



Purwarupa Sistem Monitoring Klasifikasi Mutu Air Sumur Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno

Tugas Akhir

**Oleh:
Muhamad Taufiqi (4212101002)**

**Program Studi Teknik Mekatronika
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2026**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul : "Purwarupa Sistem Monitoring Klasifikasi Mutu Air Sumur Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno (Studi kasus, dirumah)" adalah **hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.** Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 06 Februari 2026



Muhamad Taufiqi
NIM: 4212101002

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana
Terapan Teknik (S.Tr.T)
di
Politeknik Negeri Batam

Oleh:
Muhamad Taufiqi (4212101002)

Tanggal Seminar: 21 Januari 2026

Disetujui oleh :



1. Adlian Jefiza, S.pd., M. T.

NIK: 119220



1. Ir. Daniel Sutopo Pamungkas,
S.T., M.T., Ph.D., IPM
NIK: 100006



2. Indra Hardian Mulyadi, S.T.,
NIK: 117179

Purwarupa Sistem Monitoring Klasifikasi Mutu Air Sumur Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno

Abstrak

Sumber mata air yang berasal dari bawah tanah memiliki peran vital dalam kehidupan manusia, namun rentan terhadap kontaminasi yang dapat menyebabkan penyakit serius. Faktor lingkungan seperti kondisi hidrogeologi dan sanitasi mempengaruhi kualitas air sumur. Berdasarkan Peraturan Kementerian Kesehatan RI No. 492/MENKS/PER/IV/2017, kualitas air harus dijaga untuk kesehatan. Proyek ini bertujuan mengembangkan sistem pemantauan kualitas air sumur menggunakan sensor pH, turbidity, dan TDS dengan platform Arduino Mega, serta metode Fuzzy Sugeno untuk klasifikasi kualitas air. Sistem ini diharapkan dapat mendeteksi kondisi air yang berbahaya bagi kesehatan dan memungkinkan tindakan preventif yang tepat. Tujuan utamanya adalah menyediakan pemantauan yang efektif dan meningkatkan kesadaran akan pentingnya kualitas air, dengan manfaat berupa pemantauan yang lebih baik dan langkah-langkah untuk menjaga kesehatan.

Kata kunci: Kualitas Air, Sensor pH, Turbidity, TDS, Fuzzy Sugeno

Monitoring System Prototype for Well Water Quality Classification Using Fuzzy Sugeno Method

Abstract

Underground water sources play a vital role in human life, yet are vulnerable to contamination that can cause human life, yet they are vulnerable to contamination that can cause serious diseases. Environmental factors such as hydrogeological conditions and sanitation affect the quality of well water. Based on the Indonesian Ministry of Health Regulation No. 492/MENKS/PER/IV/2017, water quality must be maintained for health. The project This project aims to develop a well water quality monitoring system using pH, turbidity, and TDS sensors with Arduino Mega platform, as well as Fuzzy Sugeno method for water quality classification. Sugeno method for water quality classification. This system is expected to detect water conditions that are harmful to health and enable appropriate preventive action. appropriate preventive measures. The main objective is to provide effective monitoring and raise awareness of the importance of water quality, with benefits in the form of better monitoring and measures to safeguard health.

Keywords: Water Quality, pH Sensor, Turbidity, TDS, Fuzzy Sugeno

Kata Pengantar

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, kasih, dan karunia-Nya yang telah memberikan kekuatan, kesehatan, dan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir dan laporan akhir ini. Laporan yang berjudul "Purwarupa Sistem Monitoring Klasifikasi Mutu Air Sumur Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno" disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat kelulusan pada program studi D-IV Teknik Mekatronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam.

Dalam proses penyelesaian tugas akhir ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, serta motivasi kepada penulis. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat, kasih, dan karunia-Nya yang senantiasa menyertai penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua dan keluarga penulis, yang telah memberikan doa, dukungan, dan semangat tanpa henti selama proses ini.
3. Bapak Ir. Bambang Hendrawan, S.T., MSM., CIPMP., CISCIP., selaku Direktur Politeknik Negeri Batam.
4. Bapak Dr. Budi Sugandi, S.T., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Batam.
5. Bapak Indra Hardian Mulyadi, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Program Studi D-IV Teknik Mekatronika.
6. Bapak Daniel Sutopo Pamungkas, S.T., M.T., Ph.D., yang telah berperan sebagai dosen pembimbing penulis, serta bersedia meluangkan waktu untuk memberikan arahan, saran, dan bimbingan selama penyelesaian tugas akhir ini.
7. Ibu Ferialia Fitri, S.T., M.T., selaku dosen pengampu mata kuliah tugas akhir, yang telah memberikan panduan dalam penyusunan laporan ini.
8. Bapak Adlian Jefiza, S.Pd., M.T., selaku dosen penguji, atas masukan dan kritik yang konstruktif demi penyempurnaan tugas akhir ini.
9. Bapak Indra Hardian Mulyadi, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku dosen penguji, atas masukan dan kritik yang konstruktif demi penyempurnaan tugas akhir ini.
10. Seluruh staf pengajar, laboran, dan tenaga administrasi di Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Batam atas segala bantuan dan dukungannya.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan di masa mendatang. Penulis berharap, hasil dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya dalam bidang sistem kontrol otomatis.

Akhir kata, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan menjadi pijakan bagi penelitian-penelitian selanjutnya. Penulis menyerahkan hasil kerja ini kepada Tuhan Yang Maha Esa dengan harapan segala upaya yang telah dilakukan diberkati dan memberikan manfaat bagi kebaikan bersama.

Batam, 21 Januari 2026



Muhamad Taufiqi
NIM : 4212101002

Daftar Isi

Lembar Pengesahan	2
Abstrak	4
<i>Abstract</i>	5
Kata Pengantar	6
Daftar Isi	ii
Daftar Gambar	v
Daftar Tabel	vi
Bab 1. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Manfaat	2
1.5. Batasan	2
Bab 2. Tinjauan Pustaka	4
2.1. Penelitian Terkait	4
2.2. Landasan Teori	9
2.2.1 Arduino Mega 2560	9
2.2.2 Sensor Kekeuhan	10
2.2.3 Module Sensor PH	11
2.2.4 Sensor Total Dissolved Solids (TDS)	12
2.2.5 Logika Fuzzy	13
2.2.6 Fungsi Keanggotaan	13
2.2.7 Fuzzy Sugeno	14
Bab 3. Metodologi Penelitian	15
3.1. Perancangan	15
3.1.1. Perancangan Blok Diagram Sistem	16
3.1.2. Perancangan Flowchart Sistem	17

3.2. Perancangan Desain	Error! Bookmark not defined.
3.2.1. Desain Mekanikal	Error! Bookmark not defined.
3.3. Perancangan Metode	18
3.3.1. Metode Fuzzy Sugeno	19
3.2. Estimasi Biaya	23
3.3. Pengujian.....	23
3.3.1 Pengujian Kondisi Kualitas Air Sumur	23
3.3.2 Pengujian Sistem dengan Metode Fuzzy Sugeno	23
3.3.3 Kinerja Metode Fuzzy Sugeno	24
3.3.4 Pengujian Waktu Respon Metode Fuzzy Sugeno	24
3.3.5 Pengujian Perbandingan Alat Referensi dan Tegangan Sensor ...	24
3.3.6 Perhitungan Manual Fuzzy Sugeno	24
Bab 4. . Hasil dan Pembahasan	26
4.1 Pengumpulan Data dan Variabel	26
4.1.1 Sumber Data	26
4.1.2 Variabel Penelitian	26
4.2. Perancangan Alat	27
4.2.1. Komponen Alat	28
4.2.2. Sistem Kontrol dengan Arduino.....	29
4.3. Data Hasil Penelitian	29
4.3.1. Pengujian Pembacaan Sensor dan Kategori Kualitas Air	30
4.3.2. Analisis Hasil Pengujian	30
4.3.1. Pengujian Pembacaan Sensor dan Kategori Kualitas Air	31
4.3.3. Pengujian Sistem Kinerja dengan Metode Fuzzy Sugeno	31
4.3.4. Pengujian Waktu Respon Metode Fuzzy Sugeno	32
4.3.5. Pengujian Perbandingan Alat Referensi dan Tegangan Sensor	33
4.3.6. Perhitungan Manual Fuzzy Sugeno	34
Data Percobaan	Error! Bookmark not defined.
1. Perhitungan Manual Fuzzy Sugeno	35

Kesimpulan Perhitungan Manual Sugeno.	Error! Bookmark not defined.
4.4. Pembahasan	42
4.4.1. Pengujian Sistem Monitoring Kualitas Air Sumur	42
4.4.2. Pengujian Waktu Respon Sistem Fuzzy Sugeno.....	43
4.4.3. Pengujian Perbandingan Alat Referensi dan Tegangan Sensor ..	43
4.4.4. Perhitungan Manual Fuzzy Sugeno	43
4.4.5. Kelebihan dan Kekurangan Sistem	44
4.4.6. Potensi Pengembangan dan Aplikasi.....	44
Bab 5. Kesimpulan dan Saran	46
5.1. Kesimpulan	46
5.2. Saran	46
Daftar Pustaka	48
Lampiran	50

