

**RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS
AIR KOLAM RENANG MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC*
BERBASIS IoT (*Internet of Things*)**

(Skripsi)

Oleh:

AHMAD MATSAL AZIZ MAHMUD



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2025

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS AIR KOLAM RENANG MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC* BERBASIS IoT (*Internet of Things*)

Oleh

Ahmad Matsal Aziz Mahmud

Kualitas air kolam renang perlu dijaga agar sesuai dengan standar kesehatan dan memberikan kenyamanan bagi pengguna. Penelitian ini merancang sistem pemantauan kualitas air berbasis Internet of Things (IoT) dengan metode logika fuzzy Mamdani. Sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan sensor pH 4502C, sensor suhu DS18B20, dan sensor kekeruhan SEN0189. Data hasil pengukuran diproses dengan logika fuzzy untuk menentukan klasifikasi kualitas air dalam tiga kategori: Baik, Sedang, dan Buruk. Hasil pemantauan ditampilkan melalui LCD TFT dan lampu indikator, serta dikirimkan secara real-time ke aplikasi Telegram sebagai notifikasi.

Pengujian yang dilakukan di Kolam Renang PPI Kalirejo selama enam hari, dengan frekuensi pengambilan data sembilan kali per hari, menunjukkan bahwa sistem ini menghasilkan nilai fuzzy antara 50 hingga 82.4. Data mengindikasikan bahwa 85.18% kondisi kualitas air tergolong "Baik", sementara 14.81% tergolong "Sedang". Sistem ini menunjukkan kapabilitas untuk mengakomodasi dinamika parameter pH, suhu, dan kekeruhan, sekaligus mempertahankan konsistensi dalam evaluasi. Dengan tingkat akurasi 100% yang tercatat dalam pengujian di kolam aktual maupun bak simulasi, sistem ini terbukti menjadi instrumen yang efektif untuk pemantauan kualitas air kolam renang secara *real-time* dan optimalisasi pengelolaan.

Kata kunci: Pemantauan IoT, Logika fuzzy, pH, Suhu, Kekeruhan

ABSTRACT

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A SWIMMING POOL WATER QUALITY MONITORING SYSTEM USING FUZZY LOGIC METHOD BASED ON IoT (Internet Of Things)

By

Ahmad Matsal Aziz Mahmud

Swimming pool water quality must be maintained to meet health standards and ensure user comfort. This study designs a water quality monitoring system based on the Internet of Things (IoT) using the Mamdani fuzzy logic method. The system employs an ESP32 microcontroller integrated with pH 4502C, DS18B20 temperature, and SEN0189 turbidity sensors. Measurement data are processed using fuzzy logic to classify water quality into three categories: Good, Moderate, and Poor. The results are displayed on a TFT LCD and indicator lamps, and also sent in real time as notifications via the Telegram application.

Tests conducted at the PPI Kalirejo Swimming Pool over six days, with data collection frequency of nine times per day, revealed that the system generated fuzzy values ranging from 50 to 82.4. The data indicated that 85.18% of the water quality conditions were categorized as "Good," while 14.81% were categorized as "Moderate." The system demonstrated its capability to accommodate the dynamics of pH, temperature, and turbidity parameters, while simultaneously maintaining consistency in evaluation. With a recorded accuracy level of 100% in both actual pool and simulation tank tests, this system proves to be an effective instrument for real-time swimming pool water quality monitoring and management optimization.

Keywords: Monitoring IoT, Fuzzy logic, pH, Temperature, Turbidity

Judul Skripsi

: **RANCANG BANGUN SISTEM
PEMANTAUAN KUALITAS AIR KOLAM
RENANG MENGGUNAKAN METODE
FUZZY LOGIC BERBASIS IoT (*Internet of
Things*)**

Nama Mahasiswa

: **Ahmad Matsal Aziz Mahmud**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **2115031012**

Jurusan

: **Teknik Elektro**

Fakultas

: **Teknik**



MENYETUJUI
Komisi Pembimbing

Umi Murdika, S.T., M.T.
NIP.19720206 200501 2 002

Syaiful Alam, S.T., M.T.
NIP.19690416 199803 1 004

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Herlinawati, S.T., M.T.
NIP.19710314 199903 2 001

Sumadi, S.T., M.T.
NIP.19731104 200003 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Umi Murdika, S.T., M.T.

Sekretaris : Syaiful Alam, S.T., M.T.

Penguji

Bukan Pembimbing : Dr. Eng. F. X. Arinto Setyawan, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung




Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. |
NIP. 19750928/200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 22 September 2025

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Air Kolam Renang Menggunakan Metode *Fuzzy Logic* Berbasis IoT (*Internet Of Things*)” tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi akademik sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 22 September 2025



Ahmad Matsal Aziz Mahmud
NPM 2115031012

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kalirejo, Lampung Tengah pada tanggal 14 Maret 2003, sebagai anak ketiga dari pasangan Bapak Aziz (Alm) dan Ibu Siti Khalimah.

Riwayat Pendidikan penulis dimulai dari TK ABA Kalirejo pada Tahun 2007 hingga 2009. SDN 1 Kalirejo pada tahun 2009 hingga 2015. SMPN 1 Kalirejo pada tahun 2015 hingga 2018. Kemudian dilanjutkan pendidikan tingkat atas SMAN 1 Kalirejo pada tahun 2018 hingga 2021.

Penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung pada tahun 2021 melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri). Selama menjadi mahasiswa, penulis bergabung dalam organisasi intra kampus Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) sebagai anggota Departemen Kaderisasi dan Pengembangan Organisasi pada periode tahun 2022 dan periode tahun 2023. Penulis melaksanakan kerja praktik di PT. Pelabuhan Indonesia (Persero) Regional 2 Panjag di Bandar Lampung, Lmapung. Yang tergabung dalam divisi Teknik dan system informasi, kemudian melanjutkan membuat laporan yang berjudul “ANALISIS PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) SISTEM *OFF-GRID* PADA MENARA SUAR GUNA NAVIGASI KAPAL DI PT PELABUHAN INDONESIA (PERSERO) REGIONAL 2 PANJANG” tahun 2024.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan Ridho Allah SWT

Teriring Shalawat & Salam kepada Nabi Muhammad SAW

KUPERSEMBAHKAN SKRIPSI INI KEPADA:

"Kedua Orang Tua saya, Ayahanda AZIZ (ALM) dan Ibunda SITI KHALIMAH yang tak kenal lelah dalam berdo'a dan bekerja demi memberikan semua hal terbaik untuk anaknya dalam mencapai kesuksesan"

Serta

Keluarga Besar, Dosen, Sahabat, Teman,

dan

Almamater

MOTTO

لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya."

(QS. Al-Baqarah: 286)

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۖ إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ
يُسْرًا ۖ

"Maka, sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan."

(QS. Al-Insyirah: 5-6)

"Jatuh itu biasa. Bangkit itu luar biasa."

"Menyesali nasib tidak akan mengubah keadaan. Terus berkarya dan bekerjalah yang membuat kita berharga"

(Abduraahman Wahid)

SANWACANA

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Air Kolam Renang Menggunakan Metode *Fuzzy Logic* Berbasis IoT (*Internet of Things*)” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Selama proses penyusunan ini, penulis mendapatkan banyak dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua yang telah membantu, terutama kepada :

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A. IPM., ASEAN.Eng., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Ibu Herlinawati, S.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
4. Bapak Sumadi, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Lampung.
5. Ibu Umi Murdika, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas bimbingan, arahan, motivasi, nasihat, dan pandangan hidup yang Ibu berikan dengan baik dan ramah di setiap kesempatan. Ibu tidak hanya memberikan ilmu, tetapi juga selalu menunjukkan rasa peduli seperti seorang ibu yang khawatir dengan keadaan anaknya. Setiap dukungan dan motivasi yang Ibu berikan sangat berarti bagi penulis. Terima kasih telah meluangkan waktu dan kesabaran untuk membimbing penulis. Semoga segala kebaikan dan ilmu Ibu menjadi amal jariyah dan membawa keberkahan.
6. Bapak Syaiful Alam, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing kedua, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala arahan, bimbingan, dan perhatian yang telah Bapak berikan selama proses penyusunan skripsi ini. Bimbingan yang Bapak berikan sangat berharga, membantu penulis dalam melihat berbagai sudut pandang, memperbaiki isi

tulisan, dan memperkuat kualitas penelitian ini. Semoga segala ilmu, kebaikan, dan dedikasi yang telah Bapak bagikan mendapatkan balasan terbaik dari Allah SWT.

7. Bapak Dr. Eng. F.X. Arinto Setyawan, S.T., M.T., selaku dosen penguji dan juga dosen pembimbing akademik (PA) yang telah memberikan kritik, masukan, saran, nasihat, arahan serta motivasi kepada penulis di setiap kesempatan dengan baik dan ramah selama perkuliahan.
8. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah memberikan pengajaran dan pandangan hidup selama perkuliahan.
9. Kak Perdana Agung Nugraha, S.T. selaku PLP Laboratorium Teknik Kendali. Terima kasih atas ilmu dan diberikannya tempat untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Staf administrasi Jurusan Teknik Elektro dan Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah membantu penulis dalam hal administrasi.
11. Saudara kandung saya Haedar Aziz Mahmud, Gustipraja Aziz Mahmud, Kimastajalan Aziz Mahmud. Terima Kasih atas segala bentuk doa, dukungan, semangat, motivasi, hiburan selama dalam menjalani kuliah dan proses penyusunan tugas akhir.
12. Keluarga besar almarhum datuk Mahmud, dan almarhum Mbah Syamsudin tercinta yang selalu memberikan dukungan, do'a, dan motivasi kepada penulis selama menempuh pendidikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini di waktu yang tepat.
13. Keluarga Anker 21 yaitu Haqqu, Irfan, Mahesa, Jentrio, Dimas, Fauzan, Agra, Aghas, Wayan, Rahmad, Ozi, Kadapi, Tegar, Bimo, Yozi, Azra, Rizki Febrian, Hazel, Sandi, Faris, Iqbal, Hud, Abi, dan Ridho yang telah memberikan banyak cerita, dukungan, motivasi, dan momen-momen lucu yang tak akan terulang di dalam hidup penulis.
14. Kosan Wahyudi yaitu Wahyudi, Irfan, Jentrio dan Dimas, yang telah memberikan banyak motivasi, saran, dan hiburan nonton bola disaat suntuk.

