

**RANCANGAN *PROTOTYPE* POMPA AIR BAKU BERBASIS
IoT DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL SULTAN
MAHMUD BADARUDDIN II PALEMBANG**

TUGAS AKHIR

Oleh:

MUHAMMAD FARIZI HERNANDO

NIT. 56192110017



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

Juli 2025

**RANCANGAN *PROTOTYPE* POMPA AIR BAKU BERBASIS
IoT DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL SULTAN
MAHMUD BADARUDDIN II PALEMBANG**

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

MUHAMMAD FARIZI HERNANDO

NIT. 56192110017



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

Juli 2025

ABSTRAK

RANCANGAN *PROTOTYPE* POMPA AIR BAKU BERBASIS IoT DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL SULTAN MAHMUD BADARUDDIN II PALEMBANG

Oleh

MUHAMMAD FARIZI HERNANDO

NIT : 56192110017

**Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara
Program Sarjana Terapan**

Bandar Udara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang pengelolaan air bersih dilakukan melalui sistem *Water Treatment Plant* (WTP), namun sistem operasional pompa air baku masih dilakukan secara manual. Hal ini menyebabkan kinerja motor pompa menjadi tidak optimal dan berisiko mengalami *overheat* akibat beban kerja yang berlebihan. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun *prototype* sistem kontrol pompa air baku berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan menggunakan mikrokontroler ESP-32 dan beberapa sensor pendukung, yaitu PZEM-004T untuk mengukur arus dan tegangan motor, sensor ultrasonik untuk membaca ketinggian air, serta sensor DS18B20 untuk memantau suhu motor pompa sehingga *life-time* motor pompa tetap terjaga. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan *Borg and Gall* melalui enam tahapan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh sensor berfungsi dengan baik dan sistem bekerja secara otomatis sesuai parameter yang ditentukan. Tingkat kesalahan pengukuran tergolong rendah, sehingga *prototype* dinyatakan layak digunakan sebagai solusi inovatif dalam meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem pompa air baku pada instalasi WTP di Bandar Udara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang.

Kata kunci : *Plumbing, Water Treatment Plant* (WTP), *Life-time*, Monitoring, *prototype*

ABSTRACT

DESIGN OF AN IoT-BASED RAW WATER PUMP PROTOTYPE AT SULTAN MAHMUD BADARUDDIN II PALEMBANG INTERNATIONAL AIRPORT

By

**MUHAMMAD FARIZI HERNANDO
NIT: 56192110017**

***Airport Engineering Technology Program
Applied Bachelor's Program***

The availability of clean water at airports is an important aspect in supporting the comfort and safety of air transportation users. At Sultan Mahmud Badaruddin II International Airport in Palembang, clean water management is carried out through a Water Treatment Plant (WTP) system, but the raw water pump operational system is still carried out manually. This causes the pump motor performance to be suboptimal and at risk of damage due to excessive workload. This study aims to design and build a prototype of an Internet of Things (IoT)-based raw water pump control system using an ESP-32 microcontroller and several supporting sensors, namely the PZEM-004T to measure motor current and voltage, an ultrasonic sensor to read water level, and a DS18B20 sensor to monitor motor temperature, thereby ensuring the motor's lifespan is maintained. This study employs the Research and Development (R&D) method using the Borg and Gall development model through six stages. Test results indicate that all sensors function properly and the system operates automatically according to the specified parameters. The measurement error rate is low, so the prototype is deemed suitable for use as an innovative solution to enhance the efficiency and reliability of the raw water pump system at the WTP installation at Sultan Mahmud Badaruddin II International Airport in Palembang.

Keywords: Plumbing, Water Treatment Plant (WTP), Life-time, Monitoring, Prototype

PENGESAHAN PEMBIMBING

Tugas Akhir : “RANCANGAN *PROTOTYPE* POMPA AIR BAKU BERBASIS IoT DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL SULTAN MAHMUD BADARUDDIN II PALEMBANG” telah diperiksa dan disetujui untuk diuji sebagai salah satu syarat lulus Pendidikan Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Angkatan ke-2, Politeknik Penerbangan Palembang - Palembang.



Nama : MUHAMMAD FARIZI HERNANDO
NIT : 56192110017

PEMBIMBING I

Ir. M. INDRAMARTADINATA, S.ST., M.SI.
Pembina (IV/a)
NIP. 19810306 200212 1 001

PEMBIMBING II

SUKAHIR, S.SI.,T.M.T.
Pembina(IV/a)
NIP. 19740714 199803 1 001

KETUA PROGRAM STUDI

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

PENGESAHAN PENGUJI

Tugas Akhir : “RANCANGAN *PROTOTYPE* POMPA AIR BAKU BERBASIS IoT DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL SULTAN MAHMUD BADARUDDIN II PALEMBANG” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Angkatan ke-2, Politeknik Penerbangan Palembang - Palembang. Tugas akhir ini telah dinyatakan LULUS Program Sarjana Terapan pada tanggal 15 Juli 2025.

KETUA



NOOR SULISTIYONO, S.SiT., M.M., M.Mar E.

Pembina (IV/a)

NIP. 19730430 2006041 001

SEKRETARIS



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

Pembina(IV/a)

NIP. 19740714 199803 1 001

ANGGOTA



THURSINA ANDAYANI, M.Sc.

Penata Muda Tk.1 (III/b)

NIP. 19860703 202203 2 002

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : MUHAMMAD FARIZI HERNANDO

NIT : 56192110017

Program Studi : Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan

Menyatakan bahwa TA berjudul “ RANCANGAN *PROTOTYPE* POMPA AIR BAKU BERBASIS IoT DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL SULTAN MAHMUD BADARUDDIN II PALEMBANG ” 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, 15 Juli 2025

Yang Membuat Pernyataan

A handwritten signature in black ink is written over a 10000 Rupiah postage stamp. The stamp features the Garuda Pancasila logo and the text 'REPUBLIK INDONESIA', 'POSTAL', and '10000'. The signature is written in a cursive style.

MUHAMMAD FARIZI HERNANDO

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 :

Hernando, M.Farizi. (2025): RANCANGAN *PROTOTYPE* POMPA AIR BAKU BERBASIS IoT DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL SULTAN MAHMUD BADARUDDIN II PALEMBANG, 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
Ayahanda Hermanto dan Ibunda Napin Indriani*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "RANCANGAN *PROTOTYPE* POMPA AIR BAKU BERBASIS IoT DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL SULTAN MAHMUD BADARUDDIN II PALEMBANG " ini dengan baik. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan (S.Tr.T.) Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Bandar Udara, Politeknik Penerbangan Palembang.

Dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Dalam proses penyusunan tugas akhir ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua, serta keluarga tercinta yang selalu memberikan doa, dukungan moral, dan materil yang tiada henti.
2. Bapak Ir. M. Indra Martadinata, S.ST., M.Si. selaku dosen pembimbing utama dan Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Bandar Udara, yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi yang sangat berharga selama proses penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Sukahir, S.Si.T., M.T. selaku dosen pembimbing kedua, yang juga telah memberikan banyak masukan, saran, dan dukungan yang sangat berarti bagi penulis.
4. Bapak/Ibu dosen dan seluruh staf pengajar di Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Bandar Udara, Politeknik Penerbangan Palembang, yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan selama penulis menjalani pendidikan.
5. Pihak *Airport Equipment* Bandara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang, yang telah memberikan izin dan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini.

6. Rekan-rekan seperjuangan di Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Bandar Udara, yang telah memberikan semangat, bantuan, dan kerja sama selama masa studi.
7. Untuk teman teman OJT Bandara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang Gadi, Putut, Hasna, Frendi, Rehan, Delon, Saut, Frisil, dan Lauren.
8. Kepada keisha terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan indah ini dan untuk segala dukungan serta pengertian yang tak pernah lelah diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak demi kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknologi dan teknik mekanik.

Akhir kata, semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua. Aamiin.