Daftar Gambar

Gambar 1. Arduino Mega 2560 R3	10
Gambar 2. Turbidity Sensor.....	11
Gambar 3. Modul PH Sensor	12
Gambar 4. Sensor TDS.....	12
Gambar 5. Diagram Alir	15
Gambar 6. Blok Diagram Sistem	16
Gambar 7. Flowchart Sistem	Error! Bookmark not defined.
Gambar 8 Keanggotaan Sensor PH.....	20
Gambar 9 Keanggotaan Sensor Turbidity (NTU)	21
Gambar 10 Keanggotaan Sensor TDS (ppm)	21
Gambar 11 Hasil Perancangan	28

Daftar Tabel

Tabel 1. Penelitian Terdahulu.....	4
Tabel 2.Range Nilai Air	19
Tabel 3. Estimasi biaya	23
Tabel 4 Pengujian Sensor dan Kualitas Air	30
Tabel 5 Pengujian Pembacaan Sensor dan Kualitas Air (Data 2 Jam)	31
Tabel 6 Hasil Pengujian Fuzzy Sugeno	32
Tabel 7 Hasil Pengujian Waktu Respon Sistem.....	33
Tabel 8 Hasil Pengujian Perbandingan Alat Referensi dan Tegangan Sensor	34
Tabel 9 Data Percobaan untuk Perhitungan Manual Fuzzy Sugeno	34
Tabel 10 Kondisi Basa	37
Tabel 11 Kondisi Netral	37
Tabel 12 Kondisi Asam	38
Tabel 13 Kondisi 100 NTU	39
Tabel 14 Kondisi 0 NTU	39
Tabel 15 Kondisi 53 NTU	39
Tabel 16 Kondisi 1382 PPM	40
Tabel 17 Uji Algoritma Fuzzy	41

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Sumber mata air merupakan air yang terdapat di bawah permukaan tanah, khususnya pada lapisan batuan yang bersifat jenuh air atau akuifer. Proses geologi di dalam tanah menjadi faktor yang mendorong kemunculan air ke permukaan, sehingga disebut sebagai sumber mata air[1].

Air adalah zat kimia yang sangat penting bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya, dan tidak dapat digantikan oleh zat lain. Hampir semua aktivitas manusia membutuhkan air, mulai dari kebersihan diri, membersihkan tempat tinggal, hingga kebutuhan sehari-hari lainnya[2]. Air memiliki peran yang sangat vital dan merupakan salah satu senyawa yang paling banyak terdapat di bumi, menutupi sekitar 70% dari permukaan planet ini. Karena kemampuan air untuk melarutkan banyak senyawa, ia sering disebut sebagai pelarut universal. Banyaknya zat terlarut di dalam air membuatnya rentan terhadap kontaminasi. Hal ini menyebabkan sulitnya menemukan air yang benar-benar murni[3].

Kualitas air yang tercemar dapat menyebabkan berbagai penyakit seperti diare, malaria, dan radang paru-paru (Mu'alim, 2021). Selain itu, kondisi air sumur dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti kondisi hidrogeologi, jenis tanah, kedalaman muka air tanah, dan jarak antara sumur dengan fasilitas sanitasi setempat. Dampaknya adalah peningkatan konsentrasi kontaminan kimia maupun bakteriologis (Devianto et al., 2019). Berdasarkan Peraturan Kementerian Kesehatan RI 492/MENKS/PER/IV/2017, kualitas air bersih dan sehat harus dijaga untuk menghindari penurunan mutu air yang berpotensi membahayakan kesehatan. Beberapa parameter ditetapkan untuk menentukan apakah air tersebut bersih dan sehat. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem yang mampu mengklasifikasikan kualitas air sumur berdasarkan parameter-parameter yang tercantum dalam peraturan tersebut[4].

Berdasarkan latar belakang tersebut, saya akan mengembangkan sebuah sistem pemantauan kualitas air sumur dengan menggunakan sensor pH, turbidity, dan TDS. Sistem ini akan dibangun menggunakan platform Arduino Mega dan menerapkan metode Fuzzy Sugeno untuk mengklasifikasikan kualitas air berdasarkan parameter-parameter yang relevan. Dengan adanya sistem ini, saya berharap dapat mempermudah deteksi kondisi air sumur yang berpotensi membahayakan kesehatan, sehingga dapat diambil tindakan preventif yang tepat. Tujuan utama dari proyek ini adalah untuk memonitor kualitas air sumur secara efektif dan akurat. Manfaat yang diharapkan meliputi pemantauan kualitas air yang lebih efektif, peningkatan kesadaran akan kualitas air yang dikonsumsi sehari-hari, dan langkah-langkah preventif yang dapat dilakukan untuk menjaga kesehatan saya dan keluarga.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara membangun sistem pemantauan kualitas air sumur menggunakan sensor pH, turbidity, dan TDS yang terintegrasi dengan Arduino Mega?
2. Bagaimana metode Fuzzy Sugeno dapat diterapkan untuk mengklasifikasikan kualitas air sumur berdasarkan parameter pH, turbidity, dan TDS?
3. Sejauh mana sistem yang dibangun mampu memberikan informasi akurat mengenai kualitas air sumur dan membantu dalam pengambilan tindakan preventif?

1.3. Tujuan

1. Membangun sistem pemantauan kualitas air sumur yang efektif dan akurat dengan menggunakan sensor pH, turbidity, dan TDS.
2. Menerapkan metode Fuzzy Sugeno untuk mengklasifikasikan kualitas air sumur berdasarkan parameter-parameter yang diukur.
3. Menyediakan informasi yang akurat dan real-time tentang kondisi kualitas air sumur yang dapat diakses oleh pengguna.

1.4. Manfaat

1. Pemantauan Kualitas Air yang Lebih Efektif: Sistem ini memungkinkan pemantauan kualitas air sumur secara terus-menerus, sehingga potensi kontaminasi dapat dideteksi lebih dini.
2. Peningkatan Kesadaran Kesehatan: Dengan adanya informasi yang jelas dan mudah diakses mengenai kualitas air sumur, pengguna dapat lebih sadar akan kualitas air yang mereka konsumsi dan pentingnya menjaga kebersihan air.
3. Langkah Preventif: Informasi mengenai kualitas air yang diberikan oleh sistem ini dapat membantu pengguna dalam mengambil langkah-langkah preventif untuk menghindari penyakit yang disebabkan oleh air yang tercemar.
4. Implementasi Teknologi Terjangkau: Sistem ini menggunakan teknologi yang relatif terjangkau dan mudah diimplementasikan, sehingga dapat diadaptasi oleh masyarakat luas.

1.5. Batasan

1. Penelitian ini akan fokus pada pemantauan kualitas air sumur di satu lokasi spesifik, yaitu sumur dilingkungan sekitar.

2. Sistem ini hanya akan mengukur dan menganalisis tiga parameter kualitas air, yaitu pH, turbidity (kekeruhan), dan TDS (Total Dissolved Solids).
3. Metode klasifikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Fuzzy Sugeno.

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1. Penelitian Terkait

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

No	Tahun	Penulis	Jurnal	Metode	Kelemahan
1	2021	Fauziah	<i>Monitoring Tingkat Kekeruhan Air Pada Aquarium Budidaya Ikan Cupang</i>	Metode ini mencakup tahapan dari perancangan, pengujian, hingga implementasi alat, dengan tujuan untuk memonitor dan mengontrol tingkat kekeruhan air dalam aquarium secara otomatis menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan sensor yang sesuai.	Sistem saat ini hanya otomatis dalam mengganti air yang keruh. Ini bisa diperbaiki dengan menambahkan fitur IoT (<i>Internet of things</i>) untuk pemantauan dan pengendalian jarak jauh

2	2019	Dani Sasmoko	Rancang Bangun Sistem <i>Monitoring</i> Kekeruhan Air Berbasis IoT pada Tandon Air Warga	Penelitian ini menggunakan metode R&D (Research and Development). berarti penelitian tersebut melibatkan proses sistematis untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifannya	Kelemahannya ketika kondisi internet tidak baik mengakibatkan data dapat tidak terkirim ke firebase sehingga aplikasi android tidak menampilkan data kondisi tando sebenarnya hal ini bisa di lihat pada tabel 2 dan tabel 3 di mana pada ujicoba ke 6 disaat kondisi provider internet tidak bagus data tidak terkirim dan tampilan pada android tidak sesuai keadaan air dalam tandon.
3	2021	Wahyu Dwi Kurniawan	Analisa sistem pengendalian dan <i>Monitoring</i> tingkat	Pada penelitian ini, metode yang dilakukan adalah	Alat ukur tidak dapat mengukur kekeruhan air yang kontinyu,

			kekeruhan tandon air berbasis arduino uno dan <i>internet of things</i>	analisis eksperimenta l yang tujuannya dilakukan dua tahap pembuatan yang terdiri dari hardware dan software agar menghasilkan alat ukur yang sesuai. Sehingga dapat dianalisa pengaruh kekeruhan air pada tandon.	dan bisa dilakukan secara in-situ (di tempat dan pada waktu yang sama).
4	2021	Irfan Ardiansah	Pengendalian Kualitas Air untuk Tanaman Hidroponik Menggunakan Raspberry Pi dan Arduino Uno	Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode rancang bangun untuk membangun sistem dan membangun prototype.	Kelemahannya yaitu dapat terjadi bias dalam pembacaannya yang diakibatkan oleh cahaya dari lingkungan.

5	2021	Yazi Adityaz	<i>Water Quality Monitoring Sistem with Parameter of pH, Temperature, Turbidity, and Salinity Based on Internet of things</i>	Metode penelitian dilakukan untuk menghasilkan prototype.	Sistem yang dikembangkan hanya untuk keperluan skala kecil seperti akuarium.
6	2023	Irfan Yasint	Pengabdian Kepada Masyarakat Terhadap Optimalisasi Penyediaan Air Bersih IPA Longalo Desa Bunuo	Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penyuluhan, yaitu sosialisasi kepada kelompok masyarakat terhadap kegiatan pemerintah daerah, penyuluhan tentang pentingnya air bersih dan pengolahannya, koordinasi dengan pengelola air	Jurnal ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan penyuluhan dan sosialisasi. Walaupun ini efektif untuk memahami dan mengubah perilaku masyarakat, namun metode ini memiliki keterbatasan dalam menghasilkan data yang kuantitatif dan generalisasi hasil yang lebih luas.

				bersih, pentingnya retribusi (iuran air bersih), dan pemanfaatan air bersih.	
7	2021	Heliawati Hamrul	<i>Prototype Sistem Monitoring Kekeruhan Sumber Mata Air Berbasis Internet of things</i>	Metode Penelitian . Penelitian ini dilakukan pertama kali yaitu mengumpulkan alat yang akan digunakan	Sensor kekeruhan yang digunakan mungkin memiliki keterbatasan dalam hal akurasi, sensitivitas, atau rentang pengukuran.
8	2023	Muhammad Rifky Irfan Zarkasyi	Purwarupa Sistem Monitoring Klasifikasi Mutu Air Sumur menggunakan Fuzzy Mamdani (Studi Kasus: Al-Maahira IIBS)	Metode yang digunakan adalah metode fuzzy mamdani	Tidak ada fitur untuk melakukan treatment pada air.
9	2022	Fanharis Chuzaini	IoT MONITORING KUALITAS AIR DENGAN	Pada penelitian ini, alat dan bahan yang	Untuk penelitian selanjutnya bisa dikembangkan

			MENGGUNAKAN SENSOR SUHU, pH, DAN TOTAL DISSOLVED SOLIDS (TDS)	digunakan adalah power supply, ESP 32, Aplikasi Arduino IDE, sensor suhu, PH, TDS	alat lanjutan dengan melibatkan lebih banyak lagi parameter, tidak hanya sekedar parameter suhu, pH, dan TDS saja.
10	2020	Muslim Hidayat	SISTEM PEMANTAUAN DAN PENGENDALIAN PH AIR BERBASIS IoT MENGGUNAKAN PLATFORM ARDUINO	Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu pengujian alat, dan yang terakhir adalah analisis data.	Pada penelitian ini belum diimplementasikan pada bidang perikanan

2.2. Landasan Teori

2.2.1 Arduino Mega 2560

Mikrokontroler adalah perangkat elektronik berupa chip IC (Integrated Circuit) yang memiliki kemampuan untuk memproses informasi (data) berdasarkan instruksi atau program yang dibuat oleh programmer. Arduino, di sisi lain, adalah sebuah platform elektronik yang bersifat open source, fleksibel, dan mudah digunakan. Arduino Mega 2560 adalah versi pengembangan dari papan Arduino Mega sebelumnya. Pada awalnya, Arduino Mega menggunakan chip Atmega1280, yang kemudian ditingkatkan menjadi chip Atmega2560. Karena perubahan tersebut, papan ini kini lebih dikenal dengan nama Arduino Mega 2560. Hingga saat ini, Arduino Mega 2560 telah mencapai revisi ke-3 (R3)[5].



Gambar 1. Arduino Mega 2560 R3

Arduino Mega 2560 adalah sebuah papan Arduino yang menggunakan mikrokontroler ATmega2560. Papan ini memiliki banyak pin I/O, yaitu 54 pin digital, dengan 15 pin di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM, serta 16 pin analog input, dan 4 UART. Arduino Mega 2560 juga dilengkapi dengan kristal 16 MHz, dan penggunaannya cukup sederhana; cukup dengan menghubungkan daya melalui USB ke PC atau laptop, atau menggunakan jack DC dengan adaptor 7-12 VDC[6]. Arduino Mega2560 Revisi 3 memiliki fitur-fitur baru berikut:

1. Pinout Ditambahkan pin SDA dan pin SCL yang dekat dengan pin AREF dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat dengan pin RESET, IOREF memungkinkan shield untuk beradaptasi dengan tegangan yang tersedia pada papan.
2. Sirkuit RESET Sirkuit reset adalah jalur pengaturan program ulang. dimana fitur ini dapat digunakan ketika terdapat kesalahan dalam pemrograman. atau ingin mengganti program.
3. Chip ATmega16U2 menggantikan chip ATmega8U2 menggunakan chip ATmega16U2 (ATmega8U2 pada papan Revisi 1 dan Revisi 2) yang diprogram sebagai konverter USB-to-serial. Arduino Mega2560 Revisi 2 memiliki resistor penarik jalur HWB 8U2 ke Ground, sehingga lebih mudah untuk dimasukkan ke dalam mode DFU[7].

2.2.2 Sensor Kekeruhan

Sensor turbidity adalah alat yang digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan air dengan mendeteksi perubahan sifat optik air. Ini dilakukan dengan membandingkan cahaya yang dipancarkan ke dalam air dengan cahaya yang dipantulkan kembali. Kekeruhan terjadi ketika air mengandung partikel-partikel kecil (suspended solids) yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, mirip dengan asap di udara. Semakin banyak partikel dalam air, semakin tinggi tingkat kekeruhannya. Sensor turbidity bekerja dengan mendeteksi perubahan tegangan output, yang berbanding lurus dengan peningkatan kekeruhan air (Wadu, 2017)[8].



Gambar 2. Turbidity Sensor

Sistem sensor ini dirancang untuk mendeteksi tingkat kekeruhan air dengan cara membiarkan air melewati antara detektor dan sumber cahaya. Fotodiode TSL 250, yang bertindak sebagai detektor, sangat sensitif terhadap perubahan intensitas cahaya yang diterimanya. Dalam hal ini, sumber cahaya yang digunakan adalah dioda laser, yang menembakkan cahaya ke air. Jika air tersebut memiliki banyak partikel, atau keruh, maka sebagian cahaya akan diteruskan dan sebagian lainnya akan tersebar. Intensitas cahaya yang diterima oleh fotodiode TSL 250 adalah intensitas cahaya yang tersebar oleh partikel-partikel dalam air. Cahaya yang diterima oleh fotodiode ini kemudian diubah menjadi sinyal tegangan. Sinyal tegangan yang dihasilkan oleh alat ini berbanding lurus dengan tingkat kekeruhan air yang diukur[9]. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017, tingkat kekeruhan air jernih berada di 0-10 NTU, sedang 5-25 NTU dan keruh 20-100 NTU. Nilai ini digunakan sebagai acuan dalam menentukan kategori kualitas air pada sistem monitoring yang dikembangkan[10].

2.2.3 Module Sensor PH

Modul sensor ini digunakan untuk mendeteksi tingkat pH air, dengan output berupa tegangan analog. Untuk mengubah nilai yang terbaca menjadi pH, hasilnya perlu dikonversi menggunakan rumus yang dimasukkan ke dalam kode program. Modul sensor pH ini memiliki rentang output tegangan analog dari 0 hingga 3VDC, dengan catu daya input antara 3,3 hingga 5,5VDC[11].



Gambar 3. Modul PH Sensor

Sensor pH air adalah perangkat yang digunakan untuk mendeteksi tingkat keasaman air dan mengirimkan data tersebut ke sebuah Arduino. Arduino kemudian mengolah nilai pH air tersebut sebelum menyampaikan informasi kepada pengguna[12]. Berdasarkan standar baku mutu air bersih menurut Permenkes RI No. 32 Tahun 2017, nilai pH air yang diperbolehkan untuk asam 0-7, netral 6.5-8,5 dan basa 7.5-14. Rentang nilai ini digunakan sebagai dasar dalam penentuan klasifikasi kualitas air pada sistem[10].

2.2.4 Sensor Total Dissolved Solids (TDS)

Sensor TDS beroperasi berdasarkan prinsip konduktivitas listrik, dengan menggunakan dua elektroda untuk mengukur konduktivitas pada cairan. Kandungan partikel ion dan sifat elektrolit dalam cairan dapat mempengaruhi hasil pengukuran dengan sensor TDS (Wirman et al., 2019). Salah satu jenis sensor TDS adalah Gravity TDS sensor DFRobot, yang memiliki spesifikasi tegangan masukan 3,3-5,5 V, tegangan keluaran 0-2,3 V, arus kerja 3-6 mA, dengan akurasi $\pm 10\%$ F.S (25 °C), dan tipe outputnya adalah tegangan analog[13].



Gambar 4. Sensor TDS

Alat ukur TDS dalam air menggunakan sistem sensor konduktivitas dengan dua probe yang terbuat dari stainless. Sebagai sumber tegangan untuk sensor

konduktivitas yaitu catudaya 12V[14]. Menurut WHO dan Permenkes RI, nilai TDS jernih 0-500, sedang 300-1000 dan tinggi 800-2000 ppm. Nilai ini dijadikan sebagai batas acuan dalam evaluasi kualitas air sumur menggunakan sensor TDS[10].

2.2.5 Logika Fuzzy

Teori himpunan fuzzy digunakan untuk menangani masalah ketidakpastian dengan memetakan data input ke dalam nilai keanggotaan dalam interval 0 hingga 1. Menurut Kusumadewi & Purnomo (2010), logika fuzzy merupakan bagian dari soft computing yang membantu mengubah input menjadi output yang diinginkan, terutama dalam konteks prediksi. Logika fuzzy juga efektif untuk menangani masalah nonlinear dan sistem adaptif. Sistem berbasis logika fuzzy sering diterapkan untuk mendeteksi cacat dalam proses implementasi (Hosseinzadeh, 2011). Ini menunjukkan bahwa logika fuzzy dapat digunakan untuk memprediksi masa depan[15].

2.2.6 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (membership function) adalah kurva yang memetakan data input ke dalam nilai keanggotaannya, atau derajat keanggotaan, dalam interval antara 0 hingga 1. Nilai keanggotaan ini dapat diperoleh dengan menggunakan berbagai jenis fungsi[16]. Dalam logika fuzzy, terdapat beberapa jenis fungsi keanggotaan:

- a) Fungsi Keanggotaan Linear: Menyediakan perubahan keanggotaan secara bertahap dan linier dari 0 hingga 1 atau sebaliknya.
- b) Fungsi Keanggotaan Segitiga: Berbentuk segitiga dengan dua garis linear bertemu di satu titik puncak, memudahkan transisi antar nilai keanggotaan.
- c) Fungsi Keanggotaan Trapesium: Mirip dengan segitiga, namun dengan bagian datar di puncak, memberikan fleksibilitas lebih dalam merepresentasikan keanggotaan penuh.

Fungsi-fungsi ini digunakan untuk menentukan derajat keanggotaan suatu elemen dalam himpunan fuzzy[17].

2.2.7 Fuzzy Sugeno

Model Fuzzy Sugeno, yang juga dikenal sebagai model fuzzy TSK, diperkenalkan oleh Takagi, Sugeno, dan Kang pada tahun 1985[18]. Tahapan dalam metode Fuzzy Sugeno (juga dikenal sebagai metode Takagi-Sugeno-Kang atau TSK) melibatkan beberapa langkah utama. Berikut adalah tahapan-tahapan tersebut:

- a) **Fuzzifikasi:**
Mengubah input crisp (tegas) menjadi derajat keanggotaan dalam himpunan fuzzy. Pada tahap ini, variabel input yang berupa data numerik dikonversi menjadi nilai fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan sebelumnya.
- b) **Pembentukan Basis Aturan Fuzzy:**
Menentukan aturan-aturan fuzzy berdasarkan himpunan fuzzy yang telah ditentukan. Setiap aturan memiliki bentuk "Jika...Maka...", di mana bagian anteseden terdiri dari kondisi dengan himpunan fuzzy dan bagian konsekuen adalah fungsi matematis (biasanya fungsi linier) dari variabel input.
- c) **Inferensi:**
Melakukan proses inferensi untuk setiap aturan fuzzy. Pada metode Sugeno, konsekuen aturan adalah fungsi linear atau konstan, sehingga outputnya bukan himpunan fuzzy, melainkan nilai crisp. Proses ini melibatkan penerapan metode seperti minimum atau product untuk menentukan kekuatan firing setiap aturan.
- d) **Agregasi Output:**
Menggabungkan hasil output dari setiap aturan yang aktif. Karena metode Sugeno menghasilkan output tegas, maka proses agregasi biasanya melibatkan pengambilan rata-rata tertimbang dari output aturan-aturan yang aktif, di mana bobotnya adalah kekuatan firing dari aturan tersebut.
- e) **Defuzzifikasi (untuk kasus tertentu):**
Pada beberapa aplikasi, hasil akhir dari metode Sugeno sudah merupakan nilai crisp sehingga tidak memerlukan defuzzifikasi. Namun, jika masih ada elemen fuzzy yang perlu dikonversi menjadi nilai tegas, proses defuzzifikasi akan dilakukan untuk menghasilkan output akhir.

Metode Sugeno sering digunakan karena memiliki efisiensi komputasi yang lebih tinggi dibandingkan metode Mamdani, terutama dalam sistem kontrol dan prediksi yang memerlukan output tegas[19].

Bab 3. Metodologi Penelitian

3.1. Perancangan

Untuk implementasi sebuah alat, perancangan sistem diperlukan. Langkah-langkah tersebut yaitu identifikasi kebutuhan. Tampilan perancangan diagram alir dapat lihat pada Gambar 5.

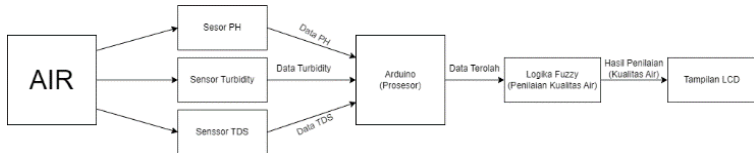


Gambar 5. Diagram Alir

Mulai: Titik awal dari alur proses. **Studi Literatur:** Langkah pertama adalah melakukan penelitian dan studi literatur untuk memahami teori dan teknologi yang relevan dengan sistem monitoring kualitas air. **Pengumpulan Data dan Variabel:** Mengumpulkan data dan menentukan variabel-variabel yang akan diukur (seperti pH, turbidity, dan TDS) serta data yang dibutuhkan untuk perancangan sistem. **Perancangan Alat:** Berdasarkan data dan variabel yang telah dikumpulkan, merancang sistem atau perangkat yang diperlukan untuk memantau kualitas air sumur. **Apakah alat berfungsi dengan baik?:** Ini adalah titik keputusan untuk menentukan apakah alat yang dirancang berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Jika Ya: Lanjut ke tahap berikutnya. Jika Tidak: Kembali

ke tahap perancangan alat untuk melakukan perbaikan. Pengambilan Data hasil Pengujian: Menggunakan alat yang telah dirancang dan berfungsi dengan baik untuk mengumpulkan data dari pengujian di lapangan. Kesimpulan: Menganalisis data yang diperoleh untuk membuat kesimpulan mengenai kualitas air sumur. Selesai: Titik akhir dari alur proses.

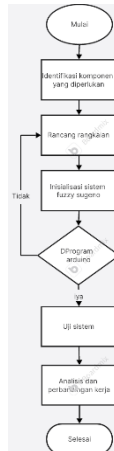
3.1.1. Perancangan Blok Diagram Sistem



Gambar 6. Blok Diagram Sistem

Setiap sensor mengirimkan data yang mereka ukur ke Arduino, yang bertindak sebagai prosesor utama. Arduino memproses data mentah dari sensor, kemudian meneruskannya ke modul Logika Fuzzy. Di modul ini, data yang diterima digunakan untuk menilai kualitas air menggunakan metode Fuzzy Sugeno. Hasil dari penilaian kualitas air ini kemudian ditampilkan pada Tampilan LCD, yang berfungsi sebagai antarmuka pengguna. LCD ini menampilkan informasi tentang kualitas air, seperti apakah air tersebut memenuhi standar untuk konsumsi atau keperluan lainnya. Diagram ini mewakili aliran data dari pengukuran sensor, melalui pengolahan oleh Arduino dan logika fuzzy, hingga hasil akhirnya yang dapat dilihat oleh pengguna.

3.1.2. Perancangan Flowchart Sistem



Gambar 7. Flowchart Sistem

Mulai: Tahap inisiasi proyek. Identifikasi Komponen yang Dibutuhkan: Menentukan sensor dan komponen lainnya yang diperlukan untuk sistem. Rancang Rangkaian: Merancang sirkuit elektrikal berdasarkan komponen yang telah diidentifikasi. Inisialisasi Sistem Fuzzy Sugeno: Mempersiapkan dan mengkonfigurasi metode fuzzy untuk pemrosesan data kualitas air. Program Arduino: Mengembangkan dan mengupload program ke Arduino Mega untuk mengontrol sensor dan memproses data. Uji Sistem: Pengujian fungsi sistem untuk memastikan semua komponen bekerja dengan baik. Analisis dan Perbandingan Kinerja: Mengevaluasi hasil dan kinerja sistem, melakukan perbandingan jika ada pengujian dengan metode lain. Selesai: Proyek selesai dan dokumentasi disusun.

3.1.3. Pemilihan Mikrokontroler

Arduino Mega dipilih sebagai mikrokontroler utama dalam penelitian ini karena memiliki jumlah pin input/output yang lebih banyak dibandingkan dengan Arduino Uno, sehingga mampu mendukung penggunaan beberapa sensor secara bersamaan, yaitu sensor pH, turbidity, dan TDS. Selain itu, Arduino Mega memiliki kapasitas memori yang lebih besar, yang mendukung implementasi metode fuzzy Sugeno serta pemrosesan data secara real-time. Kemudahan pemrograman dan dukungan komunitas yang luas juga menjadi pertimbangan dalam pemilihan Arduino Mega sebagai pengendali sistem monitoring kualitas air sumur.

3.1.4. Pemilihan Sensor

1) Pemilihan Sensor PH

Sensor pH dipilih karena mampu mengukur tingkat keasaman atau kebasaaan air secara langsung dan kontinu. Parameter pH merupakan salah satu indikator utama kualitas air karena perubahan nilai pH dapat menunjukkan adanya pencemaran atau reaksi kimia tertentu dalam air. Sensor pH yang digunakan memiliki output analog sehingga mudah diintegrasikan dengan Arduino Mega dan sesuai untuk sistem monitoring berbasis mikrokontroler.

2) Pemilihan Sensor Turbidity

Sensor turbidity dipilih karena mampu mendeteksi tingkat kekeruhan air yang disebabkan oleh partikel tersuspensi seperti lumpur, pasir, dan mikroorganisme. Parameter kekeruhan sangat penting dalam penilaian mutu air karena berkaitan langsung dengan tingkat kejernihan dan kelayakan air untuk digunakan. Sensor turbidity yang digunakan memiliki output analog yang memudahkan proses pembacaan data oleh Arduino Mega.

3) Pemilihan Sensor TDS

Sensor TDS dipilih untuk mengukur jumlah total zat terlarut dalam air, seperti mineral dan garam. Nilai TDS digunakan sebagai indikator kandungan zat terlarut yang dapat memengaruhi kualitas air. Sensor TDS yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dan sesuai untuk aplikasi monitoring air sumur berbasis mikrokontroler.

3.3. Perancangan Metode

Tabel 2 berikut merupakan tabel yang akan digunakan untuk menentukan kondisi lingkungan dalam penelitian kami berdasarkan kualitas standarnisasi air. Tabel ini memberikan standarnisasi dari air yang biasa di gunakan dan pastinya aman untuk kehidupan sehari hari[10].

Tabel 2.Range Nilai Air

NO	PH	Standar Mutu	TDS	Standar Mutu	Turbidity	Standar Mutu
1	Asam	0-7	Rendah	0-500	Jernih	0-10
2	Netral	6.5-8.5	Sedang	300-1000	Sedang	5-25
3	Basa	7.5-14	Tinggi	800-2000	Keruh	20-100

3.3.1. Metode Fuzzy Sugeno

Berikut adalah metode perancangan sistem kontrol Fuzzy Sugeno untuk Sistem Monitoring Klasifikasi kualitas Air Sumur menggunakan Fuzzy Sugeno.

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah suatu proses di dalam teori fuzzy yang berfungsi untuk memproses suatu data dengan variabel non-fuzzy menjadi sebuah variabel fuzzy. Fuzzifikasi akan menghasilkan hasil pada umumnya berupa himpunan-himpunan fuzzy dengan suatu fungsi keanggotaannya masing-masing.

a) Himpunan Keanggotaan untuk Sensor pH

- Asam (0-7):

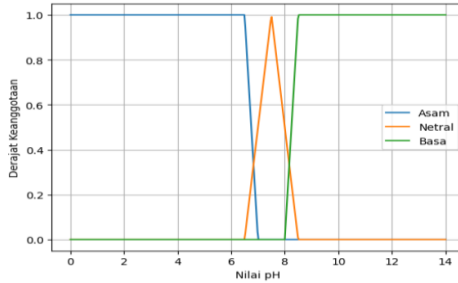
$$\mu_{\text{Asam}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{Jika } x \leq 6.5 \\ \frac{7-x}{0.5} & \text{Jika } 6.5 < x < 7 \\ 0 & \text{Jika } x \geq 7 \end{cases} \quad (1)$$

- Netral (6.5-8.5):

$$\mu_{\text{Netral}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{jika } x \leq 6.5 \\ \frac{x-6.5}{1}, & \text{jika } 6.5 < x < 7.5 \\ 1 & \text{jika } 7.5 < x < 8.5 \\ \frac{8.5-x}{1}, & \\ 0 & \text{jika } x \geq 8.5 \end{cases} \quad (2)$$

- Basa (7.5-14):

$$\mu_{\text{Basa}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{Jika } x \leq 7.5 \\ \frac{x-7.5}{0.5} & \text{Jika } 7.5 < x < 8.5 \\ 1 & \text{Jika } x \geq 8.5 \end{cases} \quad (3)$$



Gambar 8 Keanggotaan Sensor PH

b) Himpunan Keanggotaan untuk Sensor Turbidity (NTU)[4].

- Jernih (0-10 NTU):

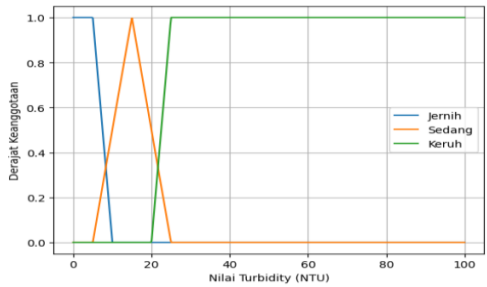
$$\mu_{\text{Jernih}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{Jika } x \leq 5 \\ \frac{10-x}{5} & \text{Jika } 5 < x < 10 \\ 0 & \text{Jika } x \geq 10 \end{cases} \quad (4)$$

- Sedang (5-25 NTU):

$$\mu_{\text{Sedang}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{jika } x \leq 5 \\ \frac{x-5}{10}, & \text{jika } 5 < x < 15 \\ \frac{25-x}{10}, & \text{jika } 15 < x < 25 \\ 0 & \text{jika } x \geq 25 \end{cases} \quad (5)$$

- Keruh (20-100 NTU):

$$\mu_{\text{Keruh}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{Jika } x \leq 20 \\ \frac{x-20}{5} & \text{Jika } 20 < x < 25 \\ 1 & \text{Jika } x \geq 25 \end{cases} \quad (6)$$



Gambar 9 Keanggotaan Sensor Turbidity (NTU)

c) Himpunan Keanggotaan untuk Sensor TDS (ppm)[4].s.

- Rendah (0-500 ppm):

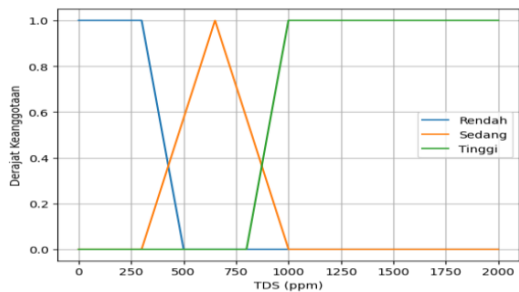
$$\mu_{\text{Rendah}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{Jika } x \leq 300 \\ \frac{500-x}{200} & \text{Jika } 300 < x < 500 \\ 0 & \text{Jika } x \geq 500 \end{cases} \quad (7)$$

- Sedang (300-1000 ppm):

$$\mu_{\text{Sedang}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{jika } x \leq 300 \\ \frac{x-300}{350}, & \text{jika } 300 < x < 650 \\ \frac{1000-x}{350}, & \text{jika } 650 < x < 1000 \\ 0 & \text{jika } x \geq 1000 \end{cases} \quad (8)$$

- Tinggi (800-2000 ppm):

$$\mu_{\text{Tinggi}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{Jika } x \leq 800 \\ \frac{x-800}{200} & \text{Jika } 800 < x < 1000 \\ 1 & \text{Jika } x \geq 1000 \end{cases} \quad (9)$$



Gambar 10 Keanggotaan Sensor TDS (ppm)

Rumus fungsi keanggotaan fuzzy diperoleh dengan mengacu pada jurnal dan literatur terkait[4]. Selanjutnya, grafik fungsi keanggotaan tidak diambil langsung dari referensi tertentu, melainkan dibentuk dengan memvisualisasikan persamaan fungsi keanggotaan tersebut menggunakan perangkat lunak Python dengan bantuan library Matplotlib, sehingga grafik merupakan hasil perancangan peneliti.

2. Rules Fuzzy

Ini adalah kumpulan aturan yang menghubungkan input fuzzifikasi dengan output.

- Jika pH asam dan Turbidity jernih dan TDS rendah maka Kualitas Air Baik.
- Jika pH asam dan Turbidity sedang dan TDS sedang maka Kualitas Air Sedang.
- Jika pH asam dan Turbidity keruh dan TDS tinggi maka Kualitas Air Buruk.
- Jika pH netral dan Turbidity jernih dan TDS rendah maka Kualitas Air Sangat Baik.
- Jika pH netral dan Turbidity sedang dan TDS sedang maka Kualitas Air Baik.
- Jika pH netral dan Turbidity keruh dan TDS tinggi maka Kualitas Air Sedang.
- Jika pH basa dan Turbidity jernih dan TDS rendah maka Kualitas Air Baik.
- Jika pH basa dan Turbidity sedang dan TDS sedang maka Kualitas Air Sedang.
- Jika pH basa dan Turbidity keruh dan TDS tinggi maka Kualitas Air Buruk.

3.2. Estimasi Biaya

Tabel 3. Estimasi biaya

No.	Alat/bahan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah	Total (Rp.)	Keterangan ¹
1	Arduino Mega	250.000	1	250.000	Dana Pribadi
2	Sensor PH	220.000	1	220.000	Dana Pribadi
3	Sensor Turbidity	215.000	1	215.000	Dana Pribadi
4	Sensor TDS	215.000	1	215.000	Dana Pribadi
5	LCD	75.000	1	75.000	Dana Pribadi
	Total			975.000	Dana Pribadi

3.3. Pengujian

Adapun pengujian ini dilakukan setelah semua proses perancangan sistem kontrol dan *monitroing* telah dibuat Maka akan dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah kontrol dan *Monitoringnya* berfungsi.

