yang akurat dapat mendukung analisis operasi dan pengendalian dosis *chemical treatment* pada sistem berbasis *cooling tower*. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa integrasi sensor dan sistem pemantauan dapat membantu proses pengawasan kualitas air secara lebih terdokumentasi. (Hernández-Baño dkk., 2024; Kurnianto dkk., 2023)

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini merancang Sistem *Chemical Dosing* Otomatis (SICHEDO) dalam bentuk *prototype* pada media uji air. Sistem ini menggunakan sensor *Total Dissolved Solids* sebagai parameter *monitoring* kondisi zat terlarut dalam air, sedangkan proses *dosing* dilakukan berdasarkan input target volume *chemical* yang dimasukkan ke dalam sistem. Pompa peristaltik bekerja otomatis berdasarkan debit pompa hasil kalibrasi agar volume *chemical* yang diinjeksi sesuai dengan target input. Nilai *Total Dissolved Solids*

tidak digunakan sebagai pemicu langsung kerja pompa, tetapi sebagai indikator pemantauan kualitas air. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini mengambil judul “Rancang Bangun Sistem *Chemical Dosing* Otomatis (SICHEDO) dalam Menjaga Kualitas Air *Cooling Tower* di Bandara.”

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah Bagaimanakah merancang *prototype* Sistem *Chemical Dosing* Otomatis (SICHEDO) untuk melakukan *monitoring* nilai *Total Dissolved Solids* secara *real-time* dan injeksi *chemical* secara otomatis pada media uji air pendingin skala laboratorium?

C. Batasan Masalah

Tugas akhir ini dibatasi pada perancangan *prototype* SICHEDO untuk *monitoring* perubahan nilai *Total Dissolved Solids* secara *real-time* dan *chemical dosing* otomatis pada media uji air pendingin skala laboratorium. Nilai *Total Dissolved Solids* digunakan sebagai indikator pemantauan kondisi zat terlarut dalam air, bukan sebagai pemicu langsung kerja pompa *dosing* dan bukan sebagai parameter yang dikendalikan agar stabil. Proses *dosing* dilakukan berdasarkan input target volume *chemical* yang dimasukkan ke dalam sistem, kemudian pompa bekerja otomatis berdasarkan debit hasil kalibrasi. Pengujian dilakukan pada media uji air pendingin skala laboratorium, bukan pada unit *cooling tower* operasional bandara.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari pelaksanaan Tugas Akhir ini adalah Menghasilkan *prototype* Sistem *Chemical Dosing* Otomatis (SICHEDO) yang mampu melakukan *monitoring* perubahan nilai *Total Dissolved Solids* secara *real-time* dan mampu menginjeksikan *chemical* secara otomatis pada media uji air pendingin skala laboratorium.

E. Manfaat Penelitian

1. Bagi Penulis

Tugas akhir ini bermanfaat untuk meningkatkan pemahaman penulis mengenai perancangan dan pengujian *prototype* sistem *chemical dosing* otomatis berbasis mikrokontroler. Serta dapat memahami proses integrasi sensor *Total Dissolved Solids*, ESP32, pompa peristaltik, OLED, *keypad*, *dashboard*, dan media uji air pendingin dalam satu sistem kerja. Selain itu, tugas akhir ini juga menjadi sarana untuk menerapkan teori yang telah dipelajari ke dalam bentuk alat yang dapat diuji secara langsung.

2. Bagi Institusi

Tugas Akhir ini dapat menjadi referensi akademik bagi institusi dalam pengembangan pembelajaran dan penelitian terapan di bidang sistem kontrol, otomasi, dan pemeliharaan fasilitas bandar udara. *Prototype* SICHEDO juga dapat digunakan sebagai media pembelajaran untuk memahami penerapan teknologi monitoring nilai TDS dan *chemical dosing* otomatis pada sistem air pendingin. Dengan adanya tugas akhir ini, institusi memiliki tambahan karya inovatif yang dapat dikembangkan lebih lanjut pada penelitian berikutnya.

3. Bagi Industri

Tugas akhir ini dapat memberikan gambaran awal bagi industri, khususnya pengelola fasilitas bandar udara, mengenai potensi penerapan sistem monitoring nilai TDS dan *chemical dosing* otomatis pada sistem *cooling tower*. Sistem ini berpotensi membantu proses pemantauan kualitas air dan pemberian *chemical* agar lebih terukur. Namun, untuk penerapan pada sistem operasional sebenarnya, diperlukan pengembangan lanjutan, penyesuaian kapasitas alat, pemenuhan standar keselamatan kelistrikan, integrasi dengan sistem eksisting, serta pengujian jangka panjang pada kondisi kerja sebenarnya.