Palembang, 15 Juli 2025



Muhammad Farizi Hernando

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	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. Rumusan Masalah.....	7
C. Tujuan Penelitian	7
D. Batasan Masalah	7
E. Sistematika penelitian.....	7
F. Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
A. Teori Penunjang.....	10
1. Air Baku.....	10
2. <i>Water Treatment Plant (WTP)</i>	11

3. Motor pompa sentrifugar	14
4. Kontrol Monitoring	17
5. <i>Maintenance</i>	18
6. <i>Internet of Things (IoT)</i>	19
7. C++	22
8. ESP 32.....	23
9. Sensor PZEEM-004T	25
10. Sensor suhu DS18B20	26
11. Sensor ultrasonik HC-SR04	27
B. Penelitian Terdahulu.....	28
BAB III METODELOGI PENELITIAN	30
A. Metode Penelitian	30
B. Prosedur Penelitian	31
1. Analisis Potensi Masalah	32
2. Pengumpulan Data.....	32
3. Desain Produk	33
4. Validasi Desain	34
5. Revisi Desain	38
6. Uji Coba Produk.....	38
C. Jadwal Pelaksanaan.....	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
A. HASIL	41
1. Analisis Potensi Masalah	41
2. Pengumpulan Data.....	43
3. Desain Produk	46

4. Validasi Desain	60
5. Revisi Desain	64
6. Uji Coba Produk.....	68
B. Pembahasan	81
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	84
A. SIMPULAN	84
B. SARAN	84
DAFTAR PUSTAKA.....	85
LAMPIRAN	89

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Checklist Tegangan dan Arus Motor Pompa Intake	89
Lampiran B Proses Perakitan Alat	90
Lampiran C Dokumentasi Validasi Bersama Ahli Materi Dan Ahli Media	91
Lampiran D Lembar Validasi Ahli Materi Plumbing.....	92
Lampiran E Lembar Validasi Ahli Media	94
Lampiran F Transkrip Wawancara	96
Lampiran G Dokumentasi Uji coba Alat dan Sistem.....	96
Lampiran H SOP Pengoperasian Alat	97
Lampiran I Dokumentasi Wawancara	98
Lampiran J Lembar Bimbingan Pembimbing I	99
Lampiran K Lembar Bimbingan Pembimbing II	100
Lampiran L Hasil Cek Plagiarisme	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1 Grafik Penggunaan Air Bandara SMB II.....	3
Gambar I. 2 Kerusakan Motor Pompa Tahun 2018	4
Gambar II. 1 Air Baku.....	10
Gambar II. 2 Sistem <i>Water Treatment Plant</i>	11
Gambar II. 3 Bagian - Bagian Pompa	15
Gambar II. 4 Kegiatan Monitoring	18
Gambar II. 5 <i>Maintenance</i>	19
Gambar II. 6 <i>Internet of Things</i>	20
Gambar II. 7 Aplikasi Blynk	21
Gambar II. 8 ESP 32	23
Gambar II. 9 Sensor PZEM-004T	26
Gambar II. 10 Sensor Suhu DS18B20	27
Gambar II. 11 Sensor Ultrasonic HC-SR04	27
Gambar III. 1 Metodologi R&D	30
Gambar III. 2 Tahapan Penelitian	31
Gambar IV. 1 Sistem Pengoperasian Motor Pompa	42
Gambar IV. 2 Kegiatan Observasi Penulis	43
Gambar IV. 3 Layout Air Bersih.....	44
Gambar IV. 4 Flowchart Sistem Kerja Alat.....	49
Gambar IV. 5 Alur Kerja Alat.....	52
Gambar IV. 6 Desain Alat Menggunakan Sketch Up	54
Gambar IV. 7 Desain Penempatan Alat.....	54
Gambar IV. 8 Wiring Alat	55
Gambar IV. 9 Wiring Kelistrikan Kontrol Motor	56
Gambar IV. 10 Proses Perakitan Alat.....	57
Gambar IV. 11 Coding Program Alat.....	58
Gambar IV. 12 Rancangan Aplikasi.....	59
Gambar IV. 13 Kalibrasi Alat	60
Gambar IV. 14 Kalibrasi Sensor Ultrasonik	66
Gambar IV. 15 Tampilan Aplikasi dan Website.....	67

Gambar IV. 16 Perbaikan Ducting Kabel.....	68
Gambar IV. 17 Uji Coba Sistem Pada Alat	81

DAFTAR TABEL

Tabel I.1 Data Penumpang Bandara SMB II.....	3
Tabel II. 1 Karakteristik PIN ESP-32	24
Tabel II. 2 Penelitian Relevan	28
Tabel III. 1 Daftar Nama Wawancara	33
Tabel III. 2 Rata-Rata Kriteria Kelayakan Produk	35
Tabel III. 3 Tabel Kriteria Jawaban Angket Dengan Skala Likert.....	35
Tabel III. 4 Instrumen Validasi Ahli Materi	36
Tabel III. 5 Instrumen Validasi Ahli Media	37
Tabel III. 6 Tahapan Penelitian.....	40
Tabel IV. 1 RAB Rancangan Kebutuhan Komponen.....	46
Tabel IV. 2 Simbol Flowchart.....	50
Tabel IV. 3 Hasil Validasi Ahli Materi	61
Tabel IV. 4 Hasil Validasi Ahli Media.....	62
Tabel IV. 5 Nilai Validasi Ahli Materi.....	63
Tabel IV. 6 Nilai Validasi Ahli Media	64
Tabel IV. 7 Penilaian Kelayakan Alat	64
Tabel IV. 8 Hasil Revisi Alat	65
Tabel IV. 9 Pengukuran Bacaan Sensor Ultrasonik	67
Tabel IV. 10 Persentase Nilai Bacaan Tegangan Pompa 1	69
Tabel IV. 11 Persentase Nilai Bacaan Tegangan Pompa 2	69
Tabel IV. 12 Persentase Nilai Bacaan Arus Pompa 1.....	71
Tabel IV. 13 Persentase Nilai Bacaan Arus Pompa 2.....	71
Tabel IV. 14 Persentase Nilai Bacaan Suhu Pompa 1	73
Tabel IV. 15 Persentase Nilai Bacaan Arus Pompa 2.....	73
Tabel IV. 16 Hasil Uji Coba Overheat Pompa 1	74
Tabel IV. 17 Hasil Uji Coba Overheat Pompa 2.....	75
Tabel IV. 18 Hasil Uji Coba Sistem Switch	76
Tabel IV. 19 Hasil Uji Coba Ketinggian Air	78
Tabel IV. 20 Uji Coba Kerja Sistem Alat	79

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
AC	Air Conditioner	3
IoT	<i>Internet of Things</i>	5
KWh	Kilo Watt Hour	24
OJT	<i>On The Job Training</i>	6
PLC	Program Logic Control	5
R&D	<i>Research and Development</i>	30
SDM	Sumber Daya Manusia	18
SoC	<i>System on Chip</i>	22
SSR	Solid State Relay	54
WTP	<i>Water Treatment Plant</i>	3
 Lambang		
°C	Derajat Celcius	25
V	Tegangan	41
P	Daya	53
Cos φ	Faktor daya	53
η	Efisiensi	53
I	Arus	53

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Berkembangnya teknologi di industri penerbangan ini berdampak pada meningkatnya jumlah pengguna transportasi udara. Sehingga penyedia layanan transportasi udara yaitu bandar udara harus meningkatkan pelayanan terhadap pengguna transportasi udara. Dalam memberikan pelayanan yang maksimal bandar udara membutuhkan sistem pendukung yang handal untuk memastikan kelancaran operasionalnya, salah satunya adalah sistem *plumbing*.

Sistem *plumbing* berfungsi untuk mendistribusikan air ke berbagai kebutuhan, seperti sanitasi, pendinginan, pemadam kebakaran, dan fasilitas umum lainnya (Marsudi dkk., 2018). Salah satu komponen utama dalam sistem *plumbing* adalah motor pompa, yang berfungsi untuk memompa dan mengalirkan air dengan tekanan yang sesuai (Amin dkk., 2021). Kinerja dan *Life-time* motor pompa sangat berpengaruh terhadap efisiensi sistem *plumbing* secara keseluruhan untuk menunjang distribusi air bersih.

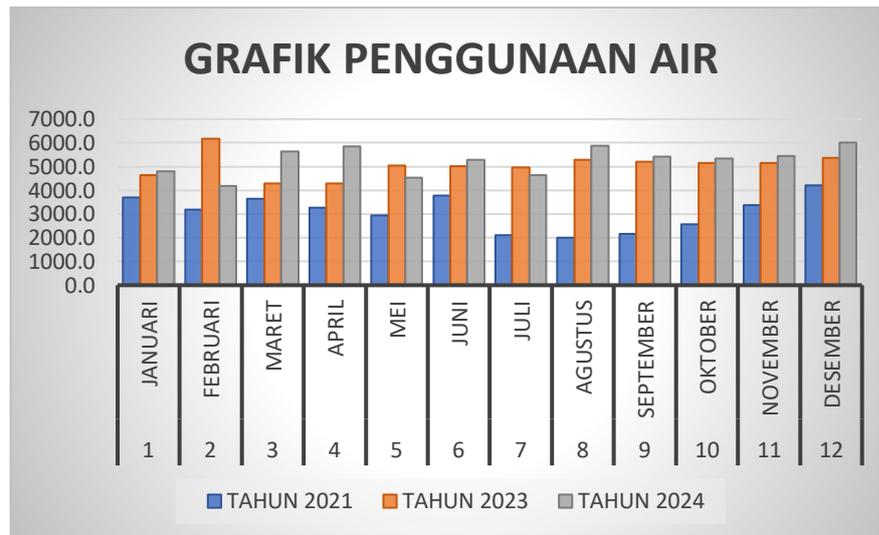
Dalam upaya menjaga kondisi motor pompa agar tetap dalam kondisi yang baik ada beberapa parameter yang harus selalu dimonitoring dan di kontrol. Parameter-parameter seperti suhu, arus, dan tegangan motor merupakan indikator utama dalam menilai kondisi kesehatan motor pompa (Feriadi dkk., 2025). Dengan memantau parameter ini secara *realtime*, operator dapat segera mendeteksi potensi masalah sebelum berkembang menjadi kerusakan yang lebih serius. Untuk meningkatkan efisiensi pemeliharaan pada motor pompa diperlukan sistem pembagian beban kerja antar motor pompa yang sedang beroperasi, hal ini dilakukan untuk memastikan kondisi motor pompa berjalan dengan baik.

Permasalahan yang sering terjadi pada motor pompa dapat terjadi akibat ketidakseimbangan tegangan antar fasa (*unbalance voltage*) dan dapat

menyebabkan arus yang tidak merata, sehingga memicu panas berlebih pada gulungan stator dan rotor. Akibatnya, isolasi pada gulungan dapat mengalami kerusakan, yang berujung pada penurunan umur motor induksi (Afianto dkk, 2020). Selain itu, panas berlebih ini juga mengurangi efisiensi motor dengan menurunkan putaran dan torsi pada motor, sehingga pada akhirnya dapat menyebabkan kerusakan serius pada motor induksi (Prastyana, dkk 2023). Menurut (Gunawan & Nicodemus 2013), terdapat beberapa faktor penyebab *overheat* pada pompa, diantaranya: naik turunnya tegangan listrik sebagai tenaga penggerak motor listrik pompa, poros pompa yang tidak presisi (*misalignment*) yang menyebabkan ketidakefisienan daya yang disalurkan, peningkatan *ampere* (kuat arus) yang mengakibatkan putaran menjadi tidak stabil atau bahkan berhenti sehingga meningkatkan suhu pompa akibat energi elektromagnetik yang terus bekerja, kerusakan pada bearing motor listrik atau bearing pompa, serta kerusakan pada kapasitor yang berfungsi sebagai alat bantu starting atau menjaga putaran mesin. Kapasitor yang melemah dapat menyebabkan putaran mesin terhambat dan meningkatkan temperatur pompa.

Seiring dengan meningkatnya jumlah penumpang yang memanfaatkan moda transportasi udara, terjadi pula peningkatan signifikan terhadap kebutuhan akan fasilitas pendukung, salah satunya adalah ketersediaan air bersih di lingkungan bandar udara. Bandar Udara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang (SMB II), sebagai salah satu bandara utama di wilayah Sumatera Selatan, mengalami pertumbuhan konsumsi air bersih yang cukup signifikan dari tahun ke tahun. Berdasarkan data yang diperoleh, jumlah pemakaian air bersih yang digunakan untuk operasional terminal dan perkantoran bandara tercatat sebesar 3.078 meter kubik pada tahun 2021. Angka ini mengalami peningkatan yang cukup drastis pada tahun 2023, yaitu mencapai 5.043 meter kubik, dan terus meningkat hingga mencapai 5.252 meter kubik pada tahun 2024. Kecenderungan peningkatan ini mencerminkan adanya korelasi antara pertumbuhan aktivitas bandara yang meliputi peningkatan arus penumpang, aktivitas penerbangan, serta intensitas operasional harian dengan kebutuhan

terhadap sumber daya air bersih yang memadai. Data ini juga divisualisasikan secara lebih rinci pada Gambar I.1, yang menggambarkan tren kenaikan penggunaan air bersih selama kurun waktu tiga tahun terakhir di lingkungan Bandara Internasional SMB II Palembang.:



Gambar I. 1 Grafik penggunaan air bandara SMB II
(Sumber : dokumen unit plumbing)

Tabel I.1 Data penumpang bandara SMB II

TAHUN	PENUMPANG				JML (6+7+8+9)
	KEDATANGAN	KEBERANGKATAN	TRANSIT	TRANSFER	
2023	1061248	1049746	13408	0	2124402
2024	1372989	1376235	15786	1362	2766372

(Sumber : pihak SMB II)

Meningkatnya pengguna transportasi udara pada era globalisasi ini menjadi tuntutan bagi pengelola dunia industri penerbangan untuk memberikan pelayanan yang optimal bagi pengguna transportasi udara, dapat dilihat pada tabel I.1 data penumpang pada Bandar udara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II. Pengelolaan air bersih pada Bandara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II dilakukan pada sistem *Water Treatment Plant* (WTP). *Water Treatment Plant* pada Bandara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin

II memiliki peran penting dalam menunjang operasional bandar udara seperti : air bersih bagi penumpang bandar udara, sistem pendingin terminal (AC), serta persediaan air untuk sistem *Fire Fighting* sebagai penunjang keamanan dan keselamatan penerbangan. Sehingga WTP harus mampu mendistribusikan air secara efektif dan efisien. Namun, pada tahun 2018 terjadi kerusakan pada motor pompa air baku pada sistem WTP yang disebabkan penggunaan pompa yang berlebih atau *Life-time* penggunaan pompa yang terlalu lama yang menyebabkan motor pompa terbakar. Sehingga terganggunya proses pengelolaan air bersih pada sistem WTP Bandara Internasional Mahmud Badaruddin II Palembang. Dapat dilihat pada Gambar I. 2 merupakan dokumentasi kerusakan motor pompa pada tahun 2018.



Gambar I. 2 Kerusakan motor pompa tahun 2018
(Sumber : unit plumbing SMB II Palembang)

Kurangnya sistem yang mampu mengatur dan memonitoring motor pompa secara bergantian saat beroperasi menjadi salah satu faktor kerusakan pada motor pompa. saat ini sistem pengoperasian motor pompa air baku masih dilakukan secara manual menggunakan *push button*, sehingga dalam melakukan *switch* pompa harus dilakukan menggunakan tombol pada panel secara manual. Sehingga membuat *Life-time* dari motor pompa menjadi lebih singkat karena

kurangnya sistem kontrol yang mampu membagi beban kerja motor pompa (Ramadhan dkk, 2024).

Kondisi ini mendorong perlunya penelitian untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring yang mampu mengontrol dan memonitoring motor pompa secara *real-time* dan dari jarak jauh. Sebagai solusi terhadap kendala yang dialami tim *plumbing* bandara SMB II. Dengan adanya sistem monitoring ini, operator dapat memantau kondisi motor pompa secara *real-time*, memprediksi potensi kerusakan lebih awal, dan mengambil tindakan preventif untuk mencegah kerusakan lebih lanjut. Sehingga dapat meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi biaya perawatan, dan memperpanjang umur motor pompa. Untuk menerapkan sistem ini tentunya membutuhkan teknologi yang dapat terintegrasi dengan alat yang akan di kontrol dan monitoring agar tercipta sistem yang andal dan efisien.

Kemajuan teknologi, khususnya dalam bidang *Internet of Things* (IoT), telah membuka peluang besar untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan pengoperasian motor pompa. Sistem monitoring berbasis IoT memungkinkan pemantauan parameter penting secara *real-time* melalui sensor yang terhubung ke aplikasi analitik atau perangkat lunak (Sihombing, 2023). Teknologi ini tidak hanya memberikan informasi yang akurat tetapi juga memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat. Sudah banyak sistem yang IoT yang mampu memonitoring dan mengontrol pompa dengan jarak jauh namun belum banyak yang mengintegrasikan sistem otomatis ini dengan *safety* motor itu sendiri sehingga sistem tidak terintegrasi dari sisi *safety*.