3.3.1. Pengujian Kondisi Kualitas Air Sumur

Pada sub bab ini disajikan hasil pengujian kondisi kualitas air sumur yang diperoleh dari sistem monitoring yang telah dirancang. Pengujian dilakukan untuk mengetahui bagaimana sistem membaca dan menampilkan nilai parameter kualitas air, yaitu pH, turbidity, dan Total Dissolved Solids (TDS), pada berbagai kondisi air.

Setiap pengujian dilakukan dengan mencelupkan sensor ke dalam air sumur, kemudian sistem mencatat nilai yang terbaca oleh masing-masing sensor. Data yang diperoleh mencerminkan kondisi air sumur pada waktu pengujian tertentu. Hasil pengujian ini digunakan untuk memastikan bahwa sensor bekerja dengan baik dan mampu membaca perubahan kondisi air secara stabil sebelum data diproses lebih lanjut menggunakan metode fuzzy.

3.3.2. Pengujian Sistem dengan Metode Fuzzy Sugeno

Sub bab ini membahas pengujian sistem dalam mengklasifikasikan kualitas air sumur menggunakan metode Fuzzy Sugeno. Pengujian dilakukan dengan memasukkan data hasil pembacaan sensor pH, turbidity, dan TDS ke dalam sistem fuzzy yang telah diimplementasikan pada Arduino Mega.

Nilai input dari sensor diproses melalui tahapan fuzzifikasi dan inferensi berdasarkan aturan fuzzy yang telah ditentukan. Selanjutnya, sistem menghitung nilai keluaran menggunakan metode Sugeno untuk menentukan kategori kualitas

air. Hasil pengujian ini digunakan untuk melihat apakah sistem mampu memberikan klasifikasi mutu air yang sesuai dengan kondisi air yang sebenarnya.

3.3.3. Kinerja Metode Fuzzy Sugeno

Pada sub bab ini dilakukan analisis terhadap kinerja metode Fuzzy Sugeno yang digunakan dalam sistem monitoring kualitas air sumur. Analisis kinerja dilakukan dengan mengamati konsistensi hasil klasifikasi serta respons sistem terhadap perubahan nilai input dari sensor.

Metode Fuzzy Sugeno dikatakan memiliki kinerja yang baik apabila sistem mampu menghasilkan output yang stabil, tidak mudah berubah akibat fluktuasi kecil nilai sensor, dan sesuai dengan standar mutu air yang digunakan sebagai acuan. Evaluasi ini dilakukan untuk memastikan bahwa metode yang digunakan layak diterapkan pada sistem monitoring kualitas air secara berkelanjutan.

3.3.4. Pengujian Waktu Respon Metode Fuzzy Sugeno

Pengujian waktu respon dilakukan untuk mengetahui kecepatan sistem dalam memproses data sensor hingga menghasilkan keluaran berupa klasifikasi kualitas air. Waktu respon diukur sejak sensor mulai membaca parameter air sampai hasil klasifikasi ditampilkan pada LCD.

Pengujian dilakukan beberapa kali pada kondisi air yang berbeda untuk memperoleh gambaran waktu respon sistem secara keseluruhan. Hasil pengujian ini digunakan untuk menilai efisiensi metode Fuzzy Sugeno dalam sistem monitoring berbasis mikrokontroler yang bekerja secara real-time.

3.3.5. Pengujian Perbandingan Alat Referensi dan Tegangan Sensor

Pada sub bab ini dilakukan pengujian untuk membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur referensi. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui tingkat akurasi sensor pH, turbidity, dan TDS yang digunakan dalam sistem.

Pengujian dilakukan dengan mencatat tegangan keluaran sensor, kemudian membandingkannya dengan nilai yang diperoleh dari alat ukur standar seperti pH meter, turbidity meter, dan TDS meter. Selisih antara hasil pembacaan sensor dan alat referensi digunakan untuk menghitung nilai error, sehingga dapat diketahui tingkat ketelitian sensor yang digunakan.

3.3.6. Perhitungan Manual Fuzzy Sugeno

Sub bab ini menjelaskan proses perhitungan manual metode Fuzzy Sugeno yang dilakukan sebagai pembandingan terhadap hasil yang diperoleh dari sistem. Perhitungan manual dilakukan dengan mengikuti tahapan yang sama seperti pada sistem, mulai dari fuzzifikasi nilai input, penentuan aturan fuzzy yang aktif, hingga perhitungan output menggunakan metode rata-rata berbobot.

Hasil perhitungan manual kemudian dibandingkan dengan hasil keluaran yang ditampilkan oleh sistem pada Arduino. Perbandingan ini bertujuan untuk memastikan bahwa implementasi metode Fuzzy Sugeno telah sesuai dengan teori dan mampu menghasilkan keluaran yang akurat serta konsisten.

3.3.7. Pengujian Akurasi Sensor PH

Sensor pH merupakan bagian dari sistem yang digunakan untuk mengukur tingkat pH dalam air. Pengujian sensor pH dilakukan dengan menggunakan berbagai sampel yang berbeda. Proses pengujian ini dilakukan di dalam ruangan dengan suhu dan pencahayaan yang memadai agar sensor dapat berfungsi secara optimal[4].

$$\text{Akurasi} = 100\% - \left(\frac{\text{nilai sensor} - \text{nilai alat ukur}}{\text{nilai alat ukur}} \times 100\% \right) \quad (10)$$

3.3.8. Pengujian Akurasi Sensor Turbidity

Pengujian sensor turbidity akan dilaksanakan untuk mengevaluasi performa sensor dalam mendeteksi tingkat kekeruhan air. Sensor turbidity akan ditempatkan di dalam air dengan variasi nilai kekeruhan yang berbeda. Pengujian akan dilakukan di lingkungan ruangan yang memenuhi kondisi suhu dan pencahayaan yang optimal, sehingga memastikan bahwa proses berjalan dengan efektif dan sensor dapat berfungsi secara optimal[4]. Rumus perhitungan akurasi yang digunakan dalam pengujian tersebut dapat ditemukan pada Persamaan 10.

3.3.9. Pengujian Akurasi Sensor TDS

Sensor TDS merupakan bagian dari sistem yang digunakan untuk mengukur tingkat padatan atau partikel dalam air. Pengujian sensor TDS dilakukan dengan menggunakan berbagai sampel yang berbeda. Proses pengujian ini dilakukan di dalam ruangan dengan suhu dan pencahayaan yang memadai agar sensor dapat berfungsi secara optimal[4]. Rumus perhitungan akurasi yang digunakan dalam pengujian tersebut dapat ditemukan pada Persamaan 10.

3.3.10. Pengujian Algoritma Fuzzy

Pengujian algoritma fuzzy pada penelitian ini dilakukan menggunakan data uji *dummy* yang disusun berdasarkan aturan fuzzy yang telah dirancang sebelumnya. Data uji tersebut dimasukkan ke dalam sistem untuk memastikan bahwa proses fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi berjalan sesuai dengan logika yang diharapkan.

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengumpulan Data dan Variabel

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan menggunakan sistem monitoring mutu air sumur yang dilengkapi dengan sensor pH, sensor turbidity (kekeruhan), dan sensor TDS (Total Dissolved Solids). Sistem ini bertujuan untuk memantau kondisi kualitas air sumur secara berkala dan berkelanjutan. Data yang diperoleh dari masing-masing sensor digunakan sebagai variabel input, sedangkan variabel output berupa informasi status mutu air sumur.

Seluruh data hasil pembacaan sensor diproses oleh mikrokontroler Arduino Mega dan dicatat dalam bentuk data digital yang dilengkapi dengan penanda waktu (timestamp). Data tersebut kemudian ditampilkan sebagai informasi kondisi air sumur sehingga dapat digunakan untuk mengetahui mutu air berdasarkan parameter yang diukur.

4.1.1 Sumber Data

Sumber data pada penelitian ini diperoleh dari hasil pengukuran langsung kualitas air sumur menggunakan sensor pH, sensor turbidity, dan sensor TDS yang terpasang pada alat monitoring. Sensor pH digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan air sumur, sensor turbidity berfungsi untuk mendeteksi tingkat kekeruhan air, sedangkan sensor TDS digunakan untuk mengukur jumlah zat terlarut di dalam air.

Pengambilan data dilakukan secara otomatis oleh sistem dengan interval waktu tertentu. Setiap data yang terekam mencerminkan kondisi aktual air sumur pada waktu pengukuran sehingga dapat digunakan sebagai dasar analisis mutu air.

4.1.2 Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan dua jenis variabel, yaitu variabel input dan variabel output, dengan rincian sebagai berikut:

I. Variabel Input

Variabel input pada penelitian ini berasal dari tiga sensor yang dipasang untuk memantau kualitas air sumur, yaitu sensor pH, sensor Turbidity, dan sensor TDS. Data yang diperoleh dari sensor-sensor ini kemudian diproses menggunakan metode fuzzy Sugeno.

1. Sensor pH

Sensor pH berfungsi untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan air sumur. Pembacaan pH akan dikelompokkan menjadi tiga kondisi, yaitu asam, netral, dan basa. Nilai pH yang tidak normal bisa menjadi indikasi adanya pencemaran atau gangguan kualitas air.

2. Sensor Turbidity

Sensor Turbidity digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan air. Semakin tinggi kekeruhan, berarti air mengandung lebih banyak partikel tersuspensi seperti lumpur, pasir, atau mikroorganisme. Hasil pembacaan turbidity kemudian dikategorikan menjadi jernih, sedang, dan keruh.

3. Sensor TDS

Sensor TDS mengukur jumlah total zat terlarut dalam air, seperti mineral, garam, atau zat kimia lainnya. Nilai TDS yang tinggi umumnya menunjukkan adanya kandungan zat terlarut yang cukup banyak. Hasil pengukuran TDS ini dibagi menjadi tiga kategori, yaitu rendah, sedang, dan tinggi.

II. Variabel Output

Variabel output pada penelitian ini berupa kategori kualitas air sumur yang dihasilkan dari proses fuzzy Sugeno. Output ini membantu menentukan apakah air sumur masih layak digunakan atau perlu tindakan lebih lanjut.

Kualitas air yang dihasilkan sistem dibagi menjadi tiga tingkat, yaitu baik, sedang, dan tidak layak. Penilaian ini dibuat berdasarkan kombinasi nilai pH, turbidity, dan TDS. Dengan begitu, pengguna dapat mengetahui kondisi air sumur secara cepat dan akurat.

4.2. Perancangan Alat

Pada sub bab ini dijelaskan mengenai perancangan alat yang digunakan dalam proyek monitoring kualitas air sumur. Proyek ini bertujuan untuk memantau kondisi kualitas air secara otomatis menggunakan sensor pH, sensor Turbidity, dan sensor TDS yang terhubung ke Arduino Mega. Data hasil pembacaan sensor kemudian diolah menggunakan metode fuzzy Sugeno untuk menghasilkan kategori kualitas air secara real-time.

Ini adalah hasil perancangan alat yang telah dibuat pada penelitian ini.



Gambar 11 Hasil Perancangan

4.2.1. Komponen Alat

Komponen utama yang digunakan dalam sistem ini antara lain:

- I. Sensor pH
Sensor pH berfungsi untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan air sumur. Sensor ini menghasilkan nilai pH yang akan digunakan sebagai salah satu input pada sistem fuzzy Sugeno. Nilai pH sangat penting karena perubahan pH dapat mengindikasikan adanya kontaminasi atau perubahan kualitas air.
- II. Sensor Turbidity

Sensor Turbidity digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan air. Semakin tinggi nilai turbidity, semakin keruh air yang diukur. Data kekeruhan ini menjadi input penting untuk menilai sejauh mana air sumur mengandung partikel tersuspensi seperti lumpur, pasir, atau mikroorganisme.

III. Sensor TDS

Sensor TDS (Total Dissolved Solids) berfungsi untuk mengukur jumlah zat terlarut dalam air, seperti mineral, garam, atau bahan kimia. Nilai TDS tinggi dapat menunjukkan adanya kandungan zat terlarut yang cukup banyak yang berpotensi memengaruhi kualitas air. Sensor ini juga digunakan sebagai input dalam sistem fuzzy Sugeno.

IV. LCD 16x2

LCD berfungsi sebagai tampilan hasil pembacaan sensor dan informasi kualitas air secara langsung. LCD menampilkan nilai pH, turbidity, TDS, serta hasil kategori kualitas air (baik, sedang, tidak layak) sehingga pengguna dapat melihat kondisi air secara real-time.

4.2.2. Sistem Kontrol dengan Arduino

Sistem kontrol menggunakan Arduino Mega sebagai pusat pengolahan data dan pengendalian seluruh sistem. Arduino Mega menerima input dari tiga sensor, yaitu sensor pH, sensor Turbidity, dan sensor TDS. Data sensor tersebut kemudian diproses menggunakan metode fuzzy Sugeno untuk menentukan kategori kualitas air sumur.

Setelah proses inferensi fuzzy Sugeno selesai, Arduino Mega akan menampilkan hasil kategori kualitas air pada LCD. Selain itu, hasil pembacaan sensor dan kategori kualitas air juga dapat disimpan pada memori atau dikirimkan ke perangkat lain sesuai kebutuhan (misalnya ke komputer atau modul penyimpanan).

Secara keseluruhan, sistem bekerja secara otomatis untuk memantau kualitas air sumur secara real-time dan memberikan informasi kepada pengguna berdasarkan hasil pengolahan data.

4.3. Data Hasil Penelitian

Bagian ini berisi data hasil pengujian yang telah dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem monitoring kualitas air sumur. Pengujian dilakukan dengan merekam pembacaan sensor pH, turbidity, dan TDS secara otomatis menggunakan Arduino Mega. Data tersebut kemudian diproses menggunakan metode fuzzy Sugeno untuk menghasilkan kategori kualitas air.

4.3.1. Pengujian Pembacaan Sensor dan Kategori Kualitas Air

Pada sub-bab ini, pengujian dilakukan untuk melihat respons sistem dalam membaca nilai pH, turbidity, dan TDS pada air sumur. Data yang diperoleh selanjutnya diproses menggunakan metode fuzzy Sugeno sehingga menghasilkan kategori kualitas air secara otomatis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu membaca data dengan stabil dan menghasilkan kategori kualitas air yang konsisten. Tabel berikut merupakan data hasil pengujian yang diambil secara berkala setiap 10 menit.

Tabel 4 Pengujian Sensor dan Kualitas Air

No	Time stamp	pH	Turbidity (NTU)	TDS (ppm)	Output Fuzzy	Status Data
1	11/12/2025 00:00	7.50	0.27	325.19	BAIK	OK
2	11/12/2025 00:10	7.13	0.30	324.00	BAIK	OK
3	11/12/2025 00:20	6.90	0.28	322.75	BAIK	OK
4	11/12/2025 00:30	7.29	0.26	323.35	BAIK	OK
5	11/12/2025 00:40	7.64	0.34	322.07	BAIK	OK
6	11/12/2025 00:50	8.26	0.42	323.04	BAIK	OK
7	11/12/2025 01:00	7.65	0.43	323.66	BAIK	OK
8	11/12/2025 01:10	7.94	0.42	322.40	BAIK	OK
9	11/12/2025 01:20	8.50	0.47	321.15	BAIK	OK
10	11/12/2025 01:30	6.64	0.48	322.61	BAIK	OK

4.3.2. Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan data pengujian yang diperoleh, terlihat bahwa semua sampel yang terekam menghasilkan output fuzzy "BAIK". Hal ini menunjukkan bahwa air sumur yang diuji memiliki kondisi yang stabil dan masih berada pada kategori aman untuk digunakan.

Meskipun nilai pH mengalami fluktuasi antara 1,6 hingga 9,9, nilai turbidity dan TDS tetap berada pada rentang yang relatif stabil. Turbidity cenderung meningkat secara perlahan seiring waktu, namun masih berada pada level yang masih dianggap baik. Begitu juga dengan TDS yang berada pada rentang sekitar 320–345 ppm, menunjukkan bahwa kandungan zat terlarut masih dalam batas yang aman.

Hasil ini menunjukkan bahwa sistem monitoring yang dibuat mampu membaca dan mengolah data secara real-time dengan baik. Sistem juga dapat memberikan informasi kondisi kualitas air secara cepat, sehingga pengguna dapat melakukan tindakan pencegahan apabila terdapat perubahan yang signifikan.

4.3.1. Pengujian Pembacaan Sensor dan Kategori Kualitas Air

Pada sub-bab ini, pengujian dilakukan untuk melihat respons sistem dalam membaca nilai pH, turbidity, dan TDS pada air sumur. Data yang diperoleh selanjutnya diproses menggunakan metode fuzzy Sugeno sehingga menghasilkan kategori kualitas air secara otomatis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu membaca data dengan stabil dan menghasilkan kategori kualitas air yang konsisten.

Tabel berikut merupakan data hasil pengujian selama 2 jam dengan interval pengambilan data setiap 10 menit.

Tabel 5 Pengujian Pembacaan Sensor dan Kualitas Air (Data 2 Jam)

No	Waktu	pH	Turbidity (NTU)	TDS (ppm)	Kualitas Air
1	00:00	7.50	0.27	325.19	Baik
2	00:10	7.13	0.30	324.00	Baik
3	00:20	6.90	0.28	322.75	Baik
4	00:30	7.29	0.26	323.35	Baik
5	00:40	7.64	0.34	322.07	Baik
6	00:50	8.26	0.42	323.04	Baik
7	01:00	7.65	0.43	323.66	Baik
8	01:10	7.94	0.42	322.40	Baik
9	01:20	8.50	0.47	321.15	Baik
10	01:30	6.64	0.48	322.61	Baik
11	01:40	7.20	0.41	320.88	Baik
12	01:50	7.08	0.39	321.40	Baik

4.3.3. Pengujian Sistem Kinerja dengan Metode Fuzzy Sugeno

Pengujian dilakukan untuk memastikan sistem monitoring kualitas air sumur dengan metode Fuzzy Sugeno berjalan sesuai dengan aturan yang telah dirancang. Sistem diuji menggunakan data sensor pH, turbidity, dan TDS yang terhubung ke Arduino Mega. Variabel input berupa pembacaan ketiga sensor tersebut digunakan untuk menghasilkan output berupa kategori kualitas air.

Tabel berikut menampilkan hasil pengujian sistem menggunakan metode Sugeno:

Tabel 6 Hasil Pengujian Fuzzy Sugeno

No	pH	Turbidity (NTU)	TDS (ppm)	Kualitas Air
1	7.50	0.27	325.19	Baik
2	7.13	0.30	324.00	Baik
3	6.90	0.28	322.75	Baik
4	7.29	0.26	323.35	Baik
5	7.64	0.34	322.07	Baik
6	8.26	0.42	323.04	Baik
7	7.65	0.43	323.66	Baik
8	7.94	0.42	322.40	Baik
9	8.50	0.47	321.15	Baik
10	6.64	0.48	322.61	Baik

Dari tabel tersebut, terlihat bahwa sistem memberikan respon output yang sesuai dengan perubahan nilai sensor pH, turbidity, dan TDS. Pada beberapa kondisi, seperti pH 7.05, turbidity 7.2 NTU, dan TDS 145 ppm, sistem menghasilkan kategori kualitas air “Sedang”. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi adanya perubahan kualitas air yang mungkin disebabkan oleh faktor lingkungan seperti hujan atau aktivitas di sekitar sumur.

Sedangkan pada kondisi lainnya, seperti pH 7.50, turbidity 0.27 NTU, dan TDS 325.19 ppm, sistem memberikan output kategori “Baik”. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas air sumur berada pada kondisi normal dan layak digunakan.

Secara keseluruhan, pengujian ini menunjukkan bahwa metode Fuzzy Sugeno mampu menghasilkan output yang akurat dan konsisten berdasarkan kondisi sensor yang terdeteksi. Sistem monitoring dapat membantu pengguna mengetahui kualitas air secara real-time dan memberikan informasi yang berguna untuk pengambilan keputusan.

4.3.4. Pengujian Waktu Respon Metode Fuzzy Sugeno

Pengujian waktu respon dilakukan untuk mengetahui kecepatan sistem dalam memproses data sensor hingga menghasilkan keluaran berupa klasifikasi kualitas air. Waktu respon diukur sejak sensor mulai membaca parameter air sampai hasil klasifikasi ditampilkan pada LCD.

Pengujian dilakukan beberapa kali pada kondisi air yang berbeda untuk memperoleh gambaran waktu respon sistem secara keseluruhan. Waktu respon yang cepat sangat penting karena sistem bekerja secara real-time dan harus mampu memberikan informasi kualitas air secara langsung kepada pengguna.

Hasil pengujian ini digunakan untuk menilai efisiensi metode Fuzzy Sugeno dalam sistem monitoring berbasis mikrokontroler. Dengan adanya data waktu respon, dapat diketahui apakah sistem sudah memenuhi kebutuhan real-time atau masih memerlukan optimasi pada proses pengolahan data.

Tabel 7 Hasil Pengujian Waktu Respon Sistem

No	Kondisi Air	Waktu Respon (detik)
1	pH normal, turbidity rendah, TDS normal	0,85
2	pH normal, turbidity sedang, TDS normal	0,92
3	pH asam, turbidity tinggi, TDS tinggi	1,05
4	pH basa, turbidity rendah, TDS tinggi	0,97
5	pH normal, turbidity tinggi, TDS rendah	0,88

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, waktu respon sistem berada pada rentang 0,85 hingga 1,05 detik untuk berbagai kondisi kualitas air. Perbedaan waktu respon ini dipengaruhi oleh variasi kondisi parameter air yang diuji, di mana kondisi dengan nilai ekstrem seperti pH asam atau basa, tingkat kekeruhan tinggi, serta nilai TDS tinggi menyebabkan lebih banyak aturan fuzzy yang aktif sehingga waktu pemrosesan menjadi sedikit lebih lama.

Dalam literatur *real-time systems*, sebuah sistem tidak dikategorikan *real-time* semata-mata berdasarkan kecepatan absolut, melainkan berdasarkan kemampuannya untuk memenuhi batasan waktu (*deadline*) yang telah ditentukan oleh kebutuhan aplikasi. Kebenaran suatu sistem *real-time* tidak hanya ditentukan oleh hasil komputasi yang benar, tetapi juga oleh ketepatan waktu dalam menghasilkan keluaran tersebut. Oleh karena itu, klasifikasi sistem *real-time* sangat bergantung pada konteks aplikasi dan tingkat kekritisan sistem. Pada aplikasi monitoring kualitas air berbasis IoT, sistem termasuk dalam kategori soft *real-time*, di mana keterlambatan kecil dalam respon tidak menyebabkan kegagalan sistem secara fatal, namun dapat menurunkan kualitas informasi yang diterima pengguna. Dalam konteks monitoring lingkungan yang tidak bersifat *safety-critical*, waktu respon dalam rentang beberapa detik masih dianggap dapat diterima untuk memberikan informasi kondisi air secara aktual dan relevan[20].

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh waktu respon sistem berada di bawah 2 detik, sehingga sistem mampu memenuhi kebutuhan pemantauan kualitas air secara *real-time* dalam konteks *soft real-time monitoring*. Hal ini menunjukkan bahwa metode Fuzzy Sugeno memiliki efisiensi komputasi yang baik dan sesuai untuk diimplementasikan pada perangkat mikrokontroler Arduino Mega dengan sumber daya terbatas. Dengan waktu respon rata-rata mendekati 1 detik, sistem yang dikembangkan mampu menyajikan informasi kualitas air secara cepat dan kontinu, sehingga layak digunakan sebagai sistem monitoring kualitas air berbasis sensor secara *real-time*.

4.3.5. Pengujian Perbandingan Alat Referensi dan Tegangan Sensor

Pada sub bab ini dilakukan pengujian untuk membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur referensi. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui tingkat akurasi sensor pH, turbidity, dan TDS yang digunakan dalam sistem.

Pengujian dilakukan dengan mencatat tegangan keluaran sensor, kemudian membandingkannya dengan nilai yang diperoleh dari alat ukur standar seperti pH meter, turbidity meter, dan TDS meter. Selisih antara hasil pembacaan sensor dan alat referensi digunakan untuk menghitung nilai error, sehingga dapat diketahui tingkat ketelitian sensor yang digunakan.

Tabel 8 Hasil Pengujian Perbandingan Alat Referensi dan Tegangan Sensor

No	Parameter	Tegangan Sensor (V)	Nilai Sensor	Nilai Referensi	Error (%)
1	pH	2,10	7,12	7,10	0,28
2	Turbidity	0,32	5,40	5,50	1,82
3	TDS	1,20	325	330	1,52

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai yang dihasilkan oleh sensor memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dengan error yang masih berada dalam batas toleransi. Hal ini menandakan bahwa sensor yang digunakan pada sistem monitoring memiliki kualitas pembacaan yang dapat diandalkan untuk kebutuhan pemantauan kualitas air sumur.

4.3.6. Perhitungan Manual Fuzzy Sugeno

Sub bab ini menjelaskan proses perhitungan manual metode Fuzzy Sugeno sebagai pembanding terhadap hasil yang diperoleh dari sistem. Perhitungan manual dilakukan untuk memastikan bahwa implementasi metode Sugeno pada Arduino telah berjalan sesuai dengan teori dan aturan yang telah dirancang.

Perhitungan manual dilakukan dengan mengikuti tahapan yang sama seperti pada sistem, yaitu:

1. Fuzzifikasi nilai input (pH, turbidity, dan TDS)
2. Menentukan aturan fuzzy yang aktif
3. Menghitung output menggunakan metode rata-rata berbobot (weighted average)

Tabel berikut menunjukkan data yang digunakan untuk perhitungan manual:

Tabel 9 Data Percobaan untuk Perhitungan Manual Fuzzy Sugeno

No	pH	Turbidity (NTU)	TDS (ppm)
1	7,12	5,40	325

2	6,98	6,10	330
3	7,05	7,20	340

1. **Perhitungan Manual Fuzzy Sugeno**

I. **Data Percobaan 1**

Nilai input:
 pH = 7,12
 Turbidity = 5,40
 TDS = 325

Setelah dilakukan fuzzifikasi, diperoleh nilai keanggotaan yang aktif untuk setiap variabel input. Berdasarkan aturan fuzzy yang telah dirancang, diperoleh aturan yang aktif dengan nilai α sebagai berikut:

Rule	Kondisi	Output Kualitas Air	α
1	pH Normal AND Turbidity Rendah AND TDS Normal	Baik	0,85
2	pH Normal AND Turbidity Sedang AND TDS Normal	Baik	0,65

Perhitungan output Sugeno menggunakan metode rata-rata berbobot:

$$Z = \frac{\sum(\alpha_i \times z_i)}{\sum \alpha_i}$$

$$Z = \frac{(0,85 \times 80) + (0,65 \times 70)}{0,85 + 0,65}$$

$$Z = \frac{68 + 45,5}{1,5}$$

$$Z = 75,67$$

Hasil perhitungan manual menunjukkan bahwa output kualitas air adalah **75,67**, yang berarti kualitas air berada pada kategori **Baik**.

II. **Data Percobaan 2**

Nilai input:
 pH = 6,98
 Turbidity = 6,10
 TDS = 330

Setelah fuzzifikasi dan pemilihan aturan, diperoleh aturan aktif sebagai berikut:

Rule	Kondisi	Output Kualitas Air	α
3	pH Asam AND Turbidity Sedang AND TDS Normal	Sedang	0,72
4	pH Normal AND Turbidity Sedang AND TDS Tinggi	Sedang	0,58

Perhitungan output Sugeno:

$$Z = \frac{(0,72 \times 60) + (0,58 \times 55)}{0,72 + 0,58}$$

$$Z = \frac{43,2 + 31,9}{1,3}$$

$$Z = 57,62$$

Hasil perhitungan manual menunjukkan bahwa output kualitas air adalah **57,62**, yang berarti kualitas air berