



TUGAS AKHIR – LI1956404

**RANCANG BANGUN MODUL
PEMBELAJARAN SISTEM PEMANTAUAN
VOLUME DAN OTOMASI DISTRIBUSI AIR
PADA TANDON PUSAT DI LABORATORIUM**

Oleh:

Najilatul Maufiroh

NRP. 33112301018

Dosen Pembimbing:

Ahmad Mustofa, S.Kom., M.Kom. Pembimbing I

A Labib Fardany Faisal, S.Si, M.T.I. Pembimbing II

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK
INDUSTRI JURUSAN TEKNOLOGI ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI MADURA SAMPANG
2026**



TUGAS AKHIR – TLI

**RANCANG BANGUN MODUL
PEMBELAJARAN SISTEM PEMANTAUAN
VOLUME DAN OTOMASI DISTRIBUSI AIR
PADA TANDON PUSAT DI LABORATORIUM**

Oleh:

**Najilatul Maufiroh
NRP. 33112301018**

Dosen Pembimbing:

**Ahmad Mustofa, S.Kom., M.Kom. Pembimbing I
A Labib Fardany Faisal, S.Si, M.T.I. Pembimbing II**

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK
INDUSTRI JURUSAN TEKNOLOGI ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI MADURA SAMPANG
2026**

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mahasiswa Politeknik Negeri Madura, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi:

Nama : Najilatul Maufiroh
NRP : 33112301018
Program Studi : D3 Teknik Listrik Industri
Jurusan : Teknologi Elektro

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya buat dengan judul “Rancang Bangun Modul Pembelajaran Sistem Pemantauan Volume Dan Otomasi Distribusi Air Pada Tandon Di Laboratorium”:

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar

sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.

- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada Tugas Akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti apa yang di atas, maka Tugas Akhir saya ini dibatalkan.

Sampang, 1 Juli 2026



Najilatul Maufiroh

NRP. 33112301018

LEMBAR PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR

Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Modul Pembelajaran Sistem
Pemantauan Volume Dan Otomasi Distribusi Air Pada
Tandon Pusat di Lingkungan Politeknik Negeri Madura

Penulis : Najilatul Maufiroh

NRP : 33112301018

Program Studi : DIII Teknik Listrik Industri

Jurusan : Teknologi Elektro

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui untuk disidangkan.

Ditandatangani di Gedung A, Politeknik Negeri Madura.

Menyetujui,

Dosen Pembimbing II



A Labib Fardany Faisal, S.Si., M.T.I.
NIP. 199304132022031015

Dosen Pembimbing I



Ahmad Mustofa, S.Kom., M.Kom.
NIP. 199407032019031017

Koordinator Program Studi
Teknik Listrik Industri



Bayu Praharsena, S.Si., M.T.
NIP. 199405312019031009

Ketua Jurusan
Teknologi Elektro



Mohammad Nur, S.Si., M.T.
NIP. 198605082019031007

LEMBAR PENGESAHAN

Rancang Bangun Modul Pembelajaran Sistem Pemantauan Volume Dan Otomasi Distribusi Air Pada Tandon Di Laboratorium

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh

Gelar Ahli Madya Teknik

Pada,

Jurusan Teknologi Elektro

Politeknik Negeri Madura

Oleh:

Najilatul Maufiroh

NRP. 33112301018

Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal, 5 Agustus 2026

dan telah sesuai ketentuan.

Disetujui Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Ahmad Mustofa, S.Kom., M.Kom. (Pembimbing I)
2. A Labib Fardany Faisal, S. Si., M.T.I. (Pembimbing II)
3. Mohammad Nur, S.Si., M.T. (Penguji I)
4. Nurir Rohmah, S.S., Med. (Penguji II)
5. Firman Matiinu Sigit, S.T., M.T. (Penguji III)

Sampang

5 Agustus 2026



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

ABSTRAK



**Rancang Bangun Modul Pembelajaran Sistem
Pemantauan Volume Dan Otomasi Distribusi Air Pada
Tandon Pusat di Laboratorium**

Nama : Najilatul Maufiroh

NRP : 33112301018

Dosen Pembimbing 1 : Ahmad Mustofa, S.Kom., M.Kom.

Dosen Pembimbing 2 : A Labib Fardany Faisal, S. Si., M.T.I.

ABSTRAK

Ketersediaan air dan distribusi air yang stabil di lingkungan Politeknik Negeri Madura memerlukan sistem pemantauan dan pengendalian yang saling terhubung. Permasalahan yang sering terjadi adalah terputusnya aliran air akibat tidak tersedianya informasi kondisi tandon secara *real-time* serta sistem distribusi yang masih dilakukan secara manual. Berdasarkan tinjauan pustaka terhadap penelitian terdahulu, sebagian besar sistem yang telah dikembangkan masih berfokus pada pemantauan ketinggian air dan belum mengintegrasikan perhitungan volume air serta otomasi distribusi secara menyeluruh. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem pemantauan

volume air dan otomasi distribusi air pada tandon pusat berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem menggunakan sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian air yang diolah menjadi informasi volume air, sedangkan mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai pengendali utama untuk memproses data sensor, data pemantauan dikirimkan oleh ESP32 melalui jaringan Wi-Fi menggunakan protokol MQTT dan ditampilkan pada aplikasi berbasis web sebagai media monitoring dan pengendalian sistem, serta mengendalikan solenoid *valve* melalui modul *relay*. Metode penelitian meliputi studi literatur, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, perakitan prototype, serta pengujian kinerja sistem. Hasil penelitian diharapkan menghasilkan sistem prototype skala laboratorium yang difungsikan sebagai modul pembelajaran, sehingga dapat digunakan sebagai media praktikum dan simulasi sistem pemantauan volume dan otomasi distribusi.

Kata Kunci: Volume air, Otomasi distribusi, IoT, ESP32, Tandon pusat



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



PO**ABSTRACT**



POLTERA



DESIGN LEARNING MODULE VOLUME
MONITORING SYSTEM AND WATER DISTRIBUTION
AUTOMATION IN THE CENTRAL TANK ZONE
LABORATORY

Name : Najilatul Maufiroh
NRP : 33112301018
Supervisor 1 : Ahmad Mustofa, S.Kom., M.Kom.
Supervisor 2 : A Labib Fardany Faisal, S. Si., M.T.I.

ABSTRACT

The availability and stable distribution of water in the Politeknik Negeri Madura environment require a connected monitoring and control system. A common problem encountered is the interruption of water flow due to the absence of real-time information on tank conditions and a distribution system that is still manually operated. Based on a review of previous studies, most existing systems focus on monitoring water level and have not yet integrated water volume calculation and comprehensive distribution automation. Therefore, this research aims to design and develop a water volume monitoring system and automated water distribution at the central tank based on the Internet of

Things (IoT). The system uses an ultrasonic sensor to measure water level, which is processed into water volume information, while the ESP32 microcontroller is used as the main controller to process sensor data, monitoring data is sent by the ESP32 via a Wi-Fi network using the MQTT protocol and displayed on a web-based application as a system monitoring and control medium, and control the solenoid valve through a relay module. The research method includes literature study, hardware and software design, prototype assembly, and system performance testing. The results of this research are expected to produce a laboratory-scale prototype system that functions as a learning module, so that it can be used as a medium for practical work and simulation of volume monitoring and distribution automation systems.

Keywords: Water volume, Distribution automation, IoT, ESP32, Central tank



KATA PENGANTAR



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberi kekuatan, kemampuan, dan kesabaran kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Tujuan penulisan tugas akhir adalah memenuhi salah satu persyaratan bagi mahasiswa untuk dapat menyelesaikan pendidikan Diploma-3 Program Studi Teknik Listrik Industri jurusan Teknologi Elektro di Politeknik Negeri Madura.

Dalam tugas akhir ini, penulis berperan sebagai editor telah menyunting karya produk buku informasi anak tentang Scalable Water Monitoring Sistem Berdasarkan karya tersebut, penulis menyusun laporan TA berjudul “ **Rancang Bangun Modul Pembelajaran Sistem Pemantauan Volume Dan Otomasi Distribusi Air Pada Tandon Pusat di Lingkungan Politeknik Negeri Madura**”

Laporan TA ini tidak akan selesai dengan baik tanpa bantuan, bimbingan, dan dorongan dari orang-orang yang berada di sekitar penulis. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih banyak kepada:

1. Ibu Laily Ulfyah, S.T., MT., selaku Direktur Politeknik Negeri Madura, atas kesempatan dan fasilitas yang diberikan selama menempuh pendidikan.
2. Bapak M. Musta'in, S.T., MT., selaku Wakil Direktur Bidang Akademik, atas dukungan dalam menyelesaikan pendidikan.
3. Bapak Mohammad Nur, S.Si., M. T. selaku Ketua Jurusan Jurusan Teknologi Elektro atas arahan dan perhatian yang diberikan kepada penulis.
4. Bapak Ibrahim Saiful Millah, S.T., M.Sc. selaku Sekretaris Jurusan atas dukungan dan motivasi yang diberikan kepada penulis.
5. Bapak Bayu Praharsena, S.ST., M.T selaku Koordinator Program Studi D3 Teknik Listrik Industri atas bimbingan dan arahan.
6. Bapak Ahmad Mustofa, S.Kom., M.Kom. selaku Pembimbing I atas bimbingan, arahan, serta kesabaran yang telah diberikan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Setiap masukan dan penjelasan yang diberikan sangat membantu

penulis dalam memahami materi dan menyelesaikan Tugas Akhir dengan lebih baik.

7. Bapak A Labib Fardany Faisal, S. Si., M.T.I. selaku Pembimbing II atas saran, masukan, dan koreksi yang diberikan, sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat disusun dengan lebih rapi.
8. Ibu Norma Mahmudah S. T., M.T. selaku dosen wali, atas dukungan, dan senantiasa memberikan nasehat dikala anak walinya bermasalah dan juga menyerah diperkuliahan.
9. Seluruh dosen Jurusan Teknologi Elektro atas ilmu pengetahuan, pengalaman, dan pembelajaran yang telah diberikan selama masa perkuliahan, yang menjadi bekal berharga bagi penulis dalam menempuh dunia kerja maupun pendidikan selanjutnya.
10. Teman-teman angkatan 23, yang selalu saling membantu, solid, dan semangat yang diberikan selama perkuliahan dan penyusunan Tugas Akhir ini, terutama disaat penulis mengalami kesulitan dan membutuhkan dukungan.

11. Orang Tua, atas doa yang tidak pernah putus, kasih sayang, perhatian, serta pengorbanan yang selalu diberikan dengan tulus. Nasehat, dan kesabaran Mamak dan Bapak menjadi kekuatan utama bagi penulis dalam menjalani proses perkuliahan hingga akhirnya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
12. Saudara-saudara perempuan tercintaku, atas dukungan, dan semangat yang selalu diberikan. Dukungan dari saudara cantikku sangat membantu penulis dalam menjaga semangat dan motivasi selama ini.
13. Terakhir, untuk diri penulis sendiri, penulis bersyukur karena telah berusaha sebaik mungkin untuk tetap kuat menjalani keputusan untuk kuliah disaat berdatangan keraguan dalam diri apakah bisa menjalani keputusan yang besar dan tidak gampang bagi diri penulis. Tetap bertahan ditengah berbagai keterbatasan dan tantangan, tidak menyerah hingga tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Proses selama perkuliahan menjadi pembelajaran berharga bagi penulis untuk terus

berkembang dan belajar jauh lebih baik kedepannya.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam tugas akhir ini. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk tugas akhir ini.