Dalam menerapkan teknologi IoT dalam dunia industri banyak sistem dan mikrokontroler yang bisa digunakan sebagai medianya. Menurut (Tri dkk, 2017) dengan judul *prototype* Rumah Pompa Banjir Menggunakan Motor Listrik Sebagai Pemompa Otomatis Berbasis untuk memonitoring motor pompa dapat menggunakan PLC sehingga mampu mengontrol pompa dari jarak jauh dan terintegrasi dengan semua pompa lainnya, tetapi pada penelitian ini tidak

terdapat sistem yang memberikan tegangan dan arus saat motor bekerja. Kemudian pada penelitian yang berjudul *Monitoring And Control System Of Industrial Electric Motors Using The Internet of Things* Sistem Monitoring Dan Kontrol Motor Listrik Industri Menggunakan *Internet of Things* (IoT) menggunakan sistem yang sama untuk mengontrol motor listrik, namun sensor suhu yang digunakan adalah DHT 11. Sensor ini kurang cocok digunakan untuk membaca suhu pada motor karena tidak bersentuhan langsung pada motor dan ukuran dan desain yang kurang cocok untuk motor (Hanafi dkk, 2023). Selain itu pada penelitian yang berjudul *Monitoring Suhu, Vibrasi Dan Arus Motor Induksi 3 Fasa dalam memonitoring dan mengontrol motor menggunakan mikrokontroler Arduino Wemos*, namun dalam penelitian ini kurang efektif jika menggunakan modul Wemos D1 mini karena *output* tegangan yang kecil (Buwarda dkk, 2023). Selain itu pada jurnal yang berjudul *Internet of Things on Electrical Energy Monitoring Using Multi-Electrical Parameter Sensors* keberhasilan sensor PZEEM dalam memonitoring penggunaan daya, tegangan, arus listrik yang dikontrol menggunakan mikrokontroler Arduino yang dapat ditampilkan pada *platform thingspeak*. Semua sistem ini memiliki keunggulan dan kekurangannya masing masing untuk mengatur sistem motor listrik yang diinginkan sesuai dengan kondisi dan keadaan dalam penempatan motor pompa.

Oleh karena itu, penulis melakukan observasi di lapangan selama melaksanakan kegiatan *On The Job Training* (OJT) untuk mengetahui permasalahan yang ada di sistem pengelolaan air bersih serta didukung dengan dilakukannya kegiatan wawancara bersama *supervisor* dan teknisi *plumbing*. sehingga penulis memiliki ide inovasi untuk memonitoring dan mengontrol motor pompa pada sistem air baku serta memiliki mekanisme *switching* otomatis, penelitian ini merancang sebuah *prototype* yang berjudul “RANCANGAN *PROTOTYPE* POMPA AIR BAKU BERBASIS IoT DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL SULTAN MAHMUD BADARUDDIN II PALEMBANG”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan deskripsi latar belakang diatas, rumusan masalah yang akan diangkat pada penelitian ini adalah Bagaimana merancang *prototype* motor pompa air baku yang dapat mengontrol dan memonitoring motor pompa secara *real-time* dari jarak jauh serta mampu menerapkan mekanisme *switching* otomatis agar perpindahan antar motor pompa dapat berjalan optimal.

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditentukan maka tujuan penelitian proposal tugas akhir ini adalah merancang *prototype* motor pompa air baku yang dapat mengontrol dan memonitoring motor pompa secara *real-time* dari jarak jauh serta mampu menerapkan mekanisme *switching* otomatis agar perpindahan antar motor pompa dapat berjalan optimal sehingga dapat memperpanjang *life-time* dari motor pompa dan dapat mempermudah pemeliharaan preventif bagi teknisi.

D. Batasan Masalah

Dalam penelitian tugas akhir ini penulis memberikan Batasan masalah pada penelitian ini sehingga menghasilkan hasil yang tidak keluar dari konteks judul penelitian, yaitu penelitian ini difokuskan pada *prototype* kontrol *switch* jarak jauh pada motor pompa yang dapat diterapkan pada sistem air baku dan memonitoring kondisi motor pompa dari jarak jauh secara *real-time* dengan parameter suhu, tegangan, dan arus motor.

E. Sistematika penelitian

Adapun sistematika penelitian yang akan dilakukan oleh penulis sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang masalah, rumusan dan batasan masalah, serta tujuan dari penelitian yang dilakukan. Penelitian diarahkan untuk mengatasi permasalahan spesifik melalui pembuatan sistem atau alat tertentu. Manfaat penelitian dijelaskan dari sisi akademis

dan praktis, dan sistematika penelitian memberikan gambaran isi laporan secara menyeluruh.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi teori-teori yang mendasari penelitian, termasuk prinsip kerja komponen dan sistem yang digunakan. Bagian ini Juga memuat ringkasan penelitian terdahulu sebagai pembanding dan penguat kajian yang dilakukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan metode yang digunakan, langkah-langkah pelaksanaan penelitian, teknik analisis data, jadwal kegiatan, serta kebutuhan alat dan bahan dalam pengembangan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Menyajikan hasil pengamatan, desain sistem, validasi, dan uji coba alat. Proses revisi dilakukan jika ditemukan kekurangan, hingga sistem bekerja sesuai tujuan dan spesifikasi yang ditetapkan.

BAB V KESIMPULAN SARAN

pada bab ini berisikan hasil dari penelitian yang telah dilakukan serta saran yang diberikan oleh penulis sebagai pengembangan kedepannya untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dengan adanya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan ide dan inovasi kepada Bandara Internasional Mahmud Badaruddin II Palembang untuk meningkatkan sistem *Water Treatment Plant* (WTP) sehingga mampu memberikan pelayanan yang efektif dan efisien dalam pengelolaan air bersih.
2. Dengan kemampuan monitoring dan kontrol *real-time* dari jarak jauh, operator dapat memantau status, kinerja, dan konsumsi energi setiap motor

pompa tanpa perlu berada di lokasi fisik. Sistem switching otomatis memastikan motor pompa bekerja secara optimal dan bergiliran, menghindari beban kerja berlebih pada satu motor. Ini akan mengurangi konsumsi energi secara keseluruhan karena pemakaian daya dapat diatur sesuai kebutuhan, serta memperpanjang umur pakai motor karena distribusinya merata.

3. Dengan sistem ini dapat memonitoring secara langsung kondisi alat sehingga mampu memprediksi kemungkinan kerusakan ataupun gangguan pada sistem kerja alat sehingga memperkecil kemungkinan kerusakan lebih parah pada alat yaitu motor pompa.
4. Sistem monitoring dan kontrol jarak jauh mengurangi kebutuhan intervensi manual di area pompa yang mungkin berisiko. Hal ini meningkatkan keamanan kerja bagi para teknisi dan operator. Selain itu, dengan otomatisasi dan kemampuan deteksi dini, risiko kegagalan sistem berskala besar dapat diminimalkan, melindungi investasi dan operasional.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Teori Penunjang

1. Air Baku

Air baku adalah air yang berasal dari sumber alami seperti sungai, danau, mata air, atau air tanah yang belum mengalami proses pengolahan lebih lanjut agar memenuhi standar kualitas air minum atau air industri (Nainggolan dkk., 2019). Air ini digunakan sebagai bahan dasar dalam proses penyediaan air bersih dan air minum. Sumber air baku dapat berasal dari air permukaan, seperti sungai, danau, waduk, dan rawa, serta air tanah yang meliputi sumur dangkal, sumur dalam, dan mata air. Selain itu, air hujan yang ditampung dan diolah juga dapat dimanfaatkan sebagai air baku, begitu pula dengan air laut yang dapat diolah menggunakan teknologi desalinasi. Kualitas air baku sangat penting dalam memastikan ketersediaan air bersih yang layak konsumsi, yang ditentukan oleh parameter fisik seperti kekeruhan dan suhu, parameter kimia seperti pH dan kandungan logam berat, serta parameter biologis yang mencakup keberadaan bakteri patogen, virus, dan mikroorganisme lainnya (Atikah dkk., 2023).



Gambar II. 1 Air baku
(Sumber : <https://cdn-2.tstatic.net/>)

Standar kualitas air baku di Indonesia diatur oleh Peraturan Menteri Kesehatan dan peraturan lingkungan hidup, termasuk Peraturan Menteri Kesehatan No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air

Minum serta Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran air. Proses pengelolaan air baku juga sering dilakukan di berbagai bandar udara di Indonesia sebagai sumber air bersih. Salah satu bandara yang menggunakan sistem pengelolaan air bersih dengan sumber air baku yaitu Bandara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II. Proses pengelolaan air baku menjadi air bersih dilakukan pada sistem *Water Treatment Plant* (WTP).

2. *Water Treatment Plant* (WTP)

Water Treatment Plant (WTP) merupakan proses pengolahan air yang bertujuan untuk menjernihkan air hingga siap pakai. Dalam proses pengolahan air terdiri dari Intake, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, desinfeksi, dan reservoir (Priyatna & Andang, 2021). Proses pengolahan air di WTP bertujuan untuk menghilangkan kontaminan fisik, kimia, dan biologis sehingga air yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan. Sistem air bersih merupakan hal yang penting bagi kepuasan penumpang mulai dari kualitas air yang dihasilkan, tersedianya air setiap saat, dan juga Cadangan air saat situasi bahaya. Sehingga dibutuhkan sistem *Water Treatment Plant* yang memadai untuk mendukung keamanan dan kenyamanan penumpang dalam penyediaan air bersih di Bandara Internasional Mahmud Badaruddin II Palembang.



Gambar II. 2 Sistem *water treatment plant*
(Sumber : <https://www.cryogasco2.com>)

a. Komponen Utama sistem *Water Treatment Plant*

1) Panel kontrol

Merupakan pusat kendali seluruh operasi sistem, mengatur start/stop motor, alarm, dan pemantauan kinerja secara otomatis/manual pada unit-unit seperti pompa dan *mixer*. Panel ini penting untuk pengoperasian yang terkoordinasi dan aman.

2) Motor pompa *Intake*

Berfungsi untuk menyedot air baku dari sumber (sungai, sumur, danau) ke dalam sistem WTP, ini adalah titik awal proses sistem pengolahan air.

3) Motor Pompa Kirim

Berfungsi mengirimkan air bersih dari reservoir atau tangki penampung ke jaringan distribusi. Biasanya menggunakan booster pump dengan kontrol tekanan otomatis melalui *pressure transmitter* dan inverter/VFD agar tekanan air tetap konstan saat beban di distribusikan berubah.

4) Motor Pompa *Backwash*

Pompa ini digunakan saat proses pencucian media filter (*backwash*), dengan cara mengalirkan air secara berlawanan arah aliran normal pada sand filter. Tujuannya adalah membersihkan media dari lumpur atau partikel yang menyumbat, menjaga efisiensi filtrasi.

5) Motor Pompa Dosing

Mengontrol injeksi bahan kimia (koagulan, alkali, klorin) ke aliran air menggunakan dosing pump tipe peristaltik atau diaphragm. Dosing diatur berdasarkan debit air (*flow-proportional dosing*) untuk menjaga akurasi konsentrasi.

6) Motor Pompa *Mixer*

Biasanya digunakan pada rapid mixing chamber untuk mencampurkan bahan kimia dengan air secara merata. Motor ini menggerakkan

impeller atau agitator pada kecepatan tinggi untuk memicu reaksi koagulasi awal.

7) Bak Pencampuran

Pada area ini bahan kimia seperti aluminium sulfat (tawas) dan soda ash mulai bereaksi dengan partikel koloid. Tujuan pencampuran cepat ini adalah untuk memecah muatan negatif partikel agar dapat saling menggumpal (koagulasi).

8) Bak Clarifier

Clarifier adalah unit sedimentasi dengan mekanisme sludge removal di dasar. Air mengalir perlahan agar flok hasil koagulasi-flokulasi dapat mengendap secara gravitasi. Lumpur (sludge) akan dibuang secara berkala melalui valve drain atau motor scraper.

9) Bak Sand Filter

Menggunakan media pasir silika, kerikil, dan kadang karbon aktif. Air dari clarifier disaring untuk menghilangkan sisa flok atau partikel mikro. Aliran dapat berupa *downflow gravity* atau *pressure filter* tergantung desain sistem. Efisiensi filtrasi dijaga dengan *cycle backwash* berkala

10) Motor Pompa Chlorine

Pompa ini menyuntikkan larutan natrium hipoklorit (NaOCl) ke air bersih untuk disinfeksi akhir. Biasanya pengaturan dilakukan berdasarkan nilai residual chlorine yang dibaca oleh online *analyzer*. Dosing harus dikontrol ketat untuk menjamin keamanan konsumsi.

11) Tangki Chlorine

Merupakan tempat penyimpanan klorin cair atau larutan klorin. Material tangki harus tahan korosi (HDPE, PVC, FRP). Tangki ini dilengkapi dengan ventilasi dan sistem keamanan seperti gas detector jika menggunakan klorin gas.

12) Drum Aluminium Sulfat

Drum ini menyimpan koagulan berupa larutan tawas. Bahan ini digunakan untuk menggumpalkan partikel halus (koloid) dalam air. Dosis tawas tergantung kualitas air baku (misalnya nilai turbidity/NTU).

13) Drum Soda Ash

Berisi larutan Sodium Carbonate (Na_2CO_3), digunakan untuk menaikkan pH air yang terlalu asam setelah penambahan koagulan. Ini penting untuk menjaga korosifitas air dan membantu pembentukan flok yang optimal.

14) Pipa

Berfungsi sebagai saluran penghubung antar unit, baik dari intake ke mixer, clarifier ke filter, maupun filter ke reservoir. Pipa harus sesuai dengan tekanan dan debit sistem, dengan material tahan bahan kimia (PVC-U, HDPE, SS304)

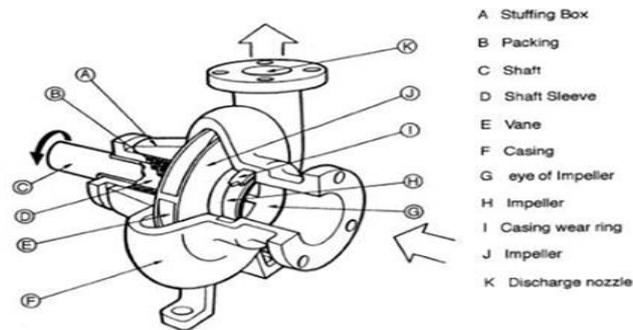
15) Bak *Reservoir*

Tempat penyimpanan air bersih hasil olahan yang siap disalurkan ke masyarakat. Biasanya dilengkapi level sensor, overflow, dan sistem desinfeksi ulang jika perlu. Dapat berfungsi sebagai buffer tank untuk menyeimbangkan kebutuhan distribusi.

3. Motor pompa sentrifugal

Secara umum pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus (Sahnur Nasution dkk., 2020). Gaya sentrifugal ialah gaya yang timbul akibat adanya gerakan sebuah benda atau partikel melalui lintasan lengkung (melingkar). Gaya sentrifugal bekerja pada impeller untuk mendorong *fluida* ke sisi luar sehingga kecepatan *fluida* meningkat. Pada aplikasinya pompa sentrifugal

merupakan pompa yang sangat umum digunakan untuk memompa cairan dalam berbagai penggunaan industri (Yudaputranto, 2024).



Gambar II. 3 Bagian - bagian pompa

(Sumber : <http://uripgumulya.com>)

berikut ini merupakan komponen pada bagian – bagian pompa sentrifugal. Komponen komponen pada Pompa

- a. *Impeller*: Menghasilkan gaya sentrifugal yang mendorong *fluida* keluar dari pompa. Gaya sentrifugal ini dihasilkan oleh rotasi impeller yang menyebabkan *fluida* bergerak keluar dari pusat impeller ke arah tepi.
- b. *Casing*: Menampung *fluida* dan membantu mengarahkan aliran *fluida* . *Casing* juga membantu menjaga tekanan *fluida* di dalam pompa.
- c. *Volute*: Mengubah energi kinetik *fluida* menjadi energi tekanan. Saat *fluida* keluar dari impeller, volute membantu memperlambat aliran *fluida* dan meningkatkan tekanan *fluida* .
- d. *Diffuser*: Memperlambat aliran *fluida* dan meningkatkan tekanan *fluida* *Diffuser* membantu meningkatkan efisiensi pompa dengan meminimalkan kehilangan energi akibat turbulensi.

- e. *Shaft*: Menghubungkan impeller dengan motor atau penggerak lainnya dan memungkinkan *fluida* untuk bergerak melalui pompa. Shaft harus cukup kuat untuk menahan torsi yang di hasilkan oleh impeller.
- f. *Seal*: Mencegah kebocoran *fluida* dari pompa. Kebocoran *fluida* dapat menyebabkan kontaminasi lingkungan dan membahayakan keselamatan operator.
- g. *Bearing*: Menopang shaft dan memastikan impeller berputar dengan lancar. *Bearing* yang baik akan membantu memperpanjang usia pompa dan mengurangi biaya perawatan

Bandara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II memiliki beberapa pompa dan hampir rata-rata menggunakan pompa sentrifugal. yaitu:

- a. Motor pompa *intake*
- b. Motor Pompa Kirim
- c. Motor Pompa *backwash*
- d. Motor pompa dosing
- e. Motor pompa *mixer*

Salah satu pompa sentrifugal yang dimiliki bandara Sultan Mahmud Badaruddin II adalah pada pompa air baku POND 1. Pompa air baku merupakan bagian dari sistem *Water Treatment Plant* yang berfungsi untuk mengambil sumber air baku yang berada POND 1 yang nantinya akan disuplai ke *sedimentation tank water treatment* untuk dilakukan pencampuran bahan kimia dan juga *filtering* untuk menghasilkan air yang layak digunakan. Air yang telah melalui sistem *water treatment* akan disuplai ke *reservoir* WTP cargo yang nantinya dapat disuplai ke konsumen bandara.

Untuk menjaga keandalan sistem motor pompa, pengaturan batas suhu maksimum, arus dan tegangan pada motor pompa sangat penting, agar tidak melebihi kemampuan isolasi termal motor. Berdasarkan standar International Electrotechnical Commission (IEC), IEC 60085 dan IEC

60034-1 membahas tentang *electrical insulation* menyebutkan batas suhu maksimum operasi motor ditentukan oleh kelas isolasi, di mana kelas F memiliki batas suhu kerja hingga 155°C pada titik panas (*hotspot*) dan umumnya permukaan luar motor dikendalikan agar tidak melebihi 90°C. Produsen motor pompa seperti Grundfos juga menetapkan bahwa sistem proteksi suhu, seperti PTC thermistor atau *thermal switch*, diatur untuk memutus daya ketika suhu mencapai 85–90°C guna menghindari kerusakan dini akibat *overheating*. Hal ini sejalan dengan panduan NEMA MG 1-2016 yang merekomendasikan pengamanan motor berdasarkan kelas insulasi dan ambang aman pemakaian berkelanjutan (Due Jensens, 2004).

Berdasarkan ketentuan dalam standar NEMA MG-1 dan ANSI C84.1, batas toleransi ketidakseimbangan tegangan (*voltage unbalance*) yang masih dapat diterima untuk pengoperasian motor induksi tiga fasa secara andal berada pada kisaran 1% hingga 2%, dengan nilai maksimum yang diizinkan sebesar 3%. Apabila nilai ketidakseimbangan tegangan melebihi ambang tersebut, maka diperlukan penerapan derating terhadap motor, yaitu pengurangan beban kerja, guna mencegah kerusakan akibat peningkatan arus dan suhu operasi yang tidak terkendali. Meskipun perbedaan tegangan antar fasa tampak kecil, ketidakseimbangan ini dapat menghasilkan ketidakseimbangan arus (*current unbalance*) yang jauh lebih signifikan. Secara umum, ketidakseimbangan arus meningkat sekitar 6 hingga 10 kali lipat dibandingkan nilai ketidakseimbangan tegangan. Oleh karena itu, dalam praktik ketenagalistrikan, batas aman untuk ketidakseimbangan arus ditetapkan tidak melebihi 10%. Jika nilai ini terlampaui, motor berisiko mengalami *overheating*, penurunan efisiensi operasional, hingga potensi kerusakan isolasi lilitan akibat degradasi termal yang berkelanjutan.

4. Kontrol Monitoring

Kontrol monitoring merupakan suatu proses pengawasan dan pemantauan secara sistematis terhadap berbagai aspek suatu sistem atau aktivitas untuk

memastikan bahwa segala sesuatu berjalan sesuai dengan rencana atau standar yang telah ditetapkan (Nindra Kristiantya dkk., 2022). Dalam konteks tertentu, monitoring kontrol dapat merujuk pada pemantauan dan pengawasan sistem kontrol atau perangkat pengaturan untuk memastikan keefektifan dan keamanan operasional.



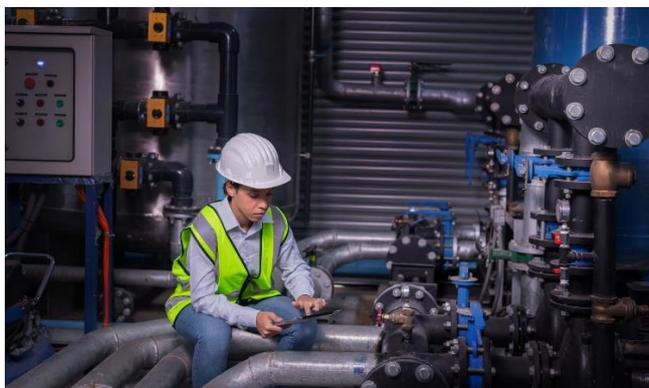
Gambar II. 4 Kegiatan monitoring
(Sumber : <https://a.okezone.com/>)

Pada bandara Sultan Mahmud Badaruddin II terdapat kegiatan preventif mulai dari pengecekan meteran air, suhu motor, dan PH air yang diproduksi. Teknisi akan melakukan kegiatan rutin ini setiap harinya yang nantinya data akan dilaporkan dan menjadi evaluasi apabila terdapat nilai yang tidak standar operasional Bandara Internasional SMB II Palembang. Dengan sistem monitoring yang masih manual ini mempunyai resiko kesalahan data ataupun *human Error* yang tinggi karena membutuhkan banyak teknisi untuk melakukan kegiatan preventif ini sedangkan jumlah teknisi yang tidak terpenuhi baik itu dari Sumber Daya Manusia (SDM) dan Kompetensi dari teknisi itu sendiri (Afianto dkk, 2020).

5. *Maintenance*

Maintenance pada motor induksi 3 phase meliputi dari *preventive*, prediktif, dan korektif. Motor induksi 3 phase banyak digunakan sebagai penggerak pompa, blower, dan kompresor sehingga butuh pemeliharaan yang baik untuk menjaga kondisi motor induksi 3 phase dalam keadaan baik. Sehingga

pemeliharaan harus dilakukan secara rutin terutama preventif dan prediktif untuk menjaga kondisi motor induksi dalam kondisi selalu siap pakai dan memberikan kinerja yang efektif dan efisien (Ajulian & Winardi, 2024). Pemeliharaan Prediktif termasuk dalam kegiatan pemeliharaan preventif yaitu pemeliharaan yang dilakukan sebelum alat mengalami kerusakan. Namun pada pemeliharaan prediktif terdapat metode berbeda yang dapat memprediksi atau mengetahui potensi kerusakan pada alat.



Gambar II. 5 *Maintenance*
(Sumber : <https://www.ntxplumbing.com/>)

Pada Bandara Internasional Mahmud Badaruddin II Palembang masih sulit untuk menerapkan sistem prediktif *maintenance* dikarenakan kurangnya fasilitas teknologi untuk mendukung parameter dalam melakukan prediktif *maintenance* serta kurangnya data atau histori dan sejarah alat yang ada pada Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II terutama pada unit *plumbing*. sehingga perbaikan atau korektif *maintenance* sering dilakukan karena kurangnya pengetahuan potensi dini pada kerusakan alat yang ada pada unit *plumbing* bandara internasional SMB II Palembang.

6. *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) adalah teknologi yang memungkinkan perangkat monitoring terhubung ke jaringan internet, sehingga data dari alat seperti motor pompa dapat dipantau secara *real-time*. Teknologi ini memberikan keunggulan besar, terutama dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi

pengumpulan data (Rahmadhani dkk, 2022). Dengan IoT, pengguna dapat memantau parameter penting seperti level air, suhu, arus, dan tegangan melalui perangkat seperti ponsel atau komputer (Prastyana dkk,2023). Kemampuan ini memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat, terutama saat terdeteksi anomali dalam sistem (Hanafi dkk, 2023). Selain itu, IoT mendukung otomatisasi, seperti memberikan peringatan ketika parameter tertentu melebihi batas, yang pada akhirnya dapat mengurangi risiko kerusakan atau kegagalan alat (Sihombing, 2023).



Gambar II. 6 *Internet of Things*

(Sumber : <https://www.verdict.co.uk>)

Namun, dibalik keunggulannya, penerapan IoT juga menghadapi beberapa tantangan. Salah satu kendala utama adalah ketergantungan pada koneksi internet yang stabil. Jika koneksi terganggu, akses terhadap data dan kontrol alat dapat terhambat, sehingga mengurangi efektivitas pemantauan. Selain itu, implementasi IoT seringkali memerlukan investasi yang cukup besar, terutama untuk pengadaan perangkat keras, sensor, dan infrastruktur jaringan, yang mungkin menjadi beban bagi pengguna skala kecil (Octaria dkk, 2024). Dari sisi keamanan, perangkat IoT juga rentan terhadap serangan siber, yang dapat menyebabkan kebocoran data atau manipulasi sistem yang dapat membahayakan.

Meskipun demikian, IoT tetap menjadi solusi yang sangat potensial dalam monitoring alat. Keunggulannya, seperti akses data secara real-time, peningkatan efisiensi operasional, dan kemampuan otomatisasi, memberikan nilai tambah yang signifikan. Namun, untuk memaksimalkan manfaatnya, penting bagi pengguna untuk mengantisipasi tantangan seperti kebutuhan koneksi internet yang stabil, pengelolaan biaya, dan perlindungan terhadap ancaman keamanan. Dengan pengelolaan yang tepat, IoT dapat menjadi pilar penting dalam meningkatkan keandalan dan produktivitas sistem monitoring.

Salah satu aplikasi yang sering digunakan untuk mendukung implementasi IoT adalah *Blynk*. *Blynk* adalah *platform* IoT yang memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol perangkat secara *real-time* melalui antarmuka berbasis aplikasi di ponsel atau komputer. Dengan *Blynk*, pengguna dapat dengan mudah mengintegrasikan perangkat IoT dan membuat dashboard interaktif untuk menampilkan data seperti level air, suhu, arus, atau tegangan. Selain itu, aplikasi ini mendukung pengiriman notifikasi otomatis, sehingga pengguna dapat segera merespons jika terjadi masalah atau anomali dalam sistem.



Gambar II. 7 Aplikasi *Blynk*
(Sumber : <https://fazals.ddns.net>)

Meskipun demikian, IoT tetap menjadi solusi yang sangat potensial dalam monitoring alat. Keunggulannya, seperti akses data secara real-time, peningkatan efisiensi operasional, dan kemampuan otomatisasi,

memberikan nilai tambah yang signifikan. Namun, untuk memaksimalkan manfaatnya, penting bagi pengguna untuk mengantisipasi tantangan seperti kebutuhan koneksi internet yang stabil, pengelolaan biaya, dan perlindungan terhadap ancaman keamanan (Risfendra dkk, 2021). Dengan pengelolaan yang tepat, IoT dapat menjadi pilar penting dalam meningkatkan keandalan dan produktivitas sistem monitoring.

7. C++

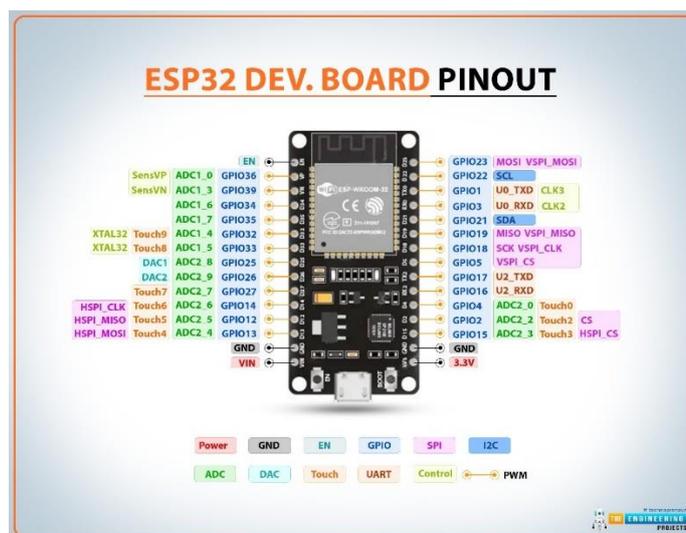
Bahasa pemrograman C++ merupakan salah satu bahasa pemrograman tingkat tinggi yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem yang menuntut efisiensi serta kinerja tinggi (Adawiyah Ritonga & Yahfizham Yahfizham, 2023). Dikembangkan oleh Bjarne Stroustrup pada awal tahun 1980-an sebagai pengembangan dari bahasa C, C++ menggabungkan paradigma pemrograman prosedural dan berorientasi objek (*Object-Oriented Programming/OOP*). Fitur-fitur seperti kelas, objek, enkapsulasi, pewarisan, dan polimorfisme memungkinkan pengembangan perangkat lunak yang lebih modular, terstruktur, dan mudah untuk dipelihara. Selain itu, C++ juga mendukung pemrograman generik melalui penggunaan *template* dan memberikan kontrol penuh terhadap manajemen memori, menjadikannya sangat sesuai untuk aplikasi pada sistem *embedded* maupun *real-time*.

Dalam konteks implementasi sistem otomasi dan *Internet of Things* (IoT), C++ banyak digunakan melalui platform mikrokontroler seperti Arduino, karena kemampuannya untuk berinteraksi langsung dengan perangkat keras serta efisiensi dalam penggunaan sumber daya terbatas. Menurut (Dewi erawati, 2010), C++ tetap menjadi bahasa yang kompetitif dalam pengembangan aplikasi yang memerlukan performa tinggi dan stabilitas. Penelitian oleh (Amalia & Putra, 2022) juga menunjukkan bahwa C++ efektif dalam pengendalian perangkat keras melalui sistem IoT, misalnya pada pengaturan sistem pompa air otomatis berbasis mikrokontroler. Berdasarkan pertimbangan tersebut, pemilihan C++ dalam penelitian ini

didasarkan pada fleksibilitas, efisiensi, dan kemampuannya dalam mendukung pengembangan sistem otomasi, khususnya sistem pompa air baku otomatis berbasis IoT.

8. ESP 32

Mikrokontroler ESP 32, khususnya dalam varian 32-pin, merupakan sebuah *System on Chip* (SoC) yang sangat populer dan serbaguna, mengintegrasikan CPU *dual-core* atau *single-core* Tensilica Xtensa LX6 dengan konektivitas WiFi dan Bluetooth dual-mode dalam satu chip kecil. Kemampuannya untuk beroperasi pada frekuensi hingga 240 MHz, ditambah dengan beragam periferil seperti GPIO, ADC, DAC, SPI, I2C, dan UART, menjadikannya pilihan ideal untuk berbagai aplikasi *Internet of Things* (IoT) dan sistem tertanam. Ukurannya yang ringkas dan konsumsi daya yang relatif rendah, meskipun memiliki performa tinggi, memungkinkan implementasi pada perangkat portabel maupun yang membutuhkan efisiensi energi. penggunaan ESP32 dalam sistem monitoring, yang menunjukkan kapabilitasnya dalam pengumpulan dan transmisi data secara nirkabel, menegaskan relevansinya dalam pengembangan proyek-proyek berbasis IoT (setiawan, 2017).



Gambar II. 8 ESP 32

(Sumber : <https://escruta6b9lessonmedia.z14>)

ESP32 merupakan salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem berbasis Internet of Things (IoT) karena memiliki kemampuan konektivitas nirkabel seperti WiFi dan Bluetooth, serta dilengkapi dengan berbagai fitur input/output yang cukup lengkap. Setiap pin pada ESP32 memiliki fungsi tertentu yang dapat dimanfaatkan sesuai kebutuhan sistem. Pemahaman terhadap fungsi masing-masing pin sangat penting agar perancangan dan implementasi sistem dapat berjalan dengan baik dan efisien. Tabel II.1 berikut ini menyajikan pembagian kategori pin ESP32 beserta fungsi utama dan keterangannya secara ringkas.

Tabel II. 1 Karakteristik PIN ESP-32

Kategori	PIN	Fungsi Utama	Keterangan
Power	VIN, 3.3V, GND	Suplai daya dan ground	VIN untuk input 5V eksternal, 3.3V sebagai output regulasi, GND sebagai ground sistem
Enable (EN)	EN	Reset sistem saat diberikan LOW	Digunakan untuk mereset atau mengaktifkan ESP32
GPIO	GPIO0–GPIO39	Input/output digital umum	Bisa diatur sebagai HIGH/LOW, banyak juga mendukung fungsi lain
ADC	GPIO36, GPIO39, GPIO34, dll	Membaca sinyal analog	Tegangan 0–3.3V dikonversi menjadi nilai digital
DAC	GPIO25, GPIO26	Output tegangan analog	Cocok untuk kontrol suara atau tegangan analog lain

Touch Sensor	GPIO4 (T0) – GPIO 32 (T9)	Sensor sentuh kapasitif	Tidak memerlukan tombol fisik, digunakan untuk interaksi sentuhan sederhana
UART (Serial)	TX: GPIO1,17,10 RX: GPIO3,16,9	Komunikasi serial	UART0 untuk komunikasi USB, UART1/UART2 bisa untuk modul lain
SPI	MOSI: GPIO23 MISO: GPIO19 SCK: GPIO18 CS: GPIO5	Komunikasi dengan perangkat SPI seperti LCD, sensor	Mendukung HSPI dan VSPI
I2C	SDA: GPIO21 SCL: GPIO22	Komunikasi dua arah (I2C) dengan sensor atau modul	Banyak digunakan karena hanya butuh 2 pin

9. Sensor PZEM-004T

Modul PZEM-004T merupakan modul yang telah terintegrasi dengan sensor arus (CT) dan sensor tegangan. Modul PZEM-004T merupakan modul yang multifungsi karena dapat mengukur arus, energi, tegangan dan daya yang terdapat pada suatu rangkaian listrik (Habibi, 2017). Modul PZEM-004 T membutuhkan 5 VDC sebagai catu daya, modul ini menggunakan komunikasi serial RX TX untuk mengirim dan menerima data ke mikrokontroler. Selain itu, modul ini juga dapat menyimpan nilai kWh yang telah dibaca oleh modul. Jadi, jika modul ini mati atau tidak ada tegangan, modul ini akan menyimpan pembacaan nilai kWh dan ketika modul ini mendapatkan tegangan kembali, pembacaan nilai kWh akan dilanjutkan dari pembacaan nilai kWh yang terakhir. Sensor ini dapat digunakan untuk

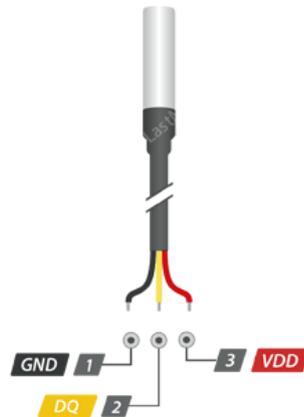
mikrokontroler Arduino, ESP8266, ESP32, Raspberry Pi atau platform open source lainnya (Hutabarat dkk, t.t.).



Gambar II. 9 Sensor PZEM-004T
(Sumber : <https://csrlabs.io/>)

10. Sensor suhu DS18B20

Sensor Suhu DS18B20 adalah sebuah sensor suhu digital *one wire* atau hanya membutuhkan 1 pin jalur data komunikasi. Setiap sensor DS18B20 memiliki nomor seri 64-bit yang unik yang berarti kita dapat menggunakan banyak sensor pada bus daya yang sama (banyak sensor terhubung ke GPIO yang sama). Hal tersebut sangat berguna untuk logging data pada proyek pengontrolan suhu DS18B20 menyediakan 9 hingga 12-bit hasil pembacaan. Jumlah bit tersebut dapat di konfigurasi. Hasil pembacaan dikirim ke atau dari DS18B20 melalui antarmuka *one wire*. Power yang dibutuhkan untuk membaca, menulis, dan melakukan konversi suhu dapat diturunkan dari jalur data itu sendiri tanpa memerlukan sumber daya eksternal. Berdasarkan keterangan dari *datasheet*, sensor ini memiliki rentang pengukuran suhu dari mulai $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai dengan $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan akurasi kurang lebih $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ dari $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$. .



Gambar II. 10 Sensor suhu DS18B20

(Sumber : <https://www.edukasiElektronika.com/>)

11. Sensor ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik merupakan perangkat yang menggunakan gelombang suara ultrasonik (frekuensi di atas 20 kHz, di luar jangkauan pendengaran manusia) untuk mengukur jarak, mendeteksi objek, atau mengidentifikasi keberadaan suatu benda. Sensor ini bekerja dengan memancarkan gelombang ultrasonik dan kemudian mendeteksi pantulan gelombang tersebut (echo) setelah mengenai objek. Waktu yang dibutuhkan gelombang untuk kembali digunakan untuk menghitung jarak antara sensor dan objek.



Gambar II. 11 Sensor ultrasonic HC-SR04

(Sumber : <https://1001caragua.blogspot.com/>)

B. Penelitian Terdahulu

Tabel II. 2 Penelitian relevan

No	Penelitian, tahun, judul	persamaan	Perbedaan
1	Penelitian (Tri dkk, 2017) yang berjudul “ <i>Prototype</i> Rumah Pompa Banjir Menggunakan Motor Listrik Sebagai Pemompa Otomatis Berbasis Plc”	penelitian ini melakukan penerapan sistem kontrol jarak jauh pada motor pompa pada rumah pompa dan penelitian ini juga menggunakan metode R&D.	Perbedaan pada penelitian ini adalah pada komponen pengontrolnya yang menggunakan PLC dan juga pengontrolan menggunakan aplikasi pada komputer.
2	Penelitian (Tri Wahyudi dkk., 2023) yang berjudul “Monitoring Kinerja Motor Pompa Berbasis Iot Menggunakan Esp32”	Penelitian melakukan uji terhadap pengontrolan mesin pompa secara jarak jauh serta memonitoring kondisi motor pompa untuk mengetahui kinerja motor pompa secara <i>real-time</i>	Perbedaan pada penelitian ini adalah pada komponen mikrokontroler yang digunakan yaitu menggunakan ESP 32 dengan 20 pin dan menggunakan metode kuantitatif untuk menguji hipotesis yang ada.
3	Penelitian (Sulistiyorini dkk., 2022) yang berjudul “Pemanfaatan	Penelitian ini memanfaatkan mikrokontroler Nodemcu Esp8266 sebagai pengontrol jarak	Perbedaan pada penelitian ini menggunakan media yang berbeda yaitu sebagai pengontrol

	Nodemcu Esp8266 Berbasis Android (<i>Blynk</i>) Sebagai Alat-alat Mematikan dan Menghidupkan Lampu”	jauh berbasis android (<i>Blynk</i>).	lampu jarak jauh dan menggunakan sensor LDR.
4	Penelitian (Az-Zikri dkk., 2025) yang berjudul “Perancangan <i>prototype</i> Sistem Monitoring Level Air Tandon Berbasis <i>Internet of Things</i> (Iot) Menggunakan Sensor Ultrasonik Jsn-Sr04t”	Penelitian ini melakukan pengontrolan motor dalam pengisian tandon air menggunakan mikrokontroler ESP8266 yang dapat dikontrol jarak jauh.	Perbedaan penelitian ini adalah menggunakan sensor JSN-SR04T sebagai pembaca ketinggian level air tandon.
5	Penelitian (Aditya Matofani, 2021) yang berjudul “Analisis Sistem Proteksi Motor Pompa Air Umpan Boiler MP 1101 Menggunakan EOCR-I3BZ”	Penelitian ini melakukan penelitian terhadap sistem proteksi arus dan tegangan pada motor pompa sentrifugal berjenis motor MP 1101.	Perbedaan dengan penelitian ini yaitu komponen yang digunakan untuk membaca arus dan tegangan yaitu menggunakan <i>Electronic Over Current Relay</i> .