15. Keluarga rekan-rekan di Laboratorium Teknik kendali yang selalu memberikan dukungan, pertolongan, canda tawa, dalam setiap proses apapun selama menjadi asisten laboratorium teknik kendali.
16. Segenap Keluarga Besar Angkatan EXCALTO 2021, dan teman – teman yang telah menjadi keluarga bagi penulis.
17. Rekan – rekan HIMATRO UNILA serta kakak – kakak dan adik – adik tingkat di Jurusan Teknik Elektro.
18. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
19. Terakhir, penulis ingin mengucapkan kepada diri sendiri Ahmad Matsal Aziz Mahmud, sebagai sosok yang cenderung pendiam ini, terima kasih yang sebesar-besarnya atas komitmenmu untuk menyelesaikan setiap hal yang telah kamu mulai. Terima kasih atas usaha yang tiada henti dan keteguhan hatimu untuk tidak menyerah, meskipun banyak rintangan yang sempat membuatmu berpikir untuk berhenti. Kamu tetap menikmati setiap proses, meski penuh tantangan dan rintangan. Terima kasih telah bertahan hingga akhirnya.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca serta menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya.

Bandar Lampung, 22 September 2025

Penulis,

Ahmad Matsal Aziz Mahmud
NPM 2115031012

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
RIWAYAT HIDUP	vii
SANWACANA	x
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Hipotesis	4
1.7 Sistematika penulisan	4
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Relay.....	10
2.3 ESP32	11
2.4 Sensor <i>Turbidity</i> SEN0189.....	13
2.5 Sensor pH 4502C.....	15
2.6 Sensor Suhu DS18B20	16
2.7 Pilot <i>Lamp</i> (Lampu Indikator) 220AC	18
2.8 <i>Power Supply</i> 5V.....	18
2.8 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>) TFT 3.2 inch.....	19
2.9 Internet of <i>Things</i> (IoT).....	20
2.10 Metode <i>Fuzzy Logic</i> Mamdani	21
2.11 Telegram.....	22

2.12	Air Kolam Renang.....	22
BAB III		24
METODE PENELITIAN		24
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.2	Alat dan Bahan	24
3.3	Prosedur Penelitian.....	26
3.4	Perancangan Sistem.....	28
3.4.1	Pembacaan Nilai Sensor pH, Suhu dan <i>Turbidity</i>	28
3.4.2	Fuzzifikasi	29
3.4.3	Evaluasi Aturan <i>Fuzzy</i>	29
3.4.4	Defuzzifikasi.....	30
3.4.5	Output <i>Fuzzy</i>	30
3.5	Perancangan Alat.....	31
3.5.1	Diagram Blok Perancangan Alat.....	31
3.5.2	Perancangan Perangkat Lunak	32
3.6	Metode Pengujian.....	33
3.6.1	Pengujian Komponen Perancangan Sub-Sistem	33
3.6.2	Pengujian Sistem Perancangan	34
BAB IV		35
HASIL DAN PEMBAHASAN		35
4.1	Implementasi Perancangan.....	35
4.2	Prinsip Kerja Alat	36
4.3	Data Hasil Pengujian Komponen	37
4.3.1	Data Hasil Pengujian Sensor Suhu DS18B20.....	37
4.3.2	Data Hasil Pengujian Sensor pH 4502C	40
4.3.3	Data Hasil Pengujian Sensor <i>Turbidity</i> SEN0189	42
4.4	Pengujian <i>Fuzzy Logic</i>	44
4.4.1	Aturan Fuzzy	49
4.4.2	Implementasi Sistem <i>Fuzzy Logic Mamdani</i>	49
4.5	Pengujian Relay.....	56
4.6	Pengujian Sistem <i>Internet of Things</i> (IoT) pada Telegram	57
4.7	Pengujian LCD TFT 3.2 inch	57
4.8	Pengujian Sistem Keseluruhan	58

4.8.1	Pengujian Pada Kolam Renang.....	58
4.8.2	Pengujian Pada Bak Air Simulasi Sesuai <i>Rule-Based</i>	71
BAB V		79
KESIMPULAN DAN SARAN		79
5.1	Kesimpulan.....	79
DAFTAR PUSTAKA		80
LAMPIRAN		82
1.	Lampiran Program Keseluruhan Sistem	83
2.	Lampiran Dokumentasi Kegiatan	100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Relay.....	10
Gambar 2.2 Mikrokontroller ESP32	12
Gambar 2.3 Sensor Turbidity SEN0189	14
Gambar 2.4 Sensor pH 4502C	16
Gambar 2.5 Sensor Suhu DS18B20	17
Gambar 2. 6 Pilot Lamp 220AC	18
Gambar 2.7 Power Supply 5V	19
Gambar 2.8 LCD TFT 3.2 inch.....	19
Gambar 2.9 Kolam Renang PPI Kalirejo	23
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	26
Gambar 3.2 Diagram Perancangan Sistem.....	28
Gambar 3.3 Blok Diagram Sistem	31
Gambar 3.4 Software Arduino IDE	32
Gambar 4.1 Realisasi Skema Rangkaian Alat.....	35
Gambar 4.2 Wiring Skema Rangkaian.....	37
Gambar 4.3 Grafik Regresi Linear Suhu.....	39
Gambar 4.4 Grafik Regresi Linear pH.....	41
Gambar 4.5 Grafik Regresi Linear Turbidity.....	43
Gambar 4.6 Fungsi Keanggotaan pH	45
Gambar 4.7 Fungsi Keanggotaan Suhu.....	46
Gambar 4.8 Fungsi Keanggotaan Kekerusuhan	47
Gambar 4.9 Fungsi Keanggotaan Kualitas Air	47
Gambar 4.10 Mencari nilai t1 dan t2	50
Gambar 4.11 Tampilan pesan bot notifikasi pada aplikasi telegram	57
Gambar 4.12 Tampilan LCD TFT 3.2 inch.....	58
Gambar 4.13 Tampilan telegram saat terdapat notifikasi peringatan	62
Gambar 4.14 Alat sistem pemantauan saat pengujian di kolam renang	63
Gambar 4.15 Grafik Karakteristik pH Pada Kolam Renang.....	64
Gambar 4.16 Grafik Karakteristik Suhu Pada Kolam Renang	66
Gambar 4.17 Grafik Karakteristik Kekerusuhan Pada Kolam Renang	69
Gambar 4.18 Tampilan telegram saat terdapat notifikasi peringatan	73
Gambar 4.19 Grafik karakteristik ph terhadap pengukuran pada bak air simulasi	74
Gambar 4.20 Grafik karakterisitik suhu terhadap pengukuran pada bak air simulasi	76
Gambar 4.21 Grafik karakteristik kekeruhan terhadap pengukuran pada bak air simulasi	77

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	6
Tabel 2.2 Spesifikasi dari Mikrokontroler ESP32	12
Tabel 2.3 Spesifikasi dari Sensor Turbidity tipe SEN0189	14
Tabel 2.4 Spesifikasi dari sensor pH tipe 4502C	16
Tabel 2.5 Spesifikasi dari Sensor Suhu tipe DS18B20	17
Tabel 3.1 Alat dan Bahan Penelitian (Perangkat Keras).....	24
Tabel 3.2 Alat dan Bahan Penelitian (Perangkat Lunak).....	25
Tabel 4.1 Koneksi Pin Sensor Suhu dengan ESP32	38
Tabel 4.2 Data Hasil Perbandingan Pembacaan Sensor Suhu dan Termometer...	38
Tabel 4.3 Koneksi Pin Sensor pH dengan ESP32.....	40
Tabel 4.4 Data Hasil Perbandingan Pembacaan Sensor pH dan pH meter.....	40
Tabel 4.5 Koneksi Pin Sensor Suhu dengan ESP32	42
Tabel 4.6 Data Hasil Perbandingan Pembacaan Sensor turbidity dan turbidity meter	42
Tabel 4.7 Membership Function	44
Tabel 4.8 Aturan Fuzzy.....	49
Tabel 4.9 Perhitungan Aturan Fuzzy Logic Mamdani.....	51
Tabel 4.10 Data hasil pengujian di kolam renang.....	59
Tabel 4.11 Data Hasil Pengujian di Bak Air.....	72

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem pemantauan berfungsi untuk mengawasi, mengontrol, dan mengevaluasi kondisi secara *real-time*. Perkembangan teknologi digital memungkinkan pemantauan jarak jauh melalui IoT dan internet, sehingga data dapat diakses kapan saja melalui aplikasi web atau mobile. Inovasi seperti IoT, mikrokontroler, dan komunikasi web juga mendukung notifikasi otomatis ke perangkat pintar [1]. Sistem ini meningkatkan efisiensi, mengurangi kesalahan, dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data. IoT membantu pengukuran dan skalabilitas sistem di berbagai sektor, seperti kesehatan, kota pintar, konstruksi, pertanian, manajemen air, dan energi, dengan mengotomatisasi proses secara *real-time* [2].

Oleh karena itu, terdapat sebuah metode yang dapat menunjang kemampuan sebuah sistem dalam mengambil keputusan otomatis yaitu metode *fuzzy logic*. *Fuzzy logic* adalah metode perhitungan yang menangani ketidakpastian dan data tidak tegas, meniru cara manusia berpikir dalam pengambilan keputusan. Metode ini banyak digunakan dalam kontrol otomatis, kecerdasan buatan, dan sistem pendukung keputusan. Oleh karena itu, *Fuzzy Logic* dapat diterapkan dalam alat pemantauan seperti pada media air kolam renang untuk mengklasifikasikan kualitas air secara lebih akurat.

Kolam renang merupakan fasilitas yang banyak diminati untuk rekreasi dan olahraga karena memiliki beragam manfaat, tetapi kualitas air yang buruk juga dapat menyebabkan beberapa penyakit. Untuk mencegahnya, pengelola kolam renang harus memastikan air memenuhi standar kesehatan sesuai Peraturan Menteri Kesehatan No. 32 Tahun 2017, mencakup aspek fisika, kimia, dan mikrobiologi meliputi kadar seperti pH, kekeruhan, dan juga kondisi suhu [3]. Air kolam dengan

pH tidak sesuai dapat menyebabkan iritasi mata, kulit kering, dan rasa terbakar. Kekeruhan berlebih membuat mata perih dan mengurangi kenyamanan. Selain itu, suhu air yang terlalu rendah dapat memicu hipotermia dan penyempitan pembuluh darah, menghambat suplai oksigen ke organ vital.

Berdasarkan permasalahan di atas diperlukan sistem pemantauan kualitas air kolam renang berbasis IoT dan logika *fuzzy* untuk memantau secara *real-time* kadar pH, suhu, dan kekeruhan. Sistem ini memberikan informasi akurat yang dapat diakses melalui perangkat mobile atau komputer. Dengan logika *fuzzy*, kualitas air dapat diklasifikasikan untuk memberikan rekomendasi perawatan yang lebih adaptif. Implementasi sistem ini diharapkan meningkatkan efisiensi perawatan air di kolam renang Pelangi Permata Indah (PPI), sehingga kualitas air tetap terjaga dan memberikan pengalaman yang lebih aman serta nyaman bagi pengunjung.