Sampang, 22 Januari 2026

Najilatul Maufiroh
NRP. 33112301018



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

DAFTAR ISI



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SIDANG	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	ix
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI	xviii
DAFTAR TABEL	xxiii
DAFTAR GAMBAR	xxv
DAFTAR SIGKATAN DAN LAMBANG	xxvii
DAFTAR LAMPIRAN	xxix
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3

1.5	Manfaat	4
BAB II		6
TINJAUAN PUSTAKA		6
2.1	Penelitian Sebelumnya	6
2.2	Landasan Teori.....	11
2.2.1	Sistem Otomasi dan Kontrol Terprogram Berbasis Mikrokontroler	11
2.2.2	Sistem Tampilan Lokal Menggunakan <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD 16x2 I2C)	12
2.2.3	Algoritma Filter <i>Trimmed Mean</i>	13
2.2.4	Perhitungan Volume Air	14
2.2.5	<i>Power Supply</i>	14
2.2.6	ESP32	15
2.2.7	Sensor Ultrasonik	16
2.2.8	Solenoid <i>Valve</i>	17
2.2.9	<i>Relay</i>	18
2.2.10	Pompa.....	19
2.2.11	LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>).....	20

BAB III	23
METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1 Tahapan Penelitian	23
3.1.1 Diagram Alir Penelitian	24
3.1.1.1 Studi literatur.....	25
3.1.1.2 Menentukan Spesifikasi Valve	25
3.1.1.3 Perencanaan dan Perancangan alat	26
3.1.1.4 Perakitan Distribusi air dan uji coba	32
3.1.1.5 Pengambilan Data	32
3.1.1.6 Analisa dan Kesimpulan.....	33
3.1.2 Spesifikasi Alat dan Bahan	33
3.1.3 Proses dan Prosedur Pengerjaan	36
BAB VI	38
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1 Hasil Rancang Bangun Modul Pembelajaran	39
4.2 Pengujian Hasil Pembacaan Sensor Ultrasonik	42
4.2.1 Data Sensor Sebelum Filter (Data Mentah)	43

4.2.2 Data Sensor Sesudah Filter (Algoritma Trimmed Mean)	46
4.2.3 Konversi Data Ketinggian ke Volume Air.....	49
4.3 Pengujian Otomatis Kerja Pompa dan <i>Solenoid Valve</i>	52
4.4 Pembahasan.....	55
4.4.1 Analisis Kendala.....	56
BAB V	59
KESIMPULAN DAN SARAN.....	59
5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA	62
Lampiran	65



DAFTAR TABEL



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan penelitian sebelumnya	9
Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat dan bahan.....	34
Tabel 4. 1 Rekap Data mentah Sensor Ultrasonik.....	44
Tabel 4. 2 Rekap data sesudah di filter Trimmed mean	46
Tabel 4. 3 Hasil Konversi Data Ketinggian ke Volume Air	50
Tabel 4. 4 Hasil pengujian Otomatis Pompa dan Valve	53



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

DAFTAR GAMBAR



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Power Supply	15
Gambar 2. 2 Mikrokontroler ESP32	16
Gambar 2. 3 Sensor Ultrasonik	17
Gambar 2. 4 Solenoid Valve.....	18
Gambar 2. 5 Relay.....	19
Gambar 2. 6 Pompa.....	20
Gambar 2. 7 LCD (Liquid Crystal Display).....	21
Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian.....	24
Gambar 3. 2 Blok Diagram	26
Gambar 3. 3 Flowchart Sistem Kerja Alat	29
Gambar 3. 4 Actual Wiring.....	31
Gambar 3. 5 Desain Mekanik.....	32
Gambar 4. 1 Hasil Rancang Bangun Modul Pembelajaran.....	39
Gambar 4. 2 Data mentah murni	45
Gambar 4. 3 Pengukuran Manual.....	45
Gambar 4. 4 pembacaan layar LCD	48
Gambar 4. 6 Serial Monitor.....	48
Gambar 4. 5 pengukuran manual	48
Gambar 4. 7 Galon dan posisi sensor	51
Gambar 4. 8 Tampilan Status (P:ON V:ON)	53
Gambar 4. 9 Tampilan Status (P:OFF V:OFF)	53



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBAANG



DAFTAR SIGKATAN DAN LAMBANG

IoT	: <i>Internet Of Things</i>
MQTT	: <i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
LCD	: <i>Liquid Crystal Display</i>



DAFTAR LAMPIRAN



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Algoritma Program Trimmed mean	65
Lampiran 1. 2 Dokumentasi Proses perakitan elektrik.....	72
Lampiran 1. 3 Dokumentasi proses perakitan mekanik	72



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

BAB 1

PENDAHULUAN



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyediaan dan pemantauan air sangat penting agar pemakaian air lebih efisien. Maka dari itu, teknologi berbasis sensor, jaringan *Internet of Things* (IoT), serta analisis data telah banyak diterapkan untuk mengawasi kualitas air, distribusi, dan kebocoran dalam sistem air bersih. Sebagai contoh, kajian menunjukkan bahwa teknologi “*smart water systems*” dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber air dan mengurangi kehilangan air (*non-revenue water*) melalui pemantauan *real-time* dan deteksi kebocoran[1]. Kondisi ini menjadikan pengelolaan air bersih tidak hanya tugas mekanik semata tetapi juga melibatkan sistem digital dan otomatisasi untuk menghadapi tantangan ketersediaan yang semakin terbatas.

Di lingkungan kampus Politeknik Negeri Madura, permasalahan penyediaan air bersih menjadi nyata ketika sistem distribusi sering mengalami gangguan termasuk mati aliran air dan perubahan tekanan yang menyebabkan penggunaan menjadi tidak stabil. Gangguan tersebut mengakibatkan pengguna (mahasiswa, staf, dan fasilitas

kampus) tidak memperoleh ketersediaan layanan air yang memadai. Situasi ini sejalan dengan penelitian di berbagai bidang pengelolaan distribusi air yang menyoroti bahwa hambatan teknis seperti kebocoran, distribusi yang tidak merata, dan infrastruktur yang kurang memadai dapat menurunkan efektivitas sistem air bersih[2]. Dengan demikian, dibutuhkan solusi yang mampu memantau dan mengotomasi distribusi air agar layanan di kampus menjadi lebih andal dan efisien.

Berdasarkan kondisi tersebut dan merujuk pada literatur yang membahas pemantauan otomatis dan distribusi air melalui IoT dan sistem cerdas, maka dirumuskan judul tugas akhir **"Rancang Bangun Modul Pembelajaran Sistem Pemantauan Volume dan Otomasi Distribusi Air pada Tandon Pusat di Laboratorium"**. Dengan judul ini diharapkan dikembangkan suatu sistem yang berupa modul pembelajaran bisa digunakan sebagai media praktik untuk memahami pengukuran volume air secara *real-time* serta pengendalian distribusi air secara otomatis.

1.2 Rumusan Masalah

Untuk memudahkan penyusunan proposal Tugas Akhir maka penulis membuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem untuk memantau volume air pada tandon pusat yang diperoleh dari hasil pengukuran ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik?
2. Bagaimana membuat sistem otomasi distribusi air agar pendistribusian lebih efisien dan stabil?

1.3 Batasan Masalah

1. Sistem yang dirancang hanya difokuskan pada proses pemantauan volume air dan otomasi distribusi air pada tandon pusat distribusi menuju tandon gedung di laboratorium.
2. Penulis tidak membahas aspek kualitas air seperti kekeruhan, *Potential Hydrogen* (pH), maupun suhu air.
3. Sistem pemantauan ditampilkan melalui aplikasi berbasis web dan diakses melalui jaringan lokal/internet.
4. Sistem yang dirancang merupakan Prototipe skala laboratorium yang berfungsi sebagai module pembelajaran, sehingga tidak diterapkan langsung pada sistem distribusi air permanen kampus.

1.4 Tujuan

Dengan demikian tujuan yang ingin di capai pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang sistem pemantauan volume air pada tandon pusat yang dihitung berdasarkan pengukuran ketinggian air.
2. Membangun sistem otomasi distribusi air agar pendistribusian menjadi lebih efisien dan stabil.

1.5 Manfaat

Adapun beberapa manfaat yang didapatkan dari pembuatan alat untuk tugas akhir ini adalah:

1. Sistem monitoring volume air dan distribusi air pada tandon dikampus yang dapat membantu mengetahui kondisi ketersediaan air secara *real-time* sehingga pengelolaan dan distribusi air menjadi lebih efektif dan terkontrol.
2. Sistem yang dirancang mampu mengatasi permasalahan air yang sering mati akibat kurangnya pemantauan kondisi tandon secara *real-time*.
3. Menghasilkan alat berupa *Prototype* modul pembelajaran yang dapat digunakan sebagai media praktikum mahasiswa.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Pada bagian ini peneliti memaparkan beberapa referensi yang menjadi dasar pemikiran dalam perancangan *scalable water monitoring* ini. Adapun referensi yang digunakan sebagai acuan adalah sebagai berikut :

Pada penelitian yang dilakukan oleh Azriel Nurriswara Az-Zikri, Slamet Indriyanto, dan Agung Wicaksono dengan judul Perancangan Prototipe Sistem Monitoring Level Air Tandon Berbasis *Internet Of Things* (IOT) Menggunakan Ultrasonik JSN_SR04T, penelitian tersebut merancang sebuah sistem pemantaun ketinggian air tandon menggunakan sensor ultrasonik JSN_SR04T dan mikrokontroler ESP8266. Sistem ini memanfaatkan relay sebagai pengendalian pompa air serta aplikasi *Blynk* sebagai media monitoring jarak jauh secara real-time. Pada penelitian tersebut, level air ditampilkan dalam bentuk persentase berdasarkan tinggi tandon dengan batas pengisian tertentu, dimana pompa air akan aktif saat level air berada dibawah 25% dan nonaktif saat melebihi melebihi 100%. Hasil pengujian Hasil pengujian bahwa sensor JSN-SR04T

memiliki tingkat akurasi rata-rata sebesar 98,06% dengan nilai eror sebesar 1,94% sehingga dinilai cukup andal dalam mengukur ketinggian air. Namun, penelitian ini masih berfokus pada pemantauan level air dan kontrol pengisian tandon saja, serta belum membahas perhitungan volume air secara aktual maupun sistem otomasi distribusi air pada tandon pusat[3].

Pada penelitian yang dilakukan Amin Zohirin yang berjudul *Prototype Rancang Bangun Distribusi Air Bersih Otomatis Berbasis SCADA*[4], peneliti merancang sebuah sistem *prototype* untuk memonitoring dan mengotomatisasi distribusi air bersih pada bak penampung utama dan tiga bak penampung dusun. Sistem ini menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai RTU dan ESP32 sebagai jalur komunikasi tanpa kabel ke perangkat lunak *Labview* yang berfungsi sebagai HMI. Otomatis distribusi air dilakukan dengan mengontrol solenoid *valve* menggunakan Logika *Fuzzy* berdasarkan ketinggian air pada bak penampung. Hasil pengujian menunjukkan proses monitoring dan kontrolling berjalan sesuai yang diinginkan, dimana pengukuran aliran air menggunakan *Water Low Sensor* memiliki akurasi sebesar 96.51%. Namun, penelitian ini masih berfokus pada sistem

distribusi air ke dusun menggunakan sensor pelampung sederhana yang hanya memberi tahu kapan air mencapai batas minimum atau maksimum dan sistem kendali jarak jauhnya hanya bisa bekerja dalam jangkaun jaringan Wi-Fi lokal, serta belum membahas perhitungan volume air secara aktual.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Khairil Anam dan Achmad Fathoni Rodli yang berjudul *Automatic Water Level Control Tandon Air Berbasis Arduino Uno* peneliti membahas perancangan sistem pengendalian ketinggian air pada tandon secara otomatis untuk mencegah kondisi tandon kosong maupun meluap. Dalam penelitian ini menggunakan arduino uno sebagai pengendali sistem, sensor ultrasonik sebagai pendeteksi ketinggian air, serta modul *relay* untuk mengontrol pompa air, dengan LCD sebagai media tampilan dan *buzzer* sebagai indikator peringatan jika air kosong maupun meluap. Pengujian dilakukan dengan variasi ketinggian air pada wadah uji dan hasilnya menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja sesuai dengan kondisi yang ditetapkan. Namun, penelitian ini masih terbatas pada pemantauan ketinggian air, belum menghitung volume air secara keseluruhan didalam tandon, pemantauan masih

dilakukan secara manual pada alat, dan distribusi air belum berjalan secara otomatis[5].

Tabel 2. 1 Perbandingan penelitian sebelumnya

No.	Nama peneliti sebelumnya	Fokus penelitian
1.	Azriel Nurriswara Az-Zikri, Slamet Indriyanto, dan Agung Wicaksono	Penelitian ini menitikberatkan pada pemantauan level air dan pengendalian pengisian tandon, sehingga perhitungan volume air secara aktual serta penerapan otomasi distribusi air pada tandon pusat belum menjadi bagian dari pembahasan.
2.	Amin Zohirin	Penelitian ini berfokus pada otomasi distribusi air berbasis SCADA dengan pengukuran level menggunakan sensor pelampung, kendali sistem masih dibatasi pada jaringan Wi-Fi lokal, dan perhitungan volume air secara aktual belum menjadi fokus utama penelitian.

No.	Nama peneliti sebelumnya	Fokus penelitian
3.	Khairil Anam dan Achmad Fathoni Rodli	Penelitian ini berfokus pada pengendalian ketinggian air secara otomatis dengan pemantauan lokal, sementara perhitungan volume air secara menyeluruh dan otomasi distribusi air belum menjadi bagian dari sistem yang dikembangkan.

Dari beberapa penelitian terdahulu yang telah dibahas, dapat disimpulkan bahwa sebagian besar penelitian masih berfokus pada pemantauan ketinggian air dan pengendalian pengisian tandon, serta belum membahas perhitungan volume air secara aktual dan otomasi distribusi air secara menyeluruh. Oleh karena itu, penelitian dengan judul **“Rancang Bangun Modul Pembelajaran Sistem Monitoring Volume Air dan Otomasi Distribusi Air pada Tandon Pusat Di Laboratorium”** dirancang untuk melengkapi keterbatasan tersebut dengan mengintegrasikan pemantauan kondisi tandon secara *real-time*, perhitungan volume air, serta otomasi distribusi air dari tandon pusat. Selain bersifat aplikatif, sistem yang dikembangkan juga

dirancang sebagai modul pembelajaran praktikum, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai media pendukung proses pembelajaran di perkuliahan.

2.2 Landasan Teori

Pada bagian ini berisi tentang dasar teori yang digunakan sebagai landasan dasar dan acuan untuk mendukung kelancaran dalam menyelesaikan tugas akhir.

2.2.1 Sistem Otomasi dan Kontrol Terprogram Berbasis Mikrokontroler

Sistem kontrol otomatis merupakan suatu sistem yang dirancang untuk mengendalikan proses secara mandiri tanpa memerlukan intervensi manusia secara terus-menerus. Pada pemantauan dan otomasi tandon air, sistem berbasis mikrokontroler berfungsi sebagai unit pemroses utama yang menerima masukan variabel fisik (seperti ketinggian dan volume air melalui sensor) untuk menghasilkan instruksi keluaran pada perangkat aktuator seperti modul relay, pompa air, dan solenoid valve. Penggunaan kontrol terprogram berbasis mikrokontroler memberikan keuntungan berupa keandalan respon waktu real-time, efisiensi daya listrik, serta skema kendali tertutup

(closed-loop system) yang stabil karena seluruh proses pemrosesan logika dan pengambilan keputusan dilakukan secara lokal.[6].

2.2.2 Sistem Tampilan Lokal Menggunakan *Liquid Crystal Display* (LCD 16x2 I2C)

Liquid Crystal Display (LCD) 16x2 merupakan perangkat penampil visual berbasis karakter yang mampu menampilkan informasi sebanyak 16 kolom dan 2 baris. Pada sistem embedded dan kontrol otomatis berbasis mikrokontroler, modul LCD 16x2 yang dilengkapi dengan antarmuka I2C (Inter-Integrated Circuit) digunakan sebagai media pemantauan lokal (local monitoring interface). Modul I2C mempermudah integrasi karena hanya menggunakan dua jalur komunikasi serial (SDA dan SCL), sehingga menghemat penggunaan pin GPIO pada mikrokontroler. Pemantauan secara lokal melalui LCD memungkinkan pengguna atau operator di lapangan untuk mengetahui parameter sistem secara *real-time* seperti jarak air, nilai volume, serta status kerja aktuator (pompa dan katup) secara transparan, akurat, dan tidak bergantung pada ketersediaan koneksi jaringan internet luar[7].

2.2.3 Algoritma Filter *Trimmed Mean*

Algoritma *Trimmed Mean* (rata-rata terpotong) merupakan metode penyaringan data digital berbasis statistik yang digunakan untuk menstabilkan hasil pembacaan sensor dan mengurangi gangguan derau (*noise*). Pada sistem pengukuran ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik, fluktuasi data acak sering terjadi akibat adanya pantulan gelombang yang tidak sempurna atau riak pada permukaan air tandon. Prinsip kerja algoritma ini dilakukan dengan mengumpulkan sejumlah sampel data pembacaan sensor dalam satu rentang waktu secara berkala. Seluruh data sampel tersebut kemudian diurutkan dari nilai terkecil hingga nilai terbesar[8]. Selanjutnya, sekumpulan data ekstrem terbawah (nilai terendah) dan data ekstrem teratas (nilai tertinggi) dihilangkan dari himpunan data. Nilai-nilai sisa yang berada di bagian tengah kemudian dihitung rata-ratanya untuk menghasilkan satu nilai pengukuran aktual. Dengan mengeliminasi nilai-nilai ekstrem tersebut, dampak lonjakan data (*outlier*) yang tidak wajar dapat dihindari, sehingga hasil konversi jarak ke volume air menjadi lebih konsisten, dan stabil.

2.2.4 Perhitungan Volume Air

Volume Air didalam tandon dihitung berdasarkan bentuk tandon yang digunakan[9]. Pada penelitian ini, tandon yang dipakai berbentuk tabung, sehingga volume didalam tandon dapat dihitung menggunakan rumus volume tabung sebagai berikut:

$$V = \pi \times r^2 \times T$$

Dengan:

V = volume air dalam tandon (liter)

r = jari-jari tandon (m)

T = tinggi air yang terbaca oleh sensor (m)

π = konstanta (3,14)

Hasil perhitungan volume ini selanjutnya dibandingkan dengan nilai set point volume yang telah ditentukan untuk menentukan apakah kondisi air dalam keadaan rendah atau normal.

2.2.5 Power Supply

Power supply (catu daya) merupakan perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengubah tegangan listrik AC (arus bolak-balik) menjadi tegangan DC (arus searah). Pada penelitian ini digunakan power supply dengan keluaran 5 volt dan arus maksimum 5 ampere yang

berfungsi sebagai sumber tegangan utama untuk menyuplai daya pada seluruh rangkaian sistem. Tegangan DC yang dihasilkan digunakan untuk mengoperasikan mikrokontroler, sensor, serta aktuator sehingga sistem dapat bekerja secara stabil dan sesuai dengan kebutuhan perancangan.



Gambar 2. 1 Power Supply

Sumber : <https://id.shp.ee/VBUEVcP>

2.2.6 ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang berfungsi sebagai pusat pengendali sistem. Mikrokontroler ini memiliki kemampuan pemrosesan data serta dilengkapi dengan modul komunikasi nirkabel Wi-Fi dan Bluetooth. Pada penelitian ini ESP32 digunakan untuk menerima data dari sensor, mengolah data tersebut, serta mengendalikan keluaran seperti *relay* dan solenoid *valve*, sehingga sistem

pemantauan dan pengaturan distribusi air pada tandon dapat berjalan secara otomatis dan terintegrasi.



Gambar 2. 2 Mikrokontroler ESP32

Sumber : <https://id.shp.ee/EhoYSTc>

2.2.7 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik *waterproof* merupakan sensor jarak yang bekerja dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik dan dirancang untuk digunakan pada lingkungan lembap. Sensor ini mampu melakukan pengukuran jarak tanpa kontak langsung dengan media air. Pada penelitian ini sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi ketinggian permukaan air di dalam tandon, di mana data jarak yang diperoleh digunakan untuk mengetahui ketinggian dan volume air sebagai informasi pemantauan kondisi ketersediaan air secara berkelanjutan.



Gambar 2. 3 Sensor Ultrasonik

Sumber : <https://id.shp.ee/kGJdVgH>

2.2.8 Solenoid *Valve*

Solenoid *valve* merupakan komponen elektromekanik yang berfungsi untuk mengatur aliran fluida secara otomatis dengan memanfaatkan medan elektromagnet. Ketika solenoid diberi tegangan listrik, katup akan membuka, dan ketika tegangan dihentikan katup akan menutup. Pada penelitian ini menggunakan solenoid *valve* yang berfungsi sebagai pengendali buka dan tutup aliran air pada tandon, sehingga distribusi air dapat dikontrol secara otomatis sesuai dengan kondisi sistem.

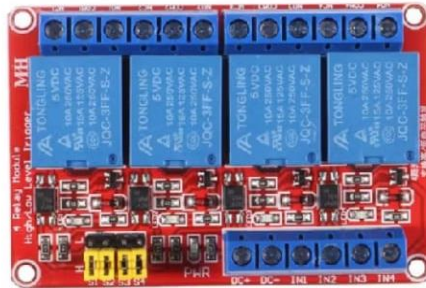


Gambar 2. 4 Solenoid Valve

Sumber : <https://id.shp.ee/fTT6n57>

2.2.9 Relay

Relay merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai sakelar listrik yang dikendalikan oleh sinyal dari rangkaian kontrol. *Relay* bekerja dengan memanfaatkan prinsip elektromagnet untuk menghubungkan atau memutuskan suatu rangkaian listrik. Pada penelitian ini digunakan *relay 4 channel* yang berfungsi sebagai penghubung antara mikrokontroler dengan beban, seperti solenoid *valve* atau perangkat listrik lainnya, sehingga proses pengendalian aliran air pada tandon dapat dilakukan secara otomatis dan aman.



Gambar 2. 5 Relay

Sumber : <https://id.shp.ee/4JcwtXU>

2.2.10 Pompa

Pompa air yang digunakan merupakan pompa air listrik jenis DC yang berfungsi untuk mengalirkan air pada sistem distribusi tandon. Pompa ini bekerja menggunakan tegangan DC dan memiliki konsumsi daya yang relatif rendah. Pompa mampu mengalirkan air secara stabil untuk mendukung proses pengisian dan distribusi air. Bahan pompa tahan terhadap air sehingga aman digunakan dalam sistem pemantauan dan otomasi distribusi air.



Gambar 2. 6 Pompa

Sumber : <https://id.shp.ee/gPgHSe2>

2.2.11 LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai media tampilan visula berbasis karakter (16 kolom dan 2 baris). Komponen ini bekerja dengan memanfaatkan cairan kristal yang membiaskan cahaya ketika dialiri sinyal listrik. LCD digunakan untuk menampilkan status sistem tandon secara *real-time*, seperti ketinggian air (cm) dari sensor, serta status kerja pompa dan solenoid valve (ON/OFF). Sehingga pemantauan kondisi tandon dapat dilakukan dengan cepat dan jelas oleh pengguna.



Gambar 2. 7 LCD (*Liquid Crystal Display*)

Sumber : <https://id.shp.ee/im2FeUBL>



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN



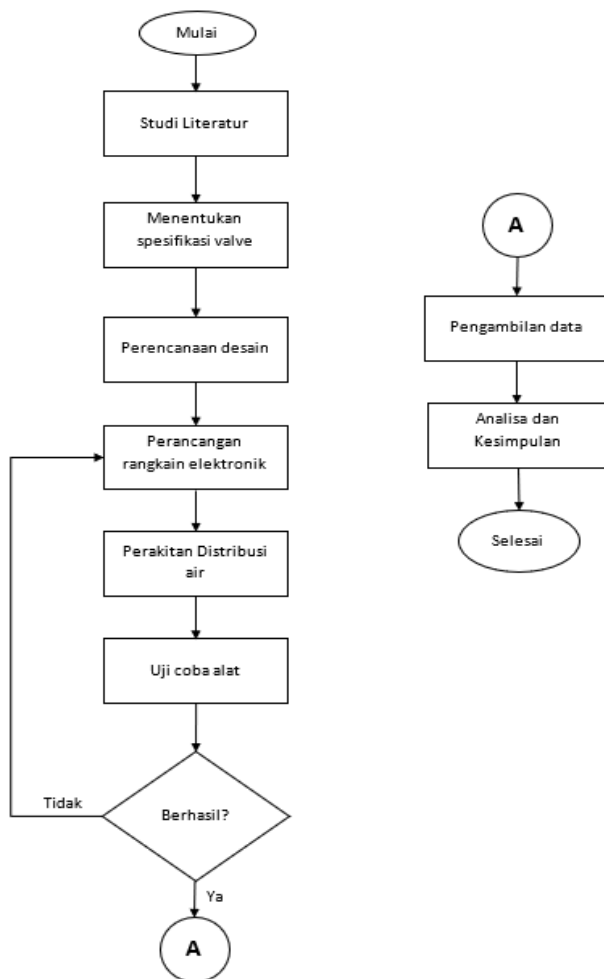
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan beberapa metode penelitian untuk pencapaian tujuan penelitian, tahapan-tahapan ini saling berkesinambungan antara satu sama lain, dan harus dilakukan secara berurutan, pada penelitian tahapan penelitian yang dipakai ditunjukkan pada gambar 3.1.

3.1.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian

3.1.1.1 Studi literatur

Dalam tahapan ini peliti utama dimulai dari studi literatur dimana dalam tahap ini mencari dan *review* beberapa referensi yang dijadikan acuan dalam pembuatan *scalable water monitoring*, seperti mengintegrasikan pemantauan kondisi tandon secara *real-time*, perhitungan volume air, serta prinsip kerja otomasi distribusi air dari tandon pusat. Tujuan dari tahap ini adalah untuk memahami dasar teori dan mekanisme dalam pembuatan *scalable water monitoring*.

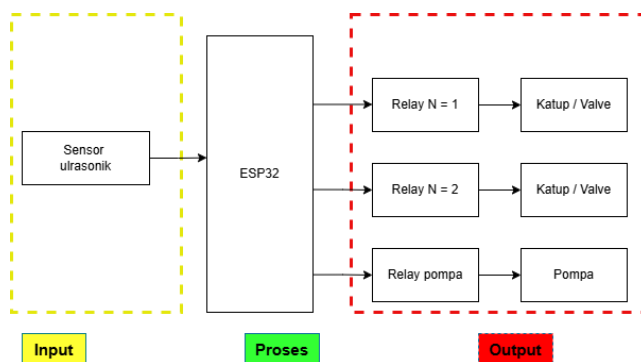
3.1.1.2 Menentukan Spesifikasi *Valve*

Tahap selanjutnya menentukan spesifikasi *valve* pada tahap ini, pada tahapan dilakukan penentuan karakteristik *valve* yang akan digunakan, meliputi jenis *valve*, ukuran dan diameter *valve*, jenis material *valve*, serta tipe kontrol yang digunakan. Selain itu, ditentukan pula fitur pendukung seperti sensor, serta desain konstruksi *valve* yang disesuaikan dengan kebutuhan sistem distribusi air.

3.1.1.3 Perencanaan dan Perancangan alat

Tahapan selanjutnya adalah perencanaan dan perancangan alat. Pada tahap ini dilakukan perancangan sistem secara keseluruhan yang meliputi perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perancangan perangkat keras mencakup pemilihan dan penyusunan komponen utama seperti mikrokontroler, pompa, *valve*, sensor level air, serta catu daya yang digunakan. Sementara itu, perancangan perangkat lunak meliputi pembuatan alur kerja sistem, perancangan diagram blok, flowchart, serta logika kerja pengendalian *valve* berdasarkan kondisi level dan volume air pada tandon.

1. Blok Diagram



Gambar 3. 2 Blok Diagram

Sistem diawali dengan pemberian catu daya listrik yang bersumber dari *power supply* 5V DC dan 220V AC. *Power supply* 5V DC digunakan untuk menyuplai daya ke bagian kontrol dan sensor, sedangkan *power supply* 220V AC digunakan untuk menyuplai beban aktuator. Sehingga seluruh komponen memperoleh sumber energi yang diperlukan untuk beroperasi secara stabil.

a. Input

Bagian input pada sistem terdiri dari sensor ultrasonik. Sensor ultrasonik berfungsi untuk mengukur jarak antara sensor dengan permukaan air di dalam tandon yang menghasilkan data ketinggian dan dikonversi menjadi volume.

b. Proses

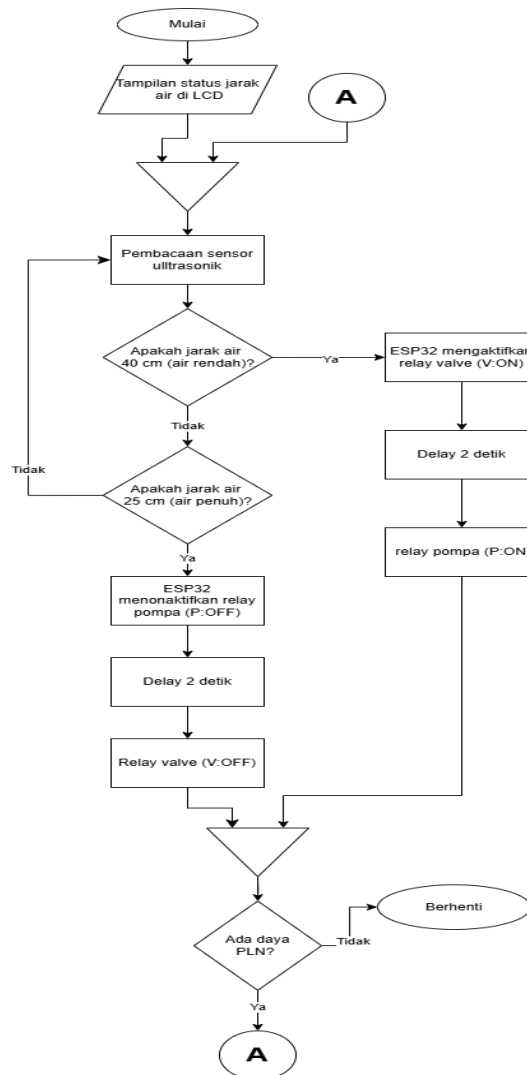
Tahap proses sistem dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 yang memperoleh catu daya dari *power supply*. ESP32 menerima data ketinggian air dari sensor ultrasonik, kemudian mengolah data tersebut untuk menentukan kondisi level dan volume air di dalam tandon. Selain itu, ESP32 berkomunikasi dengan aplikasi monitoring melalui jaringan Wi-Fi untuk mengirimkan data pemantauan dan menerima

perintah kendali. Berdasarkan hasil pengolahan data tersebut, ESP32 mengirimkan sinyal kendali *relay* N:1, *relay* N:2, dan *relay* pompa.pada sistem distribusi air.

c. Output

Sistem diawali dengan pemberian catu daya listrik yang bersumber dari *power supply* 5V DC dan 220V AC. *Power supply* 5V DC digunakan untuk menyuplai daya ke bagian kontrol dan sensor, sedangkan power supply 220V AC digunakan untuk menyuplai beban aktuator. Garis tebal dan bulatan hitam pada diagram menunjukkan jalur kabel atau koneksi daya yang menghubungkan *power supply* dengan ESP32, sensor ultrasonik, *relay*, pompa, serta katup, sehingga seluruh komponen memperoleh sumber energi yang diperlukan untuk beroperasi secara stabil.

2. Flowchart Sistem Kerja Alat

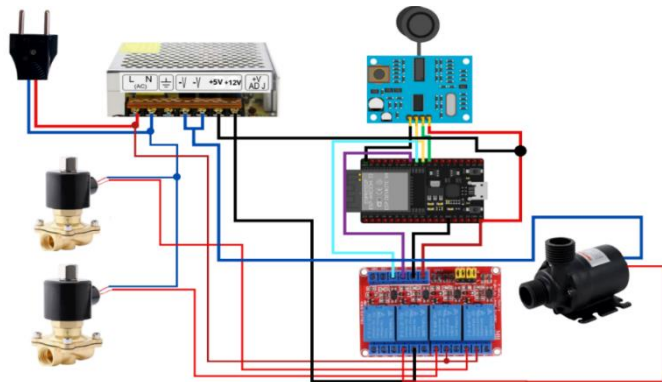


Gambar 3. 3 Flowchart Sistem Kerja Alat

Pada gambar 3.3 Ditunjukkan pada *flowchart* sistem kerja alat, Sistem kerja alat diawali dengan proses Mulai, di mana mikrokontroler ESP32 melakukan inisialisasi awal sehingga parameter pengukuran seperti status jarak air dapat ditampilkan pada layar LCD. Selanjutnya, sistem memasuki tahap pembacaan sensor ultrasonik secara berulang untuk mendeteksi ketinggian atau jarak permukaan air di dalam tandon. Berdasarkan hasil pembacaan tersebut, ESP32 melakukan pengecekan logika kondisi air. Jika terbaca jarak air mencapai 40 cm (kondisi air rendah), maka ESP32 secara otomatis mengaktifkan relay valve (V:ON) untuk membuka aliran katup. Setelah diberikan delay selama 2 detik untuk memastikan jalur aliran siap, ESP32 mengaktifkan relay pompa (P:ON) agar pengisian air mulai berjalan. Sebaliknya, apabila jarak air belum mencapai 40 cm, sistem akan memeriksa apakah jarak air sudah menyentuh angka 25 cm (kondisi air penuh). Jika jarak air belum berada di posisi 25 cm, sistem akan kembali melakukan pembacaan sensor ultrasonik secara terus-menerus. Namun, jika terdeteksi jarak air sudah mencapai 25 cm, ESP32 akan menonaktifkan relay pompa (P:OFF) untuk

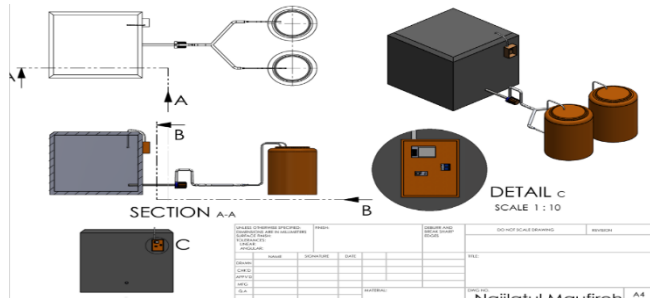
menghentikan proses pengisian, kemudian memberikan delay 2 detik sebelum menonaktifkan relay valve (V:OFF) agar aliran katup menutup rapat kembali secara aman. Setelah tahap pengisian maupun penghentian selesai dieksekusi, sistem mengecek ketersediaan sumber daya listrik PLN; apabila daya PLN tetap tersedia (Ya), alur program akan kembali ke titik A untuk melanjutkan siklus pemantauan jarak air, sedangkan jika daya PLN tidak tersedia (Tidak), maka seluruh sistem akan Berhenti.

3. Actual Wiring



Gambar 3. 4 Actual Wiring

4. Desain Mekanik



Gambar 3. 5 Desain Mekanik

3.1.1.4 Perakitan Distribusi air dan uji coba

Setelah desain sudah divisualisasikan maka tahap selanjutnya perakitan prototipe dan pengujian awal. Dalam tahap ini melakukan proses pembuatan mekanik yaitu perakitan distribusi air sesuai dengan hasil desain yang dirancang, dalam proses ini memperhatikan komponen dan bahan material yang akan digunakan serta melakukan pengujian awal dari *valve* untuk membuktikan bahwa motor berfungsi sesuai dengan design yang sudah dirancang.

3.1.1.5 Pengambilan Data

Setelah pengujian awal selesai dan alat dapat bekerja sesuai dengan perencanaan, kemudian tahap

pengujian lanjutan dan pengambilan data. Pada tahap ini alat diuji untuk memperoleh data yang kemudian dianalisis. Data yang diambil meliputi tinggi dan volume air dalam tandon serta respon kerja *valve* terhadap perubahan kondisi sistem. Hasil pengujian digunakan untuk mengetahui kinerja alat dan memastikan sistem otomasi distribusi air bekerja dengan baik.

3.1.1.6 Analisa dan Kesimpulan

Setelah mendapatkan data yang diperoleh dari proses pengujian kemudian dianalisis untuk mengetahui kinerja alat. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap kondisi sebenarnya pada tandon. Selain itu, dianalisis pula respon kerja *valve* terhadap perubahan tinggi dan volume air. Hasil analisis ini digunakan untuk mendapatkan nilai yang akurat sehingga dapat diambil dan merumuskan kesimpulan, serta memastikan alat dapat bekerja sesuai dengan tujuan yang telah direncanakan.

3.1.2 Spesifikasi Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

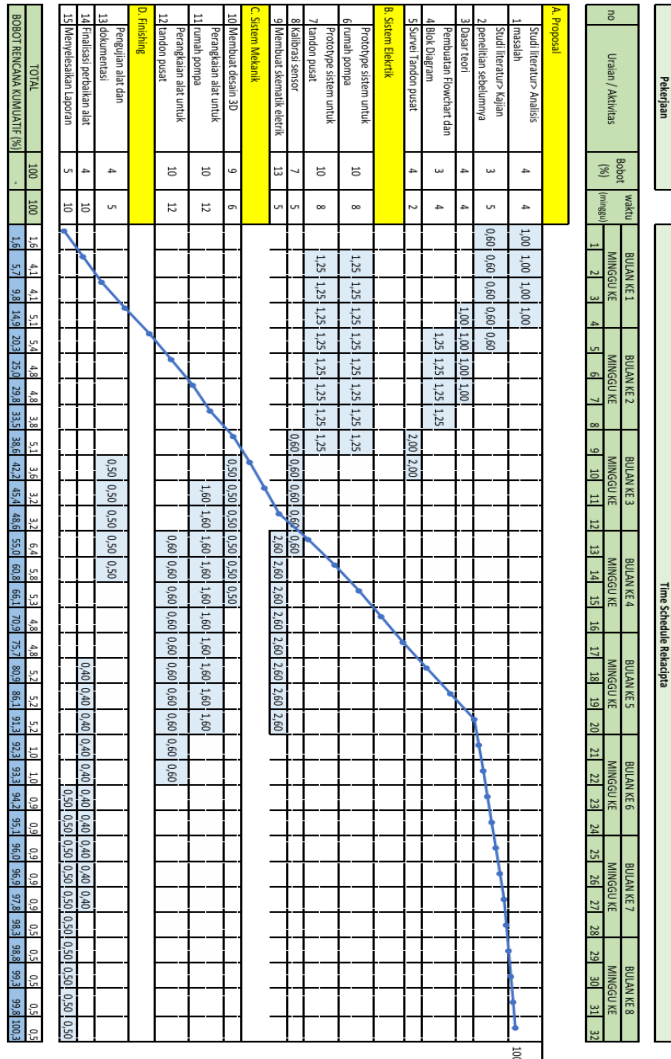
Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat dan bahan

No.	Komponen	Spesifikasi	Keterangan
1.	<i>Power Supply</i>	Input : 220V AC Output : 5V DC Arus : 5A Daya : 25W	Sebagai sumber catu daya utama sistem.
2.	ESP32	Tegangan kerja : 3,3 V Tegangan Input : 5V Wi-Fi dan Bluetooth terintegrasi	Sebagai mikrokontroler dan pengendali utama berbasis IoT.
3.	Sensor Ultrasonik	Tegangan : 5V Jarak ukur : 25-600 cm	Digunakan untuk mengukur ketinggian dalam tandon yang mana hasil data dari sensor akan dikonversi menjadi volume.
4.	Solenoid <i>Valve</i>	Tegangan : 220AC	Berfungsi sebagai katup

No.	Komponen	Spesifikasi	Keterangan
		Jenis : Normally Closed (NC) Ukuran pipa : $\frac{1}{4}$ inch	otomatis untuk aliran air.
5.	<i>Relay Channel</i> 4	Tegangan : 5V Mode trigger : Active LOW / Active HIGH	Digunakan sebagai saklar elektronik untuk mengendalikan katup dan pompa.
6.	Pompa	Tegangan : 3-6V Arus : ± 0.3 -6V	Digunakan untuk memompa air dari tandon pusat ke tandon gedung.

3.1.3 Proses dan Prosedur Pengerjaan

Tabel 3.2 Kegiatan Penelitian





BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN



BAB VI

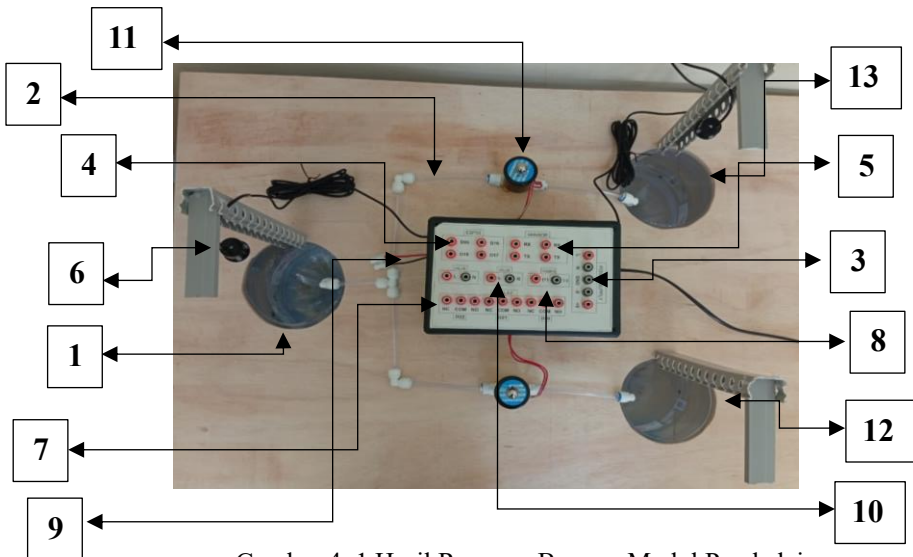
HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB IV menjelaskan hasil rancang bangun dan hasil pengujian **Modul Pembelajaran Sistem pemantauan Volume dan Otomasi Distribusi Air Pada Tandon Pusat Di Laboratorium**. Pengujian alat ini meliputi beberapa tahapan, yaitu:

1. Hasil Rancang Bangun Modul Pembelajaran
2. Pengujian Hasil Pembacaan Sensor
3. Pengujian Otomatis Kerja Pompa dan Solenoid Valve

Hasil pengujian dilakukan pada setiap bagian sistem untuk memastikan bahwa training kit dapat bekerja sesuai dengan perancangan yang telah dibuat. Pembahasan hasil pengujian pada setiap tahapan dijelaskan sebagai berikut.

4.1 Hasil Rancang Bangun Modul Pembelajaran



Gambar 4. 1 Hasil Rancang Bangun Modul Pembelajaran

Proses pembuatan modul pembelajaran ini dilakukan secara bertahap melalui urutan pengerjaan sebagai berikut:

1. Pembuatan PCB, merancang jalur, mengebor papan PCB, dan menyolder komponen pendukung.
2. Pengerjaan Fisik, membolongi triplek untuk dudukan panel/komponen dan membolongi galon sebagai wadah tandon air serta jalur perpipaan.
3. Pengawatan dan Simulasi, melakukan pengawatan sementara untuk menguji keselarasan fungsi ESP32,

sensor ultrasonik, relay, pompa, dan *solenoid valve* sebelum dirakit permanen.

4. Perakitan *Box Control*, merapikan seluruh rangkaian elektronik dan pengawatan ke dalam *box control*.
5. Perakitan Akhir & Pengujian, melakukan perakitan fisik secara menyeluruh dilanjutkan pengujian kinerja alat secara langsung.

Gambar 4.1 menunjukkan hasil rancang bangun modul pembelajaran yang telah dibuat. Modul pembelajaran ini terdiri dari beberapa bagian yang memiliki fungsi masing-masing, yaitu:

1. Tandon Pusat, berfungsi sebagai tandon utama / penampung pusat yang menyimpan pasokan air sebelum didistribusikan.
2. Selang Air, berfungsi sebagai saluran distribusi untuk mengalirkan air dari tandon pusat menuju tandon-tandon gedung.
3. Terminal *Power Supply*, berfungsi sebagai port masukan catu daya utama untuk menyuplai tegangan listrik ke seluruh komponen dalam *box control*.

4. Terminal Pin ESP32, berfungsi sebagai penghubung eksternal yang terhubung ke pin mikrokontroler ESP32 untuk mengirim atau menerima sinyal kontrol.
5. Terminal RX dan TX, berfungsi sebagai terminal penghubung untuk mengirim dan menerima data jarak dari sensor ultrasonik ke ESP32.
6. Sensor Ultrasonik, berfungsi komponen input yang ketinggian/level air secara *real-time* pada tandon.
7. Terminal Output *Relay*, berfungsi sebagai terminal penyambung saklar otomatis (*relay*) untuk memutus atau mengalirkan arus listrik ke alat/aktuator.
8. Terminal Pompa, berfungsi sebagai terminal colokan khusus untuk menyalurkan arus listrik dan perintah ke pompa.
9. Pompa Air, berfungsi sebagai penggerak utama untuk menyedot dan mendorong air dari tandon pusat ke tandon gedung.
10. Terminal *Solenoid Valve*. Berfungsi sebagai terminal penyambung kabel dari *box* kontrol ke katup *solenoid valve*.

11. *Solenoid Valve*, berfungsi sebagai keran otomatis yang bisa membuka atau menutup jalur selang berdasarkan perintah ESP32.
12. Tandon Gedung A, berfungsi sebagai wadah untuk menampung pasokan air di Gedung A.
13. Tandon Gedung B, berberfungsi sebagai wadah untuk menampung pasokan air di Gedung B.

4.2 Pengujian Hasil Pembacaan Sensor Ultrasonik

Pengujian ini dilakukan untuk melihat seberapa akurat dan stabil sensor ultrasonik dalam mengukur jarak objek. Pengambilan data diambil sebanyak 16 data pengujian pada rentang jarak 25 cm sampai 40 cm, lalu hasilnya dibandingkan langsung dengan hasil pengukuran manual menggunakan penggaris.

Secara alami, sensor ultrasonik yang membaca jarak secara langsung tanpa penyaringan sehingga menghasilkan data mentah yang masih mengalami fluktuasi atau lompatan nilai akibat karakteristik pembacaan fisik sensor. Supaya perbedaan sebelum dan sesudah data yang disaring terlihat jelas, pengujian ini dibagi menjadi dua bagian:

1. Data pembacaan mentah murni dari sensor sebelum difilter.
2. Data pembacaan sensor sesudah difilter menggunakan algoritma filter Trimmed Mean.

4.2.1 Data Sensor Sebelum Filter (Data Mentah)

Pada tahap ini, data jarak yang ditangkap sensor langsung ditampilkan apa adanya tanpa proses penyaringan program. Karena berupa data mentah murni, pembacaan sensor masih menunjukkan sedikit selisih atau deviasi kecil dari ukuran manual penggaris.

Persentase kesalahan (*error*) pengukuran pada pembacaan sensor ultrasonik dibandingkan dengan hasil pengukuran manual menggunakan penggaris dihitung menggunakan rumus persamaan.

$$\text{Error (\%)} = \frac{\text{Data Sensor} - \text{Pengukuran Manual}}{\text{Pengukuran Manual}} \times 100\%$$

Perhitungan:

$$\text{Error (\%)} = \frac{25,36 - 25}{25} \times 100\%$$

$$\text{Error (\%)} = \frac{0,36}{25} \times 100\%$$

$$\text{Error(\%)} = 0,0144 \times 100\% = 1,44\%$$

Hasil pengujian data mentah sebelum difilter dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4. 1 Rekap Data mentah Sensor Ultrasonik

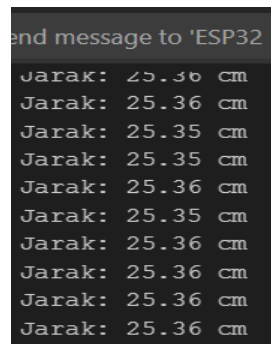
No.	Tgl	Jam	Pengukuran Manual (Penggaris)	Data Sebelum Filter (Data Mentah)	Error
1.	06-08-2026	15:07	25 cm	25,36 cm	1,44%
2.	06-08-2026	15:08	26 cm	26,43 cm	1,65%
3.	06-08-2026	15:08	27 cm	27,34 cm	1,25%
4.	06-08-2026	15:09	28 cm	28,25 cm	0,89%
5.	06-08-2026	15:10	29 cm	29,36 cm	1,24%
6.	06-08-2026	15:11	30 cm	30,34 cm	1,13%
7.	06-08-2026	15:13	31 cm	31,28 cm	0,90%
8.	06-08-2026	15:14	32 cm	32,24 cm	0,75%
9.	06-08-2026	15:15	33 cm	33,31 cm	0,93%
10.	06-08-2026	15:16	34 cm	34,21 cm	0,61%

No.	Tgl	Jam	Pengukuran Manual (Penggaris)	Data Sebelum Filter (Data Mentah)	Error
11.	06-08-2026	15:18	35 cm	35,23 cm	0,65%
12.	06-08-2026	15:29	36 cm	36,30 cm	0,83%
13.	06-08-2026	15:20	37 cm	37,20 cm	0,54%
14.	06-08-2026	15:21	38 cm	38,21 cm	0,55%
15.	06-08-2026	15:22	39 cm	39,24 cm	0,61%
16.	06-08-2026	15:23	40 cm	40,13 cm	0,32%

Dokumentasi pengukuran manual dan pembacaan data mentah murni pada *Serial Monitor* saat pengujian sebelum difilter diperlihatkan pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3



Gambar 4. 3 Pengukuran Manual



Gambar 4. 2 Data mentah murni

4.2.2 Data Sensor Sesudah Filter (Algoritma Trimmed Mean)

Untuk menstabilkan pembacaan agar hasilnya pas dan konsisten, program pada mikrokontroler ESP32 dilengkapi dengan penstabil/pemfilter data pembacaan sensor menggunakan algoritma *Trimmed Mean*. Rincian kodingan program filter ini telah dicantumkan secara lengkap pada Lampiran [Lampiran 1.1]. Setelah melewati proses pemfilteran program tersebut, pembacaan jarak pada layar LCD dan Serial Monitor menjadi konsisten, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.2:

Tabel 4. 2 Rekap data sesudah di filter Trimmed mean

No.	Tgl	Jam	Pengukuran Manual (Penggaris)	Data Sesudah Filter (LCD & Serial Monitor)	Error
1.	07-08-2026	11:31	25 cm	25 cm	0,00%
2.	07-08-2026	11:32	26 cm	26 cm	0,00%
3.	07-08-2026	11:33	27 cm	27 cm	0,00%
4.	07-08-2026	11:34	28 cm	28 cm	0,00%
5.	07-08-2026	11:35	29 cm	29 cm	0,00%

No.	Tgl	Jam	Pengukuran Manual (Penggaris)	Data Sesudah Filter (LCD & Serial Monitor)	Error
6.	07-08-2026	11:36	30 cm	30 cm	0,00%
7.	07-08-2026	11:37	31 cm	31 cm	0,00%
8.	07-08-2026	11:38	32 cm	32 cm	0,00%
9.	07-08-2026	11:39	33 cm	33 cm	0,00%
10.	07-08-2026	11:40	34 cm	34 cm	0,00%
11.	07-08-2026	11:41	35 cm	35 cm	0,00%
12.	07-08-2026	11:42	36 cm	36 cm	0,00%
13.	07-08-2026	11:43	37 cm	37 cm	0,00%
14.	07-08-2026	11:44	38 cm	38 cm	0,00%
15.	07-08-2026	11:45	39 cm	39 cm	0,00%
16.	07-08-2026	11:46	40 cm	40 cm	0,00%

Dokumentasi hasil pengujian sesudah difilter yang menampilkan pembacaan layar LCD, pengukuran manual, serta Serial Monitor diperlihatkan pada berikut:



Gambar 4. 4 pembacaan layar LCD



Gambar 4. 6 pengukuran manual



Gambar 4. 5 Serial Monitor

4.2.3 Konversi Data Ketinggian ke Volume Air

Data ketinggian hasil pemfilteran sensor ultrasonik dikonversi ke volume air (V) menggunakan dimensi tandon berbentuk tabung ($r = 8\text{cm}$ dan tinggi posisi sensor $y = 40\text{ cm}$) melalui dua tahap perhitungan sederhana:

1. Ketinggian Air (T).

$$T = 40 - x$$

x = jarak sensor ke permukaan air

2. Volume Air (V).

$$\begin{aligned} V &= 3,14 \times 8^2 \times T \\ &= 3,14 \times 64 \times T \text{ (cm}^3\text{)} \end{aligned}$$

Contoh Perhitungan:

Saat sensor membaca $x = 25\text{ cm}$, maka $T = 40 - 25 = 15\text{ cm}$. Sehingga $V = 3,14 \times 64 \times 15 = 3.014,4\text{ cm}^3$

3. Konversi ke satuan liter (L)

$$\begin{aligned} L &= \frac{V(\text{cm}^3)}{1.000} \\ L &= \frac{3.014\text{ cm}^3}{1.000} = 3.014\text{ Liter} \approx 3,01\text{ Liter} \end{aligned}$$

Tabel 4. 3 Hasil Konversi Data Ketinggian ke Volume Air

No.	Data Sensor (x)	Tinggi Air ($T = 40 - x$)	Volume Air ($V = \pi \times r^2 \times T$)
1.	25 cm	15 cm	3.014 cm^3
2.	26 cm	14 cm	2.813 cm^3
3.	27 cm	13 cm	2.612 cm^3
4.	28 cm	12 cm	2.411 cm^3
5.	29 cm	11 cm	2.210 cm^3
6.	30 cm	10 cm	2.009 cm^3
7.	31 cm	9 cm	1.808 cm^3
8.	32 cm	8 cm	1.607 cm^3
9.	33 cm	7 cm	1.406 cm^3
10.	34 cm	6 cm	1.205 cm^3
11.	35 cm	5 cm	1.004 cm^3
12.	36 cm	4 cm	803 cm^3
13.	37 cm	3 cm	602 cm^3
14.	38 cm	2 cm	401 cm^3
15.	39 cm	1 cm	200 cm^3
16.	40 cm	0 cm	0 cm^3

3. Konversi ke satuan liter (L)

$$L = \frac{V(\text{cm}^3)}{1.000}$$

$$L = \frac{3.014 \text{ cm}^3}{1.000} = 3,014 \text{ Liter} \approx 3,01 \text{ Liter}$$

Setelah dilakukan perhitungan konversi dari ketinggian ke volume, pengujian menunjukkan bahwa saat permukaan air berada mendekati batas atas (jarak 25 cm), volume air tercatat sekitar 3,01 *Liter* (3.014 cm^3). Sebaliknya, saat air berkurang hingga batas terbawah (jarak 40 cm), volume berkurang secara bertahap hingga menyentuh 0 Liter (0 cm^3). Tampak fisik galon tandon yang digunakan dalam pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Galon dan posisi sensor

Pengujian pembacaan sensor ultrasonik dilakukan pada rentang jarak 25 cm hingga 40 cm dengan pembanding berupa pengukuran manual menggunakan penggaris.

Berdasarkan data mentah tanpa filter, terdapat *error* antara 1,65% hingga 0,32% akibat fluktuasi alami pantulan gelombang ultrasonik. Setelah menerapkan algoritma filter *Trimmed Mean* pada mikrokontroler ESP32, nilai pembacaan jarak pada layar LCD maupun Serial Monitor menjadi stabil dan memiliki nilai presisi yang sesuai terhadap pengukuran manual. Selanjutnya, data ketinggian air yang terfilter berhasil dikonversi ke dalam satuan volume (cm^3 dan Liter) berdasarkan bentuk geometris tandon tabung yang digunakan.

4.3 Pengujian Otomatis Kerja Pompa dan *Solenoid Valve*

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa mikrokontroler ESP32 mampu merespon perubahan data sensor dan mengendalikan aktuator (pompa dan solenoid valve) melalui modul relay sesuai dengan batas yang telah ditentukan.

Data logika kontrol dan status aktuator yang ditampilkan pada LCD dirangkum pada tabel 4.2 berikut:

Tabel 4. 4 Hasil pengujian Otomatis Pompa dan Valve

No.	Sensor (S)	Pompa (P)	Valve (V)
1.	40 cm	ON	ON
2.	25 cm	OFF	OFF

Bukti indikator status pada layar LCD saat kondisi aktif (ON) dan non-aktif (OFF) ditunjukkan pada Gambar 4.3 berikut:



Gambar 4. 8 Tampilan Status (P:ON V:ON)



Gambar 4. 9 Tampilan Status (P:OFF V:OFF)

Sistem kontrol pada modul pembelajaran ini bekerja berdasarkan perbandingan jarak yang terbaca oleh sensor terhadap batas *set point* program:

1. Kondisi Air Rendah (jarak 40 cm).

Seperti ditunjukkan pada gambar 4.8, ketika air didalam tandon berkurang hingga permukaan air berjarak 40 cm dari sensor ultrasonik, ESP32 mendeteksi kondisi tandon butuh pasokan air, ESP32 secara otomatis *mentrigger* modul *relay* untuk membuka *solenoid valve* (V:ON) selang 2 detik akan mengaktifkan pompa (P:ON). Pembukaan *valve* dan pompa secara berkala dan tepat sangat penting untuk memastikan aliran air dari tandon pusat langsung tersalurkan ke tandon tujuan tanpa menyumbat saluran pipa.

2. Analisis Logika Penghentian Air Penuh (Jarak 25 cm).

Sebaliknya pada Gambar 4.9, ketika air telah terisi dan permukaan air naik mendekati sensor hingga jarak 25 cm, ESP32 merespon bahwa volume air sudah mencukupi. Sistem secara otomatis memutuskan daya ke modul *relay*, sehingga pompa mati (P:OFF)

dan katup *Solenoid valve* kembali menutup rapat (V:OFF), Mekanisme penghentian otomatis ini berfungsi untuk mencegah air meluap.

- **Permasalahan Teknis yang Dihadapi.**

Selama durasi pengisian air ± 6 menit dari kondisi rendah hingga penuh, terdapat tantangan teknis berupa timbulnya riak air di dalam tandon serta kondisi sensor ultrasonik yang sempat mengalami stuck atau mati (pembacaan angka berhenti). Kendala ini merupakan masalah murni dari kinerja sensor itu sendiri. Masalah sensor yang stuck atau mati ini sangat berisiko karena jika pembacaannya macet saat air terus naik, ESP32 tidak akan menerima pembaruan data terbaru. Akibatnya, sistem tidak mendeteksi bahwa air sudah mencapai batas penuh (jarak 25 cm), sehingga pompa tetap terus menyala dan air berpotensi meluap.

4.4 Pembahasan

4.4.1 Analisis Kendala

Dalam proses pembuatan dan pengujian modul pembelajaran ini, terdapat beberapa kendala teknis yang memengaruhi ketercapaian fitur sistem secara keseluruhan, khususnya pada bagian pemantauan berbasis *web*:

1. Kendala Pembacaan Sensor (*Stuck* pada Sensor Ultrasonik), saat pengujian pengisian air tandon dilakukan, pembacaan sensor ultrasonik sesekali mengalami kondisi *stuck* atau angkanya macet (*freeze*). Kondisi ini cukup berisiko pada sistem, jika sensor macet saat air terus diisi, mikrokontroler tidak akan menerima pembaruan data penuh bahwa air sudah penuh, sehingga pompa akan menyala terus dan air berpotensi meluap.
2. Kendala Pemrograman dan Integrasi Platform IoT, secara perangkat keras, mikrokontroler ESP32 yang digunakan sudah berhasil terhubung ke jaringan Wi-Fi dan protokol komunikasi MQTT. Namun, pengiriman data dari sensor hingga berhasil tampil pada sistem *web* yang disiapkan oleh dosen pembimbing belum dapat diselesaikan sepenuhnya. Hal ini terjadi karena penyesuaian program dari *Arduino IDE* menuju sistem antarmuka berbasis *Visual Studio Code* memerlukan pemahaman logika

koding yang lebih kompleks di luar materi dasar perkuliahan. Kendala pada pembenahan kodingan sensor yang belum diselaraskan dengan struktur program *web* tersebut membuat proses pengiriman data belum berjalan dengan lancar.



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian yang telah dilakukan pada Modul Pembelajaran Sistem Pemantauan Volume dan Otomasi Distribusi Air, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Rancang bangun modul pembelajaran otomasi distribusi air berhasil dibuat dan dapat mengintegrasikan sensor ultrasonik, ESP32, relay, pompa, serta *solenoid valve* dalam satu sistem kontrol yang solid.
2. Akurasi Sensor, Penggunaan metode filter *Trimmed Mean* berhasil mengatasi gangguan riak air, sehingga pembacaan sensor ultrasonik akurat dengan *error* 0,00% (sama presisi dengan pengukuran manual penggaris pada jarak 25 cm – 40 cm).
3. Sistem otomasi distribusi air dapat bekerja dengan responsif dan tepat sesuai batas *set point*, Saat air dalam kondisi rendah (jarak sensor 40 cm / volume 0 cm^3): ESP32 secara otomatis membuka *solenoid valve* lalu menyalakan pompa (*Status P: ON, V: ON*)

setelah jeda 2 detik untuk mengalirkan air. Saat air terisi penuh (jarak sensor 25 cm / volume 3.014 cm^3): ESP32 secara otomatis mematikan pompa dan menutup *solenoid valve* (*Status P: OFF, V: OFF*) guna mencegah air meluap.

4. Pemantauan Lokal, layar LCD berfungsi dengan baik untuk menampilkan jarak air serta status kerja pompa dan *valve* secara langsung tanpa membutuhkan koneksi internet.

5.2 Saran

Untuk pengembangan modul pembelajaran ini lebih lanjut di masa mendatang, beberapa saran yang dapat diberikan adalah:

1. Mewujudkan Fitur IoT dan Pemantauan Berbasis Web. Karena sistem pemantauan pada alat ini masih menggunakan tampilan lokal (layar LCD), disarankan bagi pengembang berikutnya untuk merealisasikan fitur nirkabel berbasis *Internet of Things* (IoT) serta penghubung web agar kondisi tandon dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh.
2. Penambahan Fitur Pemrograman Mencegah Sensor *Stuck* (*Reset Otomatis*). Mengingat pembacaan sensor

ultrasonik sempat mengalami *stuck* (angka macet saat air diisi), disarankan bagi pengembang selanjutnya untuk menambahkan program fungsi *reset* otomatis pada koding ESP32 agar ketika sensor macet, sistem dapat otomatis memulihkan pembacaan sehingga pengisian air tetap aman.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. D. Gupta, P. Pandey, A. Feijóo, Z. M. Yaseen, and N. D. Bokde, “Smart water technology for efficient water resource management: A review,” *Energies (Basel)*, vol. 13, no. 23, Dec. 2020, doi: 10.3390/en13236268.
- [2] B. City, “G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan Dynamic System Model for Optimizing Clean Water Distribution in,” vol. 9, no. 3, pp. 1727–1736, 2025.
- [3] A. N. Az-Zikri, S. Indriyanto, and A. Wicaksono, “PERANCANGAN PROTOTIPE SISTEM MONITORING LEVEL AIR TANDON BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK JSN-SR04T,” *Jurnal SINTA: Sistem Informasi dan Teknologi Komputasi*, vol. 2, no. 1, pp. 13–22, Jan. 2025, doi: 10.61124/sinta.v2i1.38.
- [4] Amin Zohirin, “PROTOTYPE RANCANG BANGUN DISTRIBUSI AIR BERSIH OTOMATIS BERBASIS SCADA Tesis S-2 Untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Magister Teknik

Program Studi Magister Teknik Elektro Diajukan oleh
Amin Zohirin PROGRAM STUDI MAGISTER
TEKNIK ELEKTRO,” 2024.

- [5] K. Anam and A. F. Rodli, “Automatic Water Level Control Tandon Air Berbasis Arduino Uno,” *BIOS: Jurnal Teknologi Informasi dan Rekayasa Komputer*, vol. 3, no. 1, pp. 17–22, 2022, doi: 10.37148/bios.v3i1.38.
- [6] I Gede, Yoga Adi Wara Nata. *Rancang Bangun Prototipe Pengisian Air Expansion Tank Berbasis IoT*. Diss. Politeknik Pelayaran Surabaya, 2024..
- [7] Kusuma, Abdi Pandu, and Yusniarsi Primasari. "Prototype of automatic clothes folding device based on Arduino Uno (Liquid Crystal Display) for clothes convection." *JOSAR (Journal of Students Academic Research)* 9.2 (2024): 93-106.
- [8] Oliveira, Roberto I., Paulo Orenstein, and Zoraida F. Rico. "Finite-sample properties of the trimmed mean." *arXiv preprint arXiv:2501.03694* (2025).
- [9] Samosir, Charles Martua, et al. "Perhitungan Volume Air Pada Sump Pit Iii Timur Banko Barat Di PT. Bukit Asam Tbk Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatera

Selatan: Calculation Of Water Volume In Sump Pit Iii Timur At Pt. Bukit Asam Tbk Sumatera Selatan Province." *Jurnal Teknik Pertambangan* 24.1 (2024): 52-57.

Lampiran

Lampiran 1. 1 Algoritma Program Trimmed mean

```
1 //=====
2 // JSN-SR04T + ESP32 + LCD1602 (Bonezegei I2C Custom Pin)
3 // Trimmed Mean + Kontrol Relay + Tampilan LCD Status
4 //=====
5
6 #include <Wire.h>
7 #include <Bonezegei_LCD1602_I2C.h>
8
9 //----- PIN I2C -----
10 #define SDA_PIN 21
11 #define SCL_PIN 22
12
13 // Inisialisasi LCD (Alamat I2C: 0x27)
14 Bonezegei_LCD1602_I2C lcd(0x27);
15
16 //----- PIN SENSOR & RELAY -----
17 const int trigPin = 16;
18 const int echoPin = 17;
19
20 const int relayValve = 23;
21 const int relayPompa = 19;
22
23 //----- BATAS NILAI BARU -----
24 const int batasOFF = 25; // cm -> Jika <= 25 cm, Valve & Pompa MATI
25 const int batasON = 40; // cm -> Jika >= 40 cm, Valve & Pompa HIDUP
26
27 // Jumlah sampel sensor
28 const byte SAMPLE = 10;
29
30 // Status sistem (Pompa & Valve)
31 bool statusValve = false;
32 bool statusPompa = false;
```

```
33
34 //=====
35 // Fungsi Tampilan LCD Status
36 //=====
37 void updateLCD(int distance) {
38     // --- BARIS 1: Status Sensor ---
39     lcd.setPosition(0, 0);
40     String baris1 = "S : ";
41     if (distance < 0) {
42         baris1 += "ERR "; // Tampil ERR jika sensor error / timeout
43     } else {
44         baris1 += String(distance);
45         baris1 += " cm ";
46     }
47     // Tambahkan spasi pembersih karakter lama
48     while (baris1.length() < 16) {
49         baris1 += " ";
50     }
51     lcd.print(baris1.c_str());
52
53     // --- BARIS 2: Status Pompa & Valve ---
54     lcd.setPosition(0, 1);
55     String baris2 = "P:";
56     baris2 += (statusPompa ? "ON " : "OFF");
57     baris2 += " V:";
58     baris2 += (statusValve ? "ON " : "OFF");
59
60     // Tambahkan spasi pembersih karakter lama
61     while (baris2.length() < 16) {
62         baris2 += " ";
63     }
64     lcd.print(baris2.c_str());
65 }
66
```

```
66
67 //=====
68 // Membaca sensor sekali
69 //=====
70 float readDistance() {
71     digitalWrite(trigPin, LOW);
72     delayMicroseconds(2);
73
74     digitalWrite(trigPin, HIGH);
75     delayMicroseconds(10);
76
77     digitalWrite(trigPin, LOW);
78
79     long duration = pulseIn(echoPin, HIGH, 30000);
80
81     if (duration == 0)
82         return -1;
83
84     float distance = duration * 0.0343 / 2.0;
85
86     if (distance < 20 || distance > 450)
87         return -1;
88
89     return distance;
90 }
91
92 //=====
93 // Bubble Sort
94 //=====
95 void sortData(float data[], int n) {
96     for (int i = 0; i < n - 1; i++) {
97         for (int j = 0; j < n - i - 1; j++) {
98             if (data[j] > data[j + 1]) {
99                 float temp = data[j];
```

```
100         data[j] = data[j + 1];
101         data[j + 1] = temp;
102     }
103 }
104 }
105 }
106
107 //=====
108 // Trimmed Mean (Filter Data Sensor)
109 //=====
110 float getFilteredDistance() {
111     float sample[SAMPLE];
112     int valid = 0;
113
114     while (valid < SAMPLE) {
115         float d = readDistance();
116
117         if (d > 0) {
118             sample[valid] = d;
119             valid++;
120         }
121
122         delay(40);
123     }
124
125     sortData(sample, SAMPLE);
126
127     float total = 0;
128
129     // Buang 2 data terkecil dan 2 data terbesar
130     for (int i = 2; i < SAMPLE - 2; i++) {
131         total += sample[i];
132     }
133 }
```

```
135 }
136
137 //=====
138 // SETUP
139 //=====
140 void setup() {
141     Serial.begin(115200);
142
143     // Inisialisasi I2C Pin Custom ESP32 & LCD
144     Wire.begin(SDA_PIN, SCL_PIN);
145     lcd.begin();
146
147     // Pesan Awal / Splash Screen
148     lcd.setPosition(0, 0);
149     lcd.print("Sistem Monitoring");
150     lcd.setPosition(0, 1);
151     lcd.print(" Air Ready ");
152     delay(2000);
153
154     pinMode(trigPin, OUTPUT);
155     pinMode(echoPin, INPUT);
156
157     pinMode(relayValve, OUTPUT);
158     pinMode(relayPompa, OUTPUT);
159
160     // Awal: Matikan kedua relay (LOW)
161     digitalWrite(relayValve, LOW);
162     digitalWrite(relayPompa, LOW);
163
164     Serial.println("=== Sistem Monitoring Air Ready ===");
165 }
166
167 //=====
168 // LOOP UTAMA
```

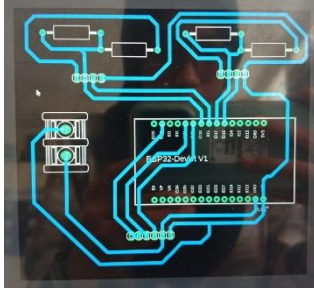
```

169 //=====
170 void loop() {
171     // 1. Ambil data sensor yang sudah difilter
172     float filteredDistance = getFilteredDistance();
173     int distance = round(filteredDistance);
174
175     // 2. Tampilkan ke Serial Monitor
176     Serial.print("Jarak Sensor : ");
177     Serial.print(distance);
178     Serial.println(" cm");
179
180     // 3. Logika Penanganan Relay
181
182     // --- HIDUPKAN SISTEM (Jarak >= 40 cm dan sistem sedang mati) ---
183     if (distance >= batasON && (!statusValve && !statusPompa)) {
184         Serial.println("Jarak 40cm atau lebih -> Nyalakan Valve & Pompa");
185
186         // Step A: Valve ON
187         digitalWrite(relayValve, HIGH);
188         statusValve = true;
189         updateLCD(distance);
190         delay(2000);
191
192         // Step B: Pompa ON (2 detik kemudian)
193         digitalWrite(relayPompa, HIGH);
194         statusPompa = true;
195         updateLCD(distance);
196     }
197
198     // --- MATIKAN SISTEM (Jarak <= 25 cm dan sistem sedang hidup) ---
199     else if (distance <= batasOFF && (statusValve || statusPompa)) {
200         Serial.println("Jarak 25cm atau kurang -> Matikan Pompa & Valve");
201

```

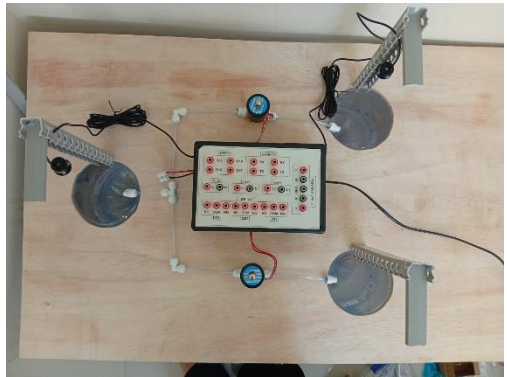
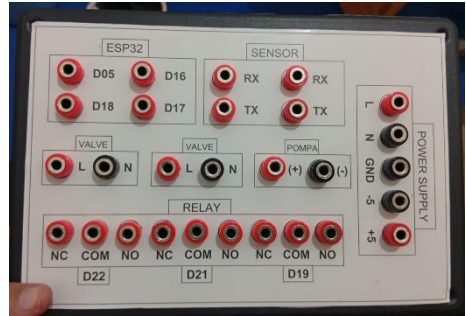
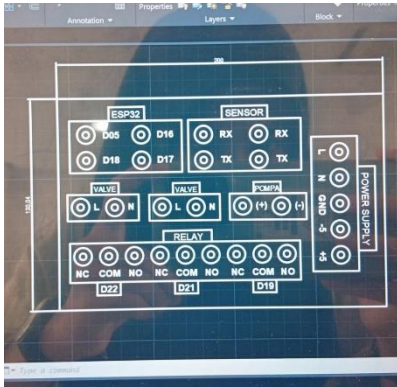
```
201
202     // Step A: Pompa OFF
203     digitalWrite(relayPompa, LOW);
204     statusPompa = false;
205     updateLCD(distance);
206     delay(2000);
207
208     // Step B: Valve OFF (2 detik kemudian)
209     digitalWrite(relayValve, LOW);
210     statusValve = false;
211     updateLCD(distance);
212 }
213
214 // 4. Perbarui tampilan LCD secara berkala
215 updateLCD(distance);
216
217 delay(1000);
218 }
```

Lampiran 1. 2 Domentasi Proses perakitan elektrik



Lampiran 1. 3 Dokumetasi proses perakitan mekanik





LEMBAR PEMBIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama : Najilatul Maufiroh
 NRP : 33112301018
 Program Studi : DIII Teknik Listrik Industri
 Pembimbing I : Ahmad Mustofa, S.Kom., M.Kom.
 Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Modul Pembelajaran Sistem
 Pemantauan Volume Dan Otomasi Distribusi Air pada
 Tandon Pusat Di Politeknik Negeri Madura

No.	Tanggal	Materi Bimbingan	Keterangan	Paraf Pembimbing
1.	15 April 2026	desain pcb		
2.	28 April 2026	progres dan kendala		
3.	7 Mei 2026	kelanjutan Progres Alat		
4.	12 Mei 2026	progres desain box modul		
5.	1 Juli 2026	filter sensor ultrasonic		
6.	10 Juli 2026	Progres connect Wifi		
7.	11 Juli 2026	Progres awal M&T		
8.	23 Juli 2026	Progres M&T		
9.	25 Juli 2026	Progres Alat		
10.				

Mengetahui,

Koordinator Program Studi
 DIII Teknik Listrik Industri


Bayu Praharsena, S.T., M.T.
 NIP. 199405312019031009

Pembimbing I


Ahmad Mustofa S.Kom., M.Kom
 NIP. 199407032019031017

LEMBAR PEMBIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama : Najilatul Maufiroh
 NRP : 33112301018
 Program Studi : DIII Teknik Listrik Industri
 Pembimbing II : A Labib Fardany Faisal, S.Si., M.T.I.
 Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Modul Pembelajaran Sistem
 Pemantauan Volume Dan Otomasi Distribusi Air pada
 Tandon Pusat Di Politeknik Negeri Madura

No.	Tanggal	Materi Bimbingan	Keterangan	Paraf Pembimbing
1.	12 Mei 2026	Progres desain Box modul		
2.	15 Mei 2026	Progres Box modul		
3.	24 Juni 2026	Progres kelengkapan Alat		
4.	24 Juli 2026	Progres kendali Alat		
5.	26 Juli 2026	Bimbingan laporan Akhir		
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				

Mengetahui,

Koordinator Program Studi

DIII Teknik Listrik Industri



Bayu Praharsena, S.ST., M.T.
 NIP. 199405312019031009

Pembimbing II



A Labib Fardany Faisal, S.Si., M.T.I.
 NIP. 199304132022031015

BIODATA PENULIS



Najilatul Maufiroh Lahir di Sampang 10 Oktober 2005. Penulis merupakan anak terakhir dari 3 bersaudara dari orang tua yang bernama Bpk.Mansur dan Ibu.Siti Asia. Riwayat Pendidikan penulis adalah

lulusan SDN KEDUNGUNG 1 pada tahun 2016, SMP Nurudz Dholam tahun 2019, dan MA Nurudz Dholam pada tahun 2023. Penulis memutuskan untuk melanjutkan pendidikan perguruan tinggi di Politeknik Negeri Madura tepatnya di Jurusan Teknologi Elektro Prodi Teknik Listrik Industri pada tahun 2023. Selama menempuh pendidikan penulis mengikuti beberapa kegiatan yaitu di Himpunan. Penulis pernah menjabat sebagai anggota departemen PSDM (Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa) pada Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknologi Elektro pada periode 2024/2025. Dalam menempuh pendidikan ini penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “**Rancang Bangun Modul Pembelajaran Sistem pemantauan Volume dan Otomasi Distribusi Air Pada Tandon Pusat Di Laboratorium**”