Perangkat sensor berbasis mikrokontroler Arduino Uno berhasil mengukur kualitas air kolam renang menggunakan sensor suhu, pH, dan TDS meter. Data dari sensor dikirim secara *real-time* ke *cloud Firebase* dan ditampilkan melalui website untuk memudahkan pemantauan. Firebase dipilih karena mampu menampilkan data dari Wemos D1 Mini dan menyimpannya dalam format JSON. Data tersinkronisasi secara *real-time* saat terjadi perubahan, bahkan saat offline tetap tersimpan di disk. Setelah koneksi kembali, data otomatis diperbarui sesuai status terbaru [4].

Pemantauan kualitas air kolam renang berdasarkan tiga parameter, yaitu pH, TDS (ppm), dan suhu. Sensor pH digunakan untuk mengukur tingkat keasaman, sensor TDS untuk mengukur kadar partikel terlarut, dan sensor DS18B20 untuk mengukur suhu. Data dari masing-masing sensor diproses oleh Arduino Uno, kemudian dikirim melalui modul WiFi ESP-01. Hasil pemantauan dapat diakses melalui aplikasi *Blynk* pada smartphone [5]. Perbedaan dengan penelitian kali ini yaitu pada pemantauan air kolam renang menggunakan tiga parameter, yaitu pH, suhu dan kekeruhan. Kemudian pada penelitian ini menggunakan metode *fuzzy logic* untuk menunjang keputusan otomatisasi dalam pengklasifikasian kualitas air dan alat ini juga akan terhubung ke internet guna mendapatkan data *real-time* yang dapat

diakses melalui aplikasi telegram pada smartphone sehingga pengelola kolam dapat mengetahui kualitas air kolam renang secara aktual dan dapat melakukan perawatan apabila kondisi air kolam renang buruk.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah “Bagaimana membuat sebuah sistem yang dapat mendeteksi kualitas air kolam renang menggunakan metode logika *fuzzy* dalam menentukan klasifikasi kualitas air (Baik, Sedang atau Buruk)”

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang ditetapkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya akan membahas mengenai pemantauan kualitas air kolam renang dengan indikator pH, suhu dan kekeruhan air.
2. Logika *fuzzy* akan diterapkan untuk menentukan klasifikasi kualitas air kolam renang (Baik, Sedang atau Buruk) berdasarkan data yang diperoleh dari sensor pH, suhu dan kekeruhan.
3. Penelitian ini akan dilaksanakan di kolam renang atlet pelangi permata indah (PPI) kalirejo dan tidak mencakup kolam renang lain atau fasilitas serupa di lokasi yang berbeda. Pengujian alat dan sistem dilakukan pada permukaan air kolam renang.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang sistem pemantauan berbasis IoT yang dapat bekerja secara *real-time* untuk mendeteksi kualitas air yaitu nilai pH, kondisi suhu dan tingkat kekeruhan pada kolam renang.
2. Menerapkan metode *fuzzy logic* Mamdani untuk menentukan klasifikasi kualitas air kolam renang (Baik, Sedang atau Buruk) dalam proses perancangan sebuah alat.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian pada penelitian ini adalah dengan penerapan sistem pemantauan berbasis IoT, kualitas air kolam renang dapat dipantau secara *real-time*. Hal ini memungkinkan pengelola untuk melakukan tindakan korektif dengan cepat jika parameter pH, suhu dan kekeruhan berada di luar batas nilai ideal tiap parameter, sehingga meningkatkan keselamatan dan kenyamanan bagi para pengunjung.

1.6 Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah penggunaan metode *fuzzy* dalam rancang bangun sistem pemantauan kualitas air kolam renang berbasis IoT diharapkan mampu meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam pemeliharaan air dibandingkan dengan metode konvensional. Dengan integrasi teknologi IoT, sistem ini diharapkan dapat menyediakan data *real-time* mengenai kondisi kualitas air kolam renang, seperti tingkat pH, suhu dan tingkat kekeruhan, yang kemudian diolah menggunakan metode logika *fuzzy* untuk mengetahui klasifikasi kualitas air kolam renang.

1.7 Sistematika penulisan

Adapun sistematika penulisan pada penelitian tugas akhir ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini akan dimulai dengan latar belakang yang menjelaskan tentang pentingnya kualitas air kolam renang dan juga tentang peran teknologi seperti IoT dalam proses pembuatan alat tersebut. Selanjutnya, rumusan masalah akan mengidentifikasi masalah spesifik yang hendak diselesaikan melalui penelitian ini. Tujuan penelitian akan merinci tujuan yang ingin dicapai, diikuti oleh batasan masalah yang menetapkan fokus dan ruang lingkup penelitian agar jelas. Manfaat penelitian akan menguraikan manfaat dari alat yang dibuat dan penelitian lanjutan. Terakhir, hipotesis akan menyajikan hipotesis penelitian yang diharapkan terbukti melalui pelaksanaan penelitian ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada tinjauan pustaka berisikan tentang teori-teori yang mendasari penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada metode penelitian terdapat waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, metode yang akan digunakan, serta diagram alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil dan pembahasan terdapat hasil penelitian serta analisis hasil penelitian yang diperoleh.

BAB V PENUTUP

Pada penutup terdapat rangkuman akhir atau kesimpulan yang diperoleh dari hasil dan pembahasan serta saran untuk pengembangan penelitian ini lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa tahun terakhir, berbagai penelitian telah membahas mengenai pemantauan dengan sistem dan objek pemantauan yang beragam. Pada Tabel 2.1 adalah beberapa artikel penelitian sebelumnya yang digunakan sebagai referensi.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Judul	Nama Penulis	Hasil
1.	Rancang Bangun Sistem Pakar Pemantau Kualitas Air Berbasis IoT Menggunakan Fuzzy Classifier.	Muhammad Hisyamudin Ramadhan, Gunawan Dewantoro, dan Fransiscus Dalu Setiaji, (2020).	Klasifikasi kualitas air sangat diperlukan untuk memastikan penggunaan air yang diuji sudah sesuai peruntukannya. Selama ini Perusahaan Air Minum Daerah (PDAM) menggunakan metode konvensional dengan cara mengambil sampel air, mengukur semua parameter kualitas air, dan menganalisis satu per satu. Selain itu, proses pengambilan kesimpulan kualitas air belum terintegrasi sehingga dapat menyebabkan misklasifikasi kualitas air dan memperlama pekerjaan. Pada penelitian ini dirancang sebuah sistem pakar untuk

No	Judul	Nama Penulis	Hasil
			memantau kualitas air yang bekerja secara real time agar bisa diakses kapanpun dan dimanapun. Proses analisis kualitas air dilakukan dengan fuzzy classifier yang direalisasikan menggunakan Arduino Mega 2560. Variabel masukan fuzzy meliputi nilai pH, total dissolved solids (TDS) atau zat padat terlarut, dan turbidity atau kekeruhan. Sebuah sistem inferensi fuzzy digunakan untuk mengklasifikasikan kualitas air ke dalam tiga kelas yaitu baik (memenuhi baku mutu), biasa, dan buruk (tercemar). Sistem pakar sukses memberikan hasil inferensi dengan persentase keberhasilan 100%. Hasil pemantauan serta klasifikasi kualitas air dapat diakses secara daring menggunakan Internet of Things (IoT) platform ThingSpeak [6].
2.	Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Renang Menggunakan	Nenny Anggraini, Tabah Rosyadi, Deny Saputra , Nashrul Hakiem ,	Sistem monitoring yang mampu memonitor kualitas air meliputi suhu air, pH dan kekeruhan dengan persentase

No	Judul	Nama Penulis	Hasil
	Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan Cayenne	Mohamad Mu'adz dan Muhamad Vicky, (2021).	keakuratan pH rata-rata adalah 96.84%, sistem mampu membedakan air bening dan keruh dengan rata-rata waktu tunggu notifikasi saat air dalam kondisi tidak standar adalah 12.06 detik [7].
3.	Monitoring and Predicting Water Quality in Swimming Pools	Apriandy Angdreseya, Lanny Sitanayahb, Vandri Josua Abram Sampul, (2020).	Penelitian ini memprediksi kualitas air menggunakan model prediksi data mining yaitu algoritma pohon keputusan Iterative Dichotomizer 3. Penelitian ini menunjukkan melalui percobaan bahwa node sensor dan sistem pemantauan nirkabel berfungsi dengan benar. Penelitian ini juga menunjukkan melalui simulasi menggunakan Weka bahwa kami bisa mendapatkan akurasi 100% dengan nilai statistik kappa 1 dan tingkat kesalahan 0% [8].
4.	Rancang Bangun Alat Monitoring Nilai Air Pada Kolam Renang Berbasis IoT	Rivalt Alfaro Tamasoleng, Ellia K. Allo, Janny O. Wuwung. (2021).	Pemantauan kualitas air kolam renang penting untuk memastikan air tetap layak digunakan. Saat ini, pemantauan masih dilakukan secara manual, sehingga dibutuhkan sistem otomatis

No	Judul	Nama Penulis	Hasil
			berbasis IoT untuk meningkatkan efisiensi. Penelitian ini merancang alat pemantauan kualitas air menggunakan tiga parameter utama: pH, TDS (ppm), dan suhu. Sensor pH, TDS, dan DS18B20 digunakan untuk mengukur masing-masing parameter, dengan data diolah oleh Arduino Uno dan dikirim melalui modul WiFi ESP-01. Hasil pemantauan dapat diakses melalui aplikasi Blynk di smartphone [9].
5.	Perencanaan Sistem Kontrol Untuk Pemantauan Dan Pengendalian Kualitas Air Pada Kolam Renang Publik	Fendi Ardy Putra, Ibaddurohman Al Aufa, Muchalim Danu Warta, Pramono, (2024).	Penelitian ini menunjukkan peningkatan efisiensi pemantauan, pengurangan kesalahan manusia, dan peningkatan kepuasan pengguna. Implementasi sistem ini diharapkan dapat menjaga kualitas air kolam renang sesuai standar dan meningkatkan kepercayaan pengguna [10].

Perbedaan dari penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah penggunaan sensor pH, suhu dan kekeruhan yang diintegrasikan menggunakan esp32 sebagai mikrokontroler dan dapat dipantau berbasis IoT dengan tujuan supaya dapat

melakukan pemantauan kadar pH, suhu dan *turbidity* dengan menggunakan metode logika *fuzzy* sebagai penentu klasifikasi kualitas air kolam renang.

2.2 Relay

Relay adalah komponen elektromekanik yang berfungsi sebagai saklar otomatis, memungkinkan pengendalian arus listrik berdaya besar menggunakan sinyal listrik berdaya rendah. Komponen ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu elektromagnet dan kontak mekanis (*switch*) yang dapat berupa *Normally Open* (NO) atau *Normally Closed* (NC). Ketika arus kecil mengalir melalui kumparan, medan magnet yang dihasilkan akan menarik tuas saklar sehingga posisi kontak berubah dari NC ke NO atau sebaliknya tergantung jenis dan konfigurasi relay.

Prinsip kerja relay mengandalkan gaya elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar. Dalam keadaan tanpa arus, kontak tetap berada pada posisi default (NO atau NC). Namun saat kumparan mendapat tegangan, kontak CO (*Change Over*) akan berpindah posisi misalnya dari NC ke NO memungkinkan atau memutuskan aliran listrik pada rangkaian keluaran. Dapat dilihat pada Gambar 2.1 merupakan gambar dari relay 8 channel [11].



Gambar 2.1 Relay

Pada penelitian ini, relay yang digunakan yaitu 8 channel dan 1 channel. Dimana relay ini digunakan untuk mengaktifkan pilot *lamp* dalam mendefinisikan tiap data sensor yang didapatkan dalam pengujian. Dan relay ini dirancang dalam keadaan awal kontak NO (*Normally Open*), yang itu artinya semua lampu indikator akan

menyala apabila memenuhi kapabilitas yang telah diatur pada program mikrokontroller.

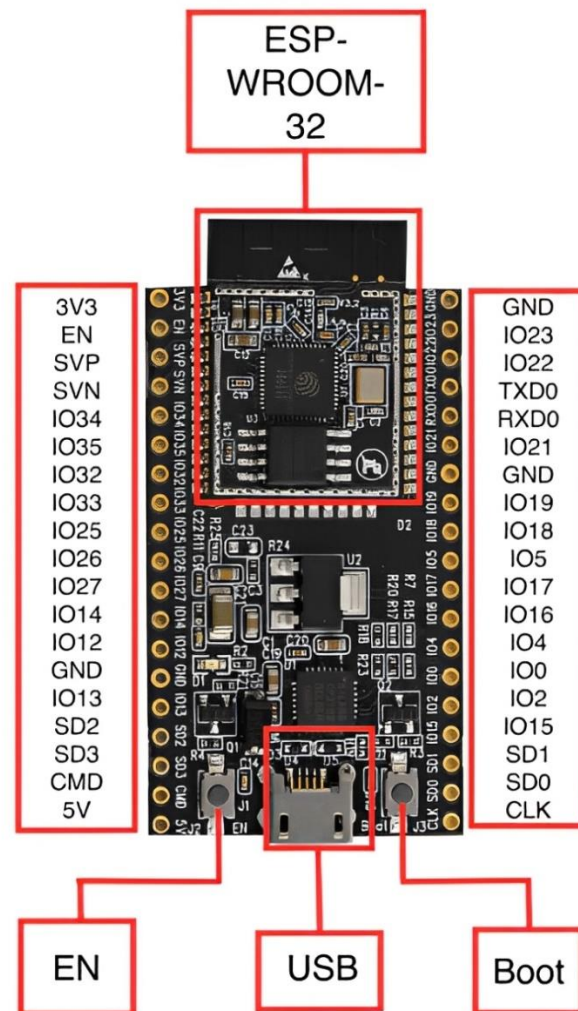
2.3 ESP32

Mikrokontroler ESP32 adalah sebuah sistem tertanam (*embedded system*) yang dikembangkan oleh *Espressif Systems*, dirancang untuk aplikasi yang membutuhkan konektivitas nirkabel serta performa pemrosesan yang tinggi. ESP32 merupakan penerus dari ESP8266 dan memiliki fitur yang lebih canggih, termasuk Wi-Fi 802.11 b/g/n dan Bluetooth 4.2/BLE (Bluetooth Low Energy) yang memungkinkan komunikasi data secara nirkabel dalam sistem *Internet of Things* (IoT). Mikrokontroler ini menggunakan prosesor dual-core Tensilica Xtensa LX6 dengan kecepatan clock hingga 240 MHz serta dilengkapi dengan SRAM 520 KB, memori flash hingga 16 MB, dan berbagai antarmuka periferil seperti ADC, DAC, I²C, SPI, UART, dan PWM [12].

Prinsip kerja ESP32 didasarkan pada kemampuannya dalam mengolah data dari sensor, mengendalikan aktuator, serta mengirim dan menerima data melalui jaringan Wi-Fi atau Bluetooth. Saat sistem dijalankan, ESP32 membaca data dari sensor yang terhubung melalui pin GPIO (General Purpose Input/Output), kemudian mengolah data tersebut menggunakan firmware yang telah diprogram sebelumnya menggunakan Arduino IDE, MicroPython, atau ESP-IDF. Setelah pemrosesan data selesai, ESP32 dapat mengirimkan hasil pengukuran ke platform cloud, seperti Firebase, MQTT, atau ThingSpeak, untuk memungkinkan pemantauan jarak jauh melalui aplikasi web atau mobile.

ESP32 memiliki berbagai jenis pin yang mendukung konektivitas dengan sensor dan perangkat lain. Terdapat 34 pin GPIO, yang dapat dikonfigurasi sebagai input atau output digital. ESP32 juga memiliki hingga 18 pin ADC (Analog-to-Digital Converter) yang dapat digunakan untuk membaca sinyal analog dari sensor seperti pH 4502C atau *turbidity* SEN0189. Selain itu, terdapat 2 pin DAC (Digital-to-Analog Converter) untuk menghasilkan sinyal analog, serta 16 kanal PWM untuk mengendalikan perangkat seperti motor atau LED. Mikrokontroler ini juga mendukung komunikasi serial melalui UART (hingga 3 port), SPI (4 bus), dan I²C

(2 kanal), memungkinkan koneksi ke berbagai modul tambahan seperti layar OLED, modul RTC, atau sensor eksternal lainnya. Dapat dilihat pada Gambar 2.2 merupakan gambar mikrokontroller ESP32.



Gambar 2.2 Mikrokontroller ESP32 [21]

Tabel 2.2 Spesifikasi dari Mikrokontroller ESP32

Spesifikasi	Keterangan
Chipset	ESPRESSIF-ESP32 240MHz Xtensa®single-/dualcore 32-bit LX6 microprocessor
Working Current	3.3 V
Working Voltage	2.7V—3.6V
Sleep Current	0.26 mA

Spesifikasi	Keterangan
<i>Bluetooth</i>	<i>Bluetooth v4.2 BR/EDR and BLE specification NZIF receiver with -97 dBm sensitivity</i>
<i>Wi-Fi</i>	<i>802.11b/g/n (802.11n up to 150 Mbps) Frequency range 2.4 GHz – 2.5 GHz</i>
<i>Working temperature range</i>	<i>-40°C — +125°C</i>
<i>Power Supply</i>	<i>USB 5V/1A</i>
<i>Flash Memory</i>	<i>QSPI flash 4MB</i>
<i>SRAM</i>	<i>520 kB SRAM</i>
<i>On-board clock 4</i>	<i>40MHz crystal oscillator</i>

2.4 Sensor *Turbidity* SEN0189

Sensor *Turbidity* adalah sensor yang digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan atau kejernihan air berdasarkan jumlah partikel tersuspensi di dalamnya. Pada penelitian ini, sensor *turbidity* digunakan untuk mengukur tingkat dari kekeruhan air kolam renang. Prinsip kerja sensor *turbidity* SEN0189 didasarkan pada hukum *Tyndall Effect*, yang menyatakan bahwa partikel tersuspensi dalam cairan akan menghamburkan cahaya yang melewatinya. Sensor ini terdiri dari pemancar cahaya inframerah dan fotodetektor, yang bekerja dengan cara mengukur perubahan intensitas cahaya yang tersebar akibat adanya partikel dalam air. Semakin banyak partikel yang ada, semakin sedikit cahaya yang diterima oleh detektor, sehingga menghasilkan tegangan keluaran yang lebih tinggi. Data ini kemudian dapat dikonversi menjadi nilai NTU (*Nephelometric Turbidity Units*), yang digunakan sebagai satuan standar dalam pengukuran kekeruhan air [13].

Sensor SEN0189 memiliki tiga pin utama untuk koneksi dengan mikrokontroler, yaitu VCC (tegangan suplai 5V), GND (ground), dan A0 (output analog). Selain itu, terdapat pin D0 (output digital) yang dapat digunakan untuk menghasilkan sinyal HIGH atau LOW berdasarkan nilai ambang batas yang telah dikalibrasi menggunakan potensiometer bawaan. Pin A0 menghasilkan nilai tegangan analog yang berbanding lurus dengan tingkat kekeruhan air, sehingga perlu dikonversi menggunakan ADC (*Analog to Digital Converter*) pada mikrokontroler agar dapat

diproses secara digital. Gambar 2.3 menunjukkan gambar sensor *turbidity* SEN0189.



Gambar 2.3 Sensor *Turbidity* SEN0189

Dari Gambar 2.3 dapat dilihat terdapat sebuah komponen modul tambahan. Modul tambahan ini berfungsi sebagai konverter dan penguat sinyal optik yang dihasilkan oleh unit sensor utama menjadi sinyal analog dan digital yang dapat dibaca oleh mikrokontroler. Modul antarmuka yang menyertainya memiliki dua jenis keluaran: analog (A0) dan digital (D0). Output analog memberikan sinyal tegangan yang proporsional terhadap tingkat kekeruhan dalam satuan NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*), dan biasanya memerlukan konversi melalui ADC pada mikrokontroler.

Tabel 2.3 Spesifikasi dari Sensor *Turbidity* tipe SEN0189

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan Operasional	$\pm 5V$
Arus Operasional	40mA
Waktu Responsi	< 500 mS
Output Analog	0 - 4,5 Volt
Rentang Temperature	5 °Cs/d 90 °C
Penyimpan Temperature	- 10 °Cs/d 90 °C
Berat	30 g
Dimensi	38 mm x 28 mm x 10 mm

2.5 Sensor pH 4502C

Sensor pH tipe 4502C ini merupakan modul yang bekerja untuk mendeteksi tingkat pH air yang di mana keluarannya berupa tegangan analog. Prinsip kerja dari sensor pH adalah mengubah besarnya nilai reaksi kimia yang terjadi atau yang terdeteksi dan dikonversikan ke dalam besaran tegangan listrik [14]. Sensor ini menggabungkan elektroda indikator dan elektroda referensi dalam satu unit probe, menyederhanakan penggunaan dan pemasangan. Elektroda indikator pada sensor pH 4502C biasanya terbuat dari membran kaca khusus yang sensitif terhadap ion hidrogen. Ketika membran kaca ini bersentuhan dengan larutan yang diukur, ion hidrogen dalam larutan berinteraksi dengan permukaan kaca, menciptakan potensial elektrokimia. Potensial ini sebanding dengan aktivitas ion hidrogen dalam larutan.

Sensor pH 4502C memiliki beberapa pin koneksi ke mikrokontroler. Pin-pin ini meliputi VCC (tegangan suplai 5V), GND (ground), DO (digital output), dan AO (analog output). Pin AO menghasilkan sinyal analog yang berbanding lurus dengan nilai pH larutan, sehingga memerlukan konversi menggunakan ADC (*Analog to Digital Converter*) pada mikrokontroler agar dapat diolah secara digital. Pin DO dapat dikalibrasi menggunakan potensiometer untuk menentukan batas ambang tertentu, yang akan memberikan sinyal digital saat nilai pH melebihi atau kurang dari ambang batas yang telah ditetapkan. Total skala pH berkisar dari 1 sampai 14, dengan 7 dianggap netral. Sebuah pH kurang dari 7 dikatakan asam dan larutan dengan pH lebih dari 7 dasar atau alkali. Alat ini dapat mengukur kualitas air [15]. Dapat dilihat pada Gambar 2.4 merupakan sensor pH 4502C.



Gambar 2.4 Sensor pH 4502C

Dari Gambar 2.4 dapat dilihat terdapat sebuah komponen modul. Modul tambahan pada sensor pH 4502C berfungsi sebagai rangkaian antarmuka yang mengolah sinyal elektrokimia dari probe sensor menjadi sinyal listrik analog yang dapat dibaca oleh mikrokontroler. Probe pH menghasilkan sinyal bertegangan sangat rendah dan bersifat non-linear, sehingga diperlukan rangkaian penguat (op-amp) pada modul untuk meningkatkan level tegangan agar berada dalam rentang 0–5V DC yang kompatibel dengan input ADC (Analog to Digital Converter) pada mikrokontroler seperti Arduino atau ESP32.

Tabel 2.4 Spesifikasi dari sensor pH tipe 4502C

Spesifikasi	Keterangan
<i>Power Supply</i>	5.00 V
Konsumsi Arus	5-10 mA
<i>Range Suhu</i>	-10—50°C
Rentang Pengukuran	0—14
Waktu Respon	≤ 1 menit
Output	Pin Analog
Ukuran Modul	43 x 32mm (1.69 x 1.26)

2.6 Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 *Digital Waterproof Temperature* merupakan sensor yang dapat mengukur suhu air. Perbedaan sensor DS18B20 dengan sensor suhu pada umumnya adalah DS18B20 bersifat tahan air sehingga tetap dapat beroperasi ketika diletakkan di dalam air. DS18B20 memanfaatkan kapsul dari bahan *Stainless Steel*

sebagai wadah untuk membungkus sensor suhu di dalamnya. Sensor DS18B20 dapat mengukur suhu dari -55°C hingga $+125^{\circ}\text{C}$ dengan akurasi $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (dalam rentang -10°C hingga $+85^{\circ}\text{C}$) dan resolusi yang dapat disesuaikan (9-12 bit). Penggunaan protokol 1-Wire pada sensor ini menyederhanakan instalasi karena hanya membutuhkan satu kabel data untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler [16].

Sensor DS18B20 mendeteksi suhu berdasarkan variasi karakteristik elektrik semikonduktor termal internal. Integrasi termistor digital memungkinkan konversi suhu menjadi data digital tanpa ADC eksternal, yang disalurkan melalui jalur komunikasi 1-Wire (pin DATA). Suplai daya ke sensor dapat dilakukan melalui pin VCC (3.3V atau 5V) dan GND, dengan kestabilan komunikasi dijaga oleh resistor pull-up 4.7 k Ω pada jalur DATA. Alternatifnya, sensor dapat beroperasi dalam mode parasitic power, memanfaatkan jalur data sebagai sumber daya. Dapat dilihat pada Gambar 2.5 merupakan gambar dari sensor suhu DS18B20.



Gambar 2.5 Sensor Suhu DS18B20

Tabel 2.5 Spesifikasi dari Sensor Suhu tipe DS18B20

Spesifikasi	Keterangan
<i>Power Supply</i>	3 V – 5.5 V
Konsumsi arus	1 mA
<i>Range Suhu</i>	-55 – 125 ° C

Spesifikasi	Keterangan
Akurasi	$\pm 0.5 \%$
Resolusi	9 – 12 bit
Waktu Konversi	< 750 ms

2.7 Pilot Lamp (Lampu Indikator) 220AC

Pilot *lamp* adalah sinyal indikator berupa lampu atau lampu dengan warna tertentu pada suatu sistem kendali. Lampu ini umumnya memiliki warna merah, kuning, dan hijau. Lampu pilot *lamp* akan menyala apabila terdapat sebuah aliran listrik masuk pada terminal lampu. Dapat dilihat pilot *lamp* pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Pilot Lamp 220AC

Prinsip kerja lampu ini yaitu ketika terdapat tegangan yang masuk (Phase - Netral) maka akan mengakibatkan menyalnya sebuah lampu atau led pada pilot lamp.

2.8 Power Supply 5V

Catu daya (*Power Supply*) adalah sebuah perangkat yang memasok listrik energi untuk satu atau lebih beban listrik. Prinsip kerjanya dapat mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC untuk memberikan supply tegangan pada beban, power supply ini dapat memberikan supply arus hingga 5 Ampere. Pada pembuatan alat ini, tegangan yang digunakan 5 volt untuk receiver pada mikrokontroler. Power supply mengubah tegangan DC 5 volt dari sumber daya listrik PLN menjadi tegangan DC 5 volt yang kemudian digunakan untuk tegangan input mikrokontroler [17]. *Power supply* 5V dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut ini



Gambar 2.7 Power Supply 5V

2.8 LCD (*Liquid Crystal Display*) TFT 3.2 inch

TFT adalah singkatan atau kepanjangan dari *Thin Film Transistor*, merupakan jenis layar LCD handphone atau smartphone yang umum dari tipe lainnya. Selain itu TFT juga dapat diartikan salah satu tipe layar *Liquid Crystal Display* (LCD) yang datar, di mana tiap-tiap pixel dikontrol oleh satu hingga empat transistor. Teknologi ini menyediakan resolusi terbaik dari teknik panel data. TFT LCD sering disebut juga active-matrix LCD. Layar ini menampilkan gambar yang kaya warna dan permukaannya sensitif terhadap sentuhan [18]. TFT LCD dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 LCD TFT 3.2 inch

Tema tampilan pada LCD TFT ini dapat disesuaikan dengan keinginan pengguna dengan cara menyesuaikan pada program dan juga perlu disesuaikan dengan karakteristik dari LCD TFT tersebut. LCD jenis ini dapat menggunakan fitur touchscreen ataupun tidak, sehingga dapat disesuaikan juga dengan keperluan oleh pengguna.

2.9 Internet of *Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan skenario dari suatu objek yang dapat melakukan suatu pengiriman data atau informasi melalui jaringan tanpa campur tangan manusia. Teknologi IoT telah berkembang dari konvergensi *Micro-Electromechanical Systems* (MEMS), dan Internet pada jaringan nirkabel. Sedangkan “*A Things*” dapat didefinisikan sebagai subjek seperti orang dengan implant jantung, hewan peternakan dengan transponder chip dan lain-lain. *Things* yang berarti objek atau perangkat. Secara sederhana, sistem memiliki *Things* yang memiliki kemampuan untuk mengumpulkan data dan mengirimkannya ke Internet. Data ini dapat diakses oleh *Things* lainnya juga [9].

Prinsip kerja IoT didasarkan pada konektivitas antara sensor, perangkat pemrosesan, dan jaringan komunikasi. Sensor berfungsi untuk mengumpulkan data dari lingkungan, seperti nilai pH, suhu, dan kekeruhan air. Data yang diperoleh kemudian dikirim ke mikrokontroler atau prosesor, seperti ESP32 atau Arduino, yang bertugas untuk mengolah informasi sebelum mengirimnya ke platform IoT menggunakan modul komunikasi seperti WiFi atau MQTT. Setelah data dikirim ke cloud atau server, informasi dapat disajikan dalam bentuk tampilan grafis melalui dashboard, memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi air secara *real-time* dan menerima notifikasi jika ada parameter yang tidak sesuai standar.

Arsitektur IoT umumnya terdiri dari empat lapisan utama: (1) Lapisan Perception (persepsi) yang mencakup sensor dan aktuator untuk mengumpulkan data dari lingkungan, (2) Lapisan Network (jaringan) yang bertugas mengirimkan data melalui protokol komunikasi seperti WiFi, MQTT, atau HTTP, (3) Lapisan Processing (pemrosesan) yang menangani pengolahan data di cloud atau edge computing, serta (4) Lapisan Application (aplikasi) yang memungkinkan pengguna mengakses informasi melalui aplikasi web atau mobile. Setiap lapisan ini bekerja secara sinergis untuk memastikan sistem berjalan dengan optimal dan responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan.

2.10 Metode *Fuzzy Logic* Mamdani

Logika *Fuzzy* merupakan sebuah logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran (fuzziness) antara nilai benar dan salah. Dengan menggunakan logika *fuzzy* suatu sistem dapat memiliki keluaran selain benar dan salah. Menurut Professor Lotfi A. Zadeh tahun 1965 bahwa logika benar dan salah dari logika boolean tidak dapat mengatasi masalah gradasi yang berada pada dunia nyata. Untuk mengatasi masalah gradasi yang tidak terhingga tersebut. Zadeh mengembangkan sebuah himpunan *fuzzy*. Tidak seperti logika Boolean, logika *fuzzy* mempunyai nilai yang berkelanjutan. *Fuzzy* dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran. Oleh sebab itu sesuatu dapat dikatakan sebagian besar dan sebagian salah pada waktu yang sama [19].

Berdasarkan hal tersebut logika *fuzzy* dapat digunakan untuk memodelkan suatu permasalahan yang matematis, Dimana konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti. Terdapat tiga metode yang ada di logika *fuzzy* yaitu *Fuzzy Tsukamoto*, Mamdani dan Sugeno. Setiap metode logika *fuzzy* terdapat fungsi keanggotaan (membership function). Fungsi keanggotaan (membership function) merupakan kurva yang menunjukkan pemetaan input data ke dalam nilai keanggotaannya dalam sistem logika *fuzzy*. Terdapat 3 bentuk kurva fungsi keanggotaan pada logika *fuzzy* yaitu kurva fungsi keanggotaan segitiga, kurva fungsi keanggotaan trapezium dan kurva fungsi keanggotaan gaussian.

Metode Mamdani yaitu menggunakan operasi MIN-MAX atau MAX-PRODUCT. Metode Mamdani diperkenalkan oleh Ebrahim H. Mamdani pada tahun 1975. Model Mamdani merupakan model relasional *fuzzy* dimana setiap aturan direpresentasikan dengan hubungan IF-THEN, karena baik dan konsekuen merupakan proposisi *fuzzy*, disebut juga sebagai model pengumpulan data, yang strukturnya dibuat secara manual. [20].

- Metode Max (Maksimum)

Pada metode ini, himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator OR.

- Metode Additive (Sum)
Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan bounded-sum terhadap semua keluaran daerah *fuzzy*.
- Metode Probabilistik OR (Probor)
Pada metode Probabilistik OR diperoleh dengan cara melakukan product terhadap semua keluaran daerah *fuzzy*.

2.11 Telegram

Salah bentuk aplikasi IoT adalah Telegram. Telegram adalah salah satu aplikasi perpesanan instan yang digunakan untuk ponsel pintar. Dalam aplikasi ini, terdapat fitur canggih yang disebut dengan Telegram bot. Telegram bot ini merupakan salah satu bentuk aplikasi untuk penggunaan perangkat keras berbasis IoT. Telegram bot adalah sebuah robot yang dapat diprogram untuk menjalankan instruksi yang diberikan oleh pengguna melalui jaringan internet [9].

Telegram merupakan aplikasi software yang pintar ringan, cepat, tidak beriklan, dan dapat diakses dengan gratis, dengan menggunakan fitur telegram yaitu telegram bot yang dapat berkomunikasi dengan perangkat mikrokontroler. Telegram merupakan layanan pesan berbasis Cloud dan gratis. Aplikasi telegram ini dapat diakses melalui seluler dan deteko. User juga bisa mengirim pesan, video, dan jenis file lainnya.

2.12 Air Kolam Renang

Kualitas air kolam renang merupakan aspek penting yang harus dikelola dan diperhatikan agar tidak menjadi suatu gangguan kesehatan di lingkungan kolam renang. Berenang di kolam renang merupakan kegiatan olahraga atau rekreasi yang banyak digemari oleh masyarakat termasuk anak-anak, remaja dan dewasa. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990 kadar sisa kesadahan yang diperbolehkan dalam air kolam renang adalah (80 - 200) mg/L atau ppm.[4] Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 32 Tahun 2017 Standar pH untuk kolam renang adalah 7–8, kemudian standar tingkat suhu 16-40°C dan standar nilai kekeruhan yaitu 0-5 NTU [3].

Kolam renang yang dijadikan sebagai tempat penelitian kali ini adalah kolam renang atlet PPI (Pelangi Permata Indah) Kalirejo, Lampung Tengah yang berjarak ± 52 km dari Universitas Lampung. Kolam renang ini memiliki luas dasar kolam 375 m² dengan panjang 25 m, lebar 15 m dan kedalaman 2 m. Perawatan air kolam renang dengan pemberian zat kimia seperti soda ash dan kaporit yang biasa dilakukan setiap hari dengan disesuaikan kondisi air kolam renang. Dapat dilihat kolam renang atlet PPI Kalirejo pada Gambar 2.8.



Gambar 2.9 Kolam Renang PPI Kalirejo

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Adapun penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Kendali, Laboratorium Terpadu Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung dan Kolam Renang Pelangi Permata Indah Kalirejo, Lampung Tengah yang berjarak ± 52 km dari Universitas Lampung. Penelitian ini dimulai pada bulan November 2024 sampai dengan bulan Juli 2025.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat dari Tabel 3.2 dan 3.3 berikut ini :

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan Penelitian (Perangkat Keras)

No.	Komponen Perangkat Keras	Keterangan Penggunaan
1.	Mikrokontroller ESP32	Sebagai mikrokontroler dan pengiriman data.
2.	Sensor pH 4502C	Sebagai pendeteksi tingkat pH air.
3.	Sensor Suhu DS18B20	Sebagai pendeteksi tingkat suhu air.
4.	Sensor <i>Turbidity</i> SEN0189	Sebagai pendeteksi tingkat kekeruhan air.
5.	LCD TFT 3.2 inch	Sebagai komponen untuk menampilkan data yang dihasilkan oleh sensor.
6.	<i>Power supply</i> 5V	Sebagai sumber daya tegangan terhadap sistem.
7.	Relay	Sebagai pengendali otomatis perangkat listrik berupa pilot <i>lamp</i> berdasarkan data pembacaan sensor.

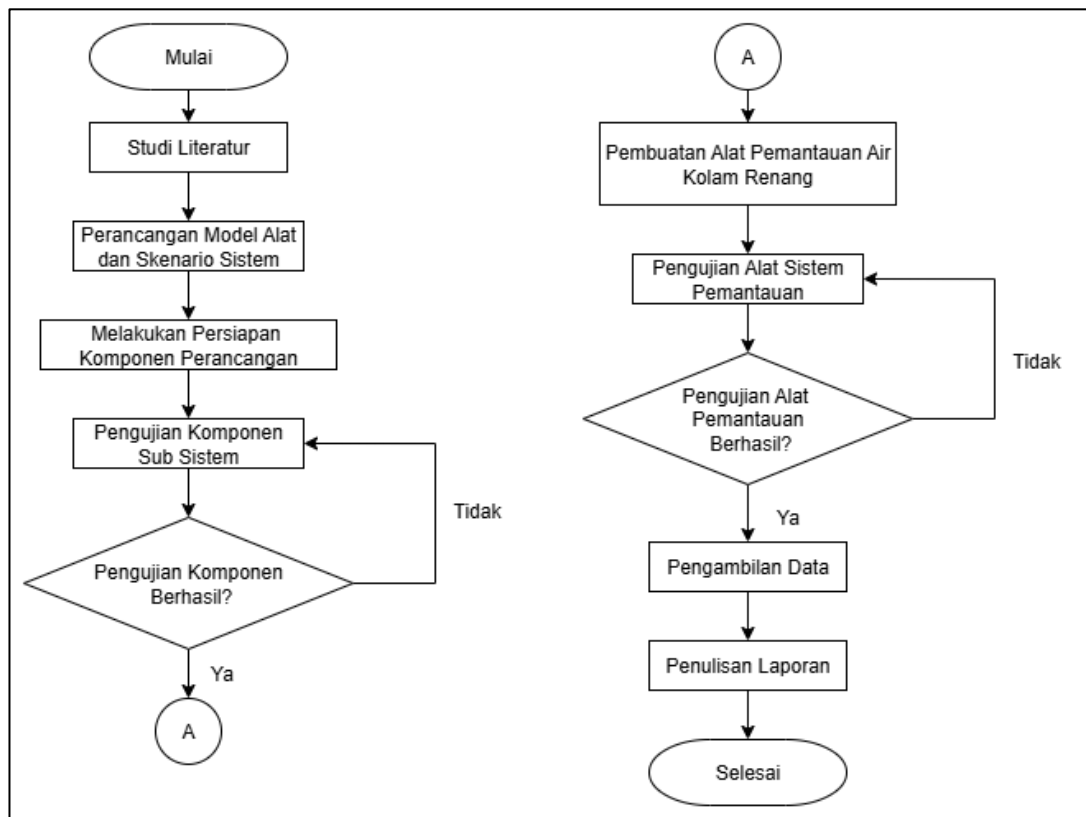
No.	Komponen Perangkat Keras	Keterangan Penggunaan
8.	Pilot <i>Lamp</i> (Lampu indikator)	Sebagai perangkat yang dapat mendefinisikan tingkat dari pH, suhu dan kekeruhan
8.	Laptop Aspire 5	Sebagai perangkat keras untuk perancangan sistem dan program sistem.
9.	Smartphone Iphone	Sebagai perangkat keras untuk menampilkan visualisasi dari hasil sistem.

Tabel 3. 2 Alat dan Bahan Penelitian (Perangkat Lunak)

No.	Komponen Perangkat Lunak	Keterangan Penggunaan
1.	Arduino IDE	Sebagai perangkat lunak untuk membangun program yang akan dijalankan pada mikrokontroler.
2.	Telegram	Sebagai <i>platform</i> untuk mengendalikan atau memantau suatu modul seperti ESP32 yang bisa terkoneksi dengan jaringan internet secara jarak jauh.

3.3 Prosedur Penelitian

Adapun diagram alir dari prosedur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini diawali dengan melakukan studi literatur sebagai bahan referensi seperti jurnal ilmiah, artikel, dan referensi bacaan lainnya. Setelah mendapatkan referensi maka dilanjutkan dengan perancangan model alat dan skenario sistem, langkah ini melibatkan perancangan desain alat serta perancangan komponen dan bahan yang akan digunakan. Setelah perancangan model alat dan skenario sistem selesai maka dilanjutkan dengan melakukan persiapan komponen perancangan, tahap ini penulis melakukan peminjaman dan membeli komponen perancangan alat yang disesuaikan dengan rancangan model dan skenario sistem.

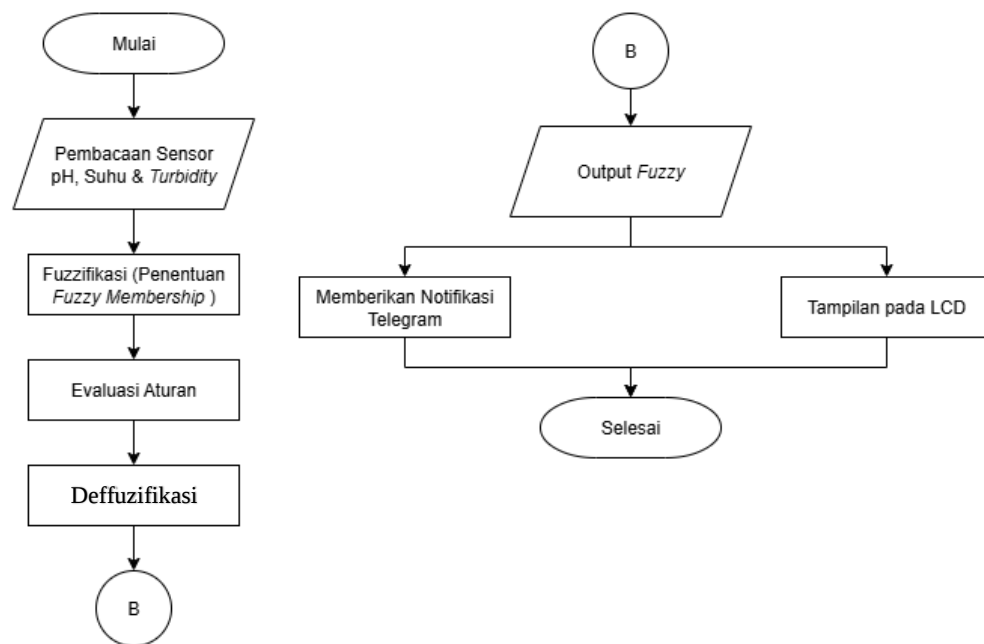
Kemudian dilakukan pengujian terhadap komponen sub sistem alat untuk melihat komponen berfungsi dengan baik atau tidak. Apabila komponen sub sistem tidak berfungsi dengan baik, maka kembali ke melakukan pengujian komponen sub sistem serta memastikan bahwa komponen yang disiapkan sudah sesuai dengan

perancangan. Jika komponen sudah bekerja dengan baik, maka selanjutnya yaitu pembuatan alat pemantauan air kolam renang. Tahap ini juga penyesuaian dari perancangan model alat dan skenario sistem.

Setelah pembuatan alat pemantauan air kolam renang selesai, maka selanjutnya ke tahap pengujian terhadap alat pemantauan untuk melihat alat pemantauan berfungsi dengan baik atau tidak. Apabila alat pemantauan tidak berfungsi dengan baik, maka kembali ke pengujian alat pemantauan air kolam renang serta memastikan bahwa alat yang dibuat sudah sesuai dengan perancangan dan skenario sistem. Jika alat pemantauan air kolam renang sudah berfungsi dengan baik, maka selanjutnya yaitu tahap pengambilan data. Setelah pengambilan data selesai, data tersebut dianalisis dan dibahas berdasarkan pemahaman teoritis serta dituliskan dalam laporan lalu selesai.

3.4 Perancangan Sistem

Adapun tahapan-tahapan dari perancangan sistem penelitian ini bisa dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Perancangan Sistem

Pada penelitian ini, sistem kendali yang digunakan yaitu metode logika *fuzzy* dengan menggunakan tiga masukan sensor yaitu sensor suhu DS18B20, sensor pH-4502C dan sensor *turbidity* SEN0189 yang merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur suhu, pH, dan kekeruhan pada air kolam renang.

3.4.1 Pembacaan Nilai Sensor pH, Suhu dan *Turbidity*

Pada tahap perancangan metode *fuzzy* logic untuk memantau kualitas air kolam renang dimulai dengan tahapan yang pertama yaitu pembacaan sensor pada alat pemantau dimana terdapat parameter suhu, pH dan kekeruhan pada air kolam renang berbasis IoT dengan menggunakan sensor suhu untuk mengukur suhu air kolam dalam satuan derajat celsius ($^{\circ}\text{C}$) dan sensor pH untuk mengukur tingkat keasaman air dalam rentang 0 hingga 14 serta sensor *turbidity* untuk membaca

kekeruhan pada air dalam rentang 0 hingga 25 NTU. Data suhu yang optimal untuk air kolam renang berkisar antara 16°C hingga 40°C, sementara rentang pH yang diinginkan antara 7 hingga 8, serta kekeruhan di bawah 5 NTU [3]. Informasi dari hasil pembacaan sensor akan dikirimkan ke ESP32 dan diproses menggunakan metode *fuzzy logic* untuk menentukan suatu tindakan guna menjaga kondisi kualitas air kolam renang tetap optimal.

3.4.2 Fuzzifikasi

Pada tahap fuzzifikasi, sensor suhu dan pH akan dibagi menjadi tiga keanggotaan *fuzzy*, untuk suhu yaitu "Rendah", "Normal", dan "Tinggi", serta "Asam", "Netral", dan "Basa" untuk pH, kemudian kekeruhan akan dibagi menjadi dua keanggotaan *fuzzy* "Jernih" dan "Keruh". Pada proses Fuzzifikasi yang didalamnya terdapat fungsi keanggotaan pada setiap variabel yang ditentukan. Setiap media memiliki fungsi keanggotaan yang berbeda-beda. Fuzzifikasi adalah langkah penting yang memungkinkan konversi data mentah dari sensor ke dalam bentuk yang dapat digunakan oleh sistem *fuzzy* untuk analisis lebih lanjut. Dengan menentukan fungsi keanggotaan yang tepat, sistem dapat menginterpretasikan data input dan menghasilkan output yang akurat terkait kondisi dalam memberi notifikasi atau tidak memberi notifikasi [21].

3.4.3 Evaluasi Aturan *Fuzzy*

Tahap evaluasi aturan *fuzzy*, pada proses ini dilakukan untuk mengubah nilai input menjadi output *fuzzy* sesuai dengan aturan yang dibuat. Evaluasi aturan *fuzzy* ini dilakukan dengan mempertimbangkan bagaimana setiap aturan menghubungkan input dengan output, serta respon yang dihasilkan terhadap perubahan kondisi lingkungan. Metode Mamdani juga menerapkan fungsi implikasi min dengan menggunakan pendekatan agregasi yang berbeda dalam menentukan output. Dalam sistem Mamdani, setelah aturan *fuzzy* dievaluasi, hasil dari semua aturan dikombinasikan menggunakan operasi max untuk memperoleh tingkat keanggotaan maksimum dari setiap himpunan *fuzzy* output. Proses ini disebut penggabungan output *fuzzy* dari berbagai aturan yang telah dievaluasi menjadi satu himpunan *fuzzy*

tunggal, di mana semua hasil aturan yang relevan digabungkan menjadi satu output *fuzzy* yang mewakili keseluruhan keputusan sistem.

3.4.4 Deffuzifikasi

Tahap defuzzifikasi, mengubah output *fuzzy* menjadi nilai tegas (*crisp*) untuk membantu dalam menentukan klasifikasi kualitas air (Baik, Biasa atau Buruk) yang akan diberikan notifikasi melalui telegram berupa informasi mengenai data yang didapatkan dari pengujian yang dilakukan oleh sensor-sensor terhadap kondisi air kolam renang. Deffuzifikasi *fuzzy* logic Mamdani merupakan Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot. Metode ini dipilih karena metode Mamdani menghasilkan output berupa suatu nilai pada domain himpunan *fuzzy* yang dikategorikan ke dalam komponen linguistic. Pada tahap deffuzifikasi ini untuk mengetahui nilai *crisp* output dari sensor pH, *Temperature* dan *Turbidity* [21].

3.4.5 Output Fuzzy

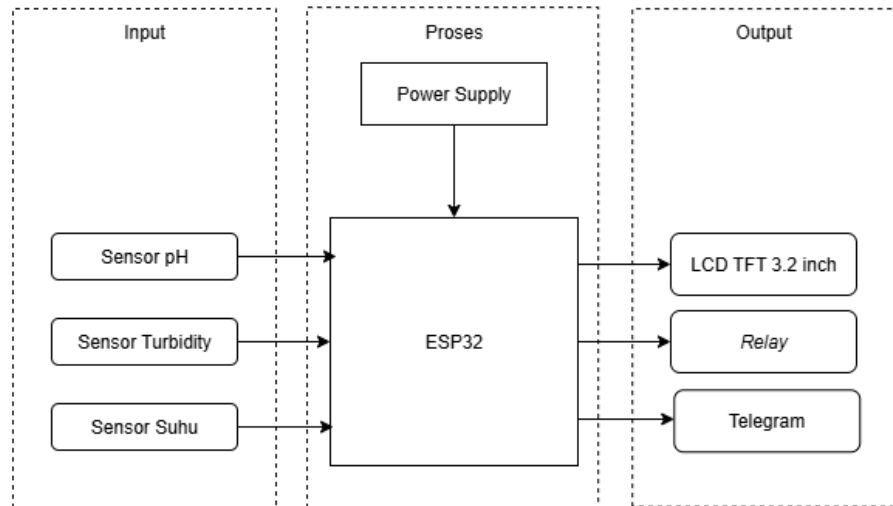
Tahap output *fuzzy*, merupakan keluaran dari sistem logika *fuzzy* yang digunakan untuk menentukan klasifikasi kualitas air (Baik, Biasa atau Buruk) yang nantinya akan dikirimkan notifikasi melalui telegram ataupun ditampilkan kualitas air kolam renang pada LCD TFT sehingga pengelola dapat memantau secara *real-time* mengenai kualitas air kolam renang. Notifikasi akan diberikan pada pengelola kolam renang PPI melalui smartphone pada aplikasi telegram. Notifikasi ini akan diberikan kepada pengelola kolam renang apabila air kolam renang dalam kondisi ‘Sedang’ atau ‘Buruk’. Sedangkan apabila air kolam renang dalam kondisi ‘Baik’, maka pengelola kolam renang tidak akan mendapatkan notifikasi pada aplikasi telegram di smartphone. Kondisi-kondisi air kolam renang ini disesuaikan dengan *rule-based* yang telah dibuat.

3.5 Perancangan Alat

Adapun perancangan alat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.5.1 Diagram Blok Perancangan Alat

Adapun tahapan-tahapan pada diagram blok sistem dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Blok Diagram Sistem

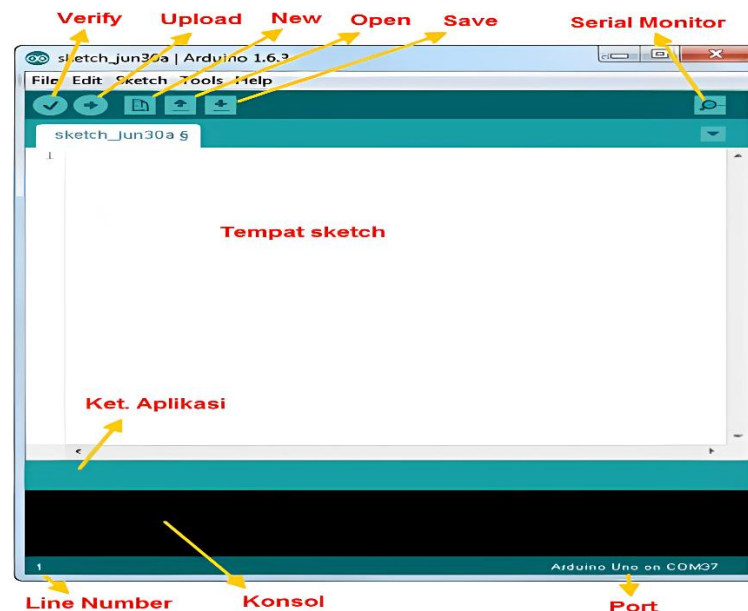
Blok diagram ini menggambarkan sebuah sistem yang terdiri dari beberapa elemen untuk memantau berbagai parameter dengan ESP32 sebagai pengontrol inti. Berikut adalah rincian dari setiap elemen dalam diagram tersebut:

1. *Power Supply* 12V: Berfungsi sebagai sumber tegangan untuk menyuplai tegangan pada rangkaian ini.
2. Mikrokontroller Esp32: Berfungsi sebagai pengendali utama sistem. ESP32 mengolah data yang diterima dari berbagai sensor yang terhubung, seperti sensor pH, sensor *turbidity* dan sensor suhu.
3. Sensor Suhu DS18B20: Berfungsi untuk mengetahui keadaan suhu air kolam renang.
4. Sensor pH 4502C: Berfungsi untuk mengetahui tingkat keasaman air kolam renang.
5. Sensor *Turbidity* SEN0189: Berfungsi untuk mengetahui tingkat kekeruhan pada air kolam renang.

6. *Relay* : Berfungsi untuk pengendalian terhadap simulasi tindakan yang akan dilakukan untuk menjaga kualitas air kolam renang.
7. LCD TFT (*Thin Film Transistor*) Berfungsi untuk untuk menampilkan data hasil pengukuran dari sensor yang diolah oleh ESP32, memungkinkan pengguna untuk memantau parameter seperti sensor suhu, sensor pH dan *turbidity*.
8. Telegram: Merupakan aplikasi yang digunakan untuk memantau dan menampilkan data kondisi air kolam renang secara *real-time* serta klasifikasi kualitas air (Baik, Biasa atau Buruk).

3.5.2 Perancangan Perangkat Lunak

Alat pemantauan kualitas air pada kolam renang berbasis IoT (*Internet of Things*) ini memerlukan perancangan perangkat lunak berupa pemrograman sebagai pendukungnya. Perangkat lunak ini dirancang menggunakan Arduino IDE, yang merupakan platform pemrograman untuk mikrokontroler seperti ESP32. Berikut adalah gambar perangkat lunak Arduino IDE yang digunakan dalam pengembangan sistem ini. Tampilan layer *software* Arduino IDE dapat dilihat dari Gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3.4 *Software* Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah sebuah perangkat lunak yang berfungsi untuk menulis, mengedit, dan mengunggah kode pemrograman ke mikrokontroler seperti Arduino dan ESP32. Platform ini menawarkan antarmuka yang sederhana sehingga pengguna dapat dengan mudah membuat program (disebut sketsa), mengkompilasinya, dan mengunggahnya ke perangkat keras Arduino melalui sambungan USB. Bahasa pemrograman yang digunakan pada Arduino IDE berbasis C/C++, dan software ini juga dilengkapi dengan pustaka (*library*) yang memudahkan interaksi dengan berbagai sensor dan modul.

3.6 Metode Pengujian

Adapun pengujian pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Pada metode pengujian sistem terdapat susunan langkah langkah yang diperlukan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apa saja parameter dan apakah alat maupun sensor bekerja dengan normal.

3.6.1 Pengujian Komponen Perancangan Sub-Sistem

1. Sensor *Turbidity* SEN0189, Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sensor dapat membaca nilai kekeruhan air kolam renang secara akurat atau tidak dengan rentang pengukuran sensor sebesar 0 — 1000 NTU (*Nephelometric Turbidity Units*). Sensor ini menggunakan tegangan 3,3V—5V dan memiliki 3 pin/kaki yaitu VCC, GND dan Pin Analog.
2. Sensor Suhu DS18B20, Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sensor dapat membaca nilai suhu air kolam renang secara akurat atau tidak dengan rentang pengukuran sensor sebesar -55°C — 125°C. Sensor ini menggunakan tegangan 3,3V—5V dan memiliki 3 pin/kaki yaitu VCC, GND dan Pin Data. Sensor ini memerlukan *pull-up resistor* sebesar 4.7 kΩ pada jalur data guna menjaga stabilitas komunikasi.
3. Sensor pH 4502C, Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sensor dapat membaca nilai pH air kolam renang secara akurat atau tidak dengan rentang pengukuran sensor sebesar 0 — 14. Sensor ini menggunakan tegangan 5V dan memiliki beberapa pin/kaki utama yaitu VCC, GND, Pin DO (*Digital Output*) dan Pin AO (*Analog Output*).

4. Relay, Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah relay dapat bekerja dengan baik dalam mengendalikan perangkat listrik bertegangan tinggi (*pilot lamp* 220AC) melalui sinyal kontrol bertegangan rendah. Relay adalah saklar elektromekanis yang berfungsi untuk membuka atau menutup rangkaian listrik berdasarkan sinyal input. Pada pengujian kali ini relay yang digunakan yaitu 8 chanel dan 1 chanel.
5. LCD TFT 3.2 inch, Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah LCD TFT 3.2 inch dapat menampilkan data secara jelas dan akurat sesuai dengan input yang diberikan. LCD TFT (*Thin Film Transistor*) 3.2 inch adalah layar berwarna yang digunakan untuk menampilkan informasi grafis atau teks dengan resolusi, misalnya, 240x320 piksel. Layar ini menggunakan tegangan kerja 3.3V atau 5V dan mendukung antarmuka seperti SPI atau paralel untuk komunikasi dengan mikrokontroler.

3.6.2 Pengujian Sistem Perancangan

1. Metode *Fuzzy Logic*, Pengujian ini dilakukan untuk menentukan nilai parameter dari setiap sensor yang digunakan.
2. Telegram, Pengujian ini dilakukan untuk memantau kualitas air pada kolam renang apakah sesuai dengan data yang dikirim oleh sensor-sensor.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, serta pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pemantauan kualitas air kolam renang di kolam renang PPI kalirejo dengan menerapkan teknologi *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dengan metode logika *fuzzy*. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem ini memiliki tingkat akurasi (100%) dalam pemantauan dan berkontribusi terhadap optimalisasi manajemen air kolam renang melalui penyediaan informasi *real-time* kepada pengelola kolam renang.
2. Metode *fuzzy logic* mamdani berhasil digunakan untuk mengklasifikasikan kualitas air kolam renang menjadi tiga tingkatan (Buruk, Sedang, Baik) berdasarkan nilai pH, suhu, dan kekeruhan.
3. Sistem yang dirancang dilengkapi dengan integrasi notifikasi berbasis IoT melalui platform telegram yang berfungsi sebagai sistem peringatan dini ketika terjadi penurunan kualitas air. Sehingga dapat memberikan rekomendasi kepada pengelola kolam untuk segera melakukan perawatan terhadap kualitas air kolam renang.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penambahan variabel sensor, seperti klorin, TDS (*Total Dissolved Solid*), DO (*Dissolved Oxygen*), dan salinitas, untuk memperluas cakupan analisis kualitas air kolam renang.
2. Implementasi energi terbarukan, seperti panel surya, sebagai sumber daya sistem agar alat dapat bekerja secara mandiri tanpa tergantung pada baterai atau listrik konvensional

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Aprilia, D. N. Ramadhan, and I. D. Irawati, "Sistem *Monitoring* Kualitas Air Pada Tambak Udang Vaname Di Kecamatan Kalitengah Berbasis Internet Of Things," *e-Proceeding Appl. Sci.*, vol. 9, no. 1, pp. 306–315, 2023.
- [2] Anggy Giri Prawiyogi and Aang Solahudin Anwar, "Perkembangan *Internet of Things* (IoT) pada Sektor Energi : Sistematis Literatur Review," *Journal MENTARI Manajemen, Pendidik. dan Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 2, pp. 187–197, 2023, doi: 10.34306/mentari.v1i2.254.
- [3] Menteri Kesehatan Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum," *Peratur. Menteri Kesehat. Republik Indones.*, pp. 1–20, 2017.
- [4] R. A. Wichaksono, "Sistem Monitoring Kondisi Air Di Kolam Renang Tirtasari," *Repository.Usd.Ac.Id*, pp. 1–72, 2020.
- [5] M. M. Faruq, "Unikom_Muh. Miftahul Faruq_Bab 2," *Journal*, pp. 13–48, 2019.
- [6] M. H. Ramadhan, G. Dewantoro, and F. D. Setiaji, "Rancang Bangun Sistem Pakar Pemantau Kualitas Air Berbasis IoT Menggunakan Fuzzy Classifier," *Jurnal Tek. Elektro*, vol. 12, no. 2, pp. 47–56, 2020.
- [7] N. Anggraini *et al.*, "SistemMonitoring Kualitas Air Kolam Renang Menggunakan Mikrokontroller NodeMCU ESP8266 Dan Cayenne," vol. XIII, no. 2, pp. 191–200, 2021.
- [8] L. Sitanayah, A. Angdresey, and V. J. A. Sampul, "*Monitoring and Predicting Water Quality in Swimming Pools*," *EPI Int. Journal Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 119–125, 2021.
- [9] R. Alfaro Tamasoleng, E. K. Allo, J. O. Wuwung, and Jurnal Teknik Elektro, "Rancang Bangun Alat Monitoring Nilai Air Pada Kolam Renang Berbasis IoT", 2021.
- [10] Fendi Ardy Putra, Ibaddurohman Al Aufa, and Muchalim Danu Warta, "Perencanaan Sistem Kontrol Untuk Pemantauan Dan Pengendalian Kualitas Air Pada Kolam Renang Publik," *Log. Jurnal Ilmu ...*, vol. 2, no. 3, pp. 638–643, 2024.
- [11] V. I. Shlaev, M. V. Bilchuk, and S. A. Tyasto, "Development of a switching circuit for the operation of a multichannel system in reception and emission modes," *Proc. - 2021 Int. Conf. Ind. Eng. Appl. Manuf. ICIEAM 2021*, pp. 461–465, 2021.

- [12] N. Y. DS and I. A. Rozaq, "C dan hasil kalibrasi dengan thermometer dihasilkan tingkat kesalahan penggunaan sensor DS18B20 adalah <2%". *Prosiding SNATIF.*, 303-309., 2017.
- [13] J. Trevathan, W. Read, and A. Sattar, "Implementation and Calibration of an IoT Light Attenuation Turbidity Sensor," *Internet of Things (Netherlands)*, vol. 19, 2022.
- [14] F. Chuzaini and Dzulkiflih, "IoT Monitoring Kualitas Air dengan Menggunakan Sensor Suhu , pH , dan Total Dissolved Solids (TDS)," *Journal Inov. Fis. Indones.*, vol. 11, no. 3, pp. 46–56, 2022.
- [15] A. Harvyandha, M. Kusumawardani, and R. Abdul, "Telemetri Pengukuran Derajat Keasaman Secara Realtime Menggunakan Raspberry pi," *Journal Jartel*, vol. 9, no. 4, pp. 519–524, 2019.
- [16] N. Salsabila *et al.*, "Rancang Alat Praktikum Untuk Mengukur Suhu Menggunakan Sensor Ds18B20 Berbasis Arduino Uno," *Journal Sains Ris.*, vol. 13, no. 2, pp. 409–418, 2023.
- [17] H. N. K. Ningrum, G. Prabowo, R. J. K. Haryo, B. Winarnoand, and M. Safi'I, "Design of Adaptive DC Power Supply with Microcontroller Based Cuk Converter Circuit," *Journal Phys. Conf. Ser.*, vol. 1845, no. 1, 2021.
- [18] Lukman Aditya and Riska Dinda Wahyuni, "Rancang Bangun Alat Pengukur Kadar Oksigen Non Invasive Menggunakan Sensor Max30100," *Https://Medium.Com/*, vol. 4, no. 3, pp. 248–253, 2020.
- [19] D. Rahmawati *et al.*, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Untuk Penyediaan Kualitas Air Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani," *Pros. Semin. Nas. Fortei7.*, vol. 6, no. 1, pp. 94–102, 2024.
- [20] Ansar, R. Karim, Salim, and E. Khudriah, "Implementasi Fuzzy Inference System Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani Untuk Optimalisasi Produksi Tahu," *G-Tech Journal Teknol. Terap.*, vol. 8, no. 1, pp. 276–285, 2023.
- [21] D. A. Ula, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air Layak Konsumsi Berbasis Internet Of Things Dengan Metode Fuzzy Tsukamoto Sebagai Skripsi Oleh : Dewi Alfiyatul Ula," 2020.
- [22] S. Pool *et al.*, "KABUPATEN LOMBOK TIMUR Environmental Sanitation Quality Analysis of Tirta Madani Jobong Menurut Permerkes RI Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Hygiene Sanitasi , Kolam Renang ," vol. 1, no. 2, pp. 66–78, 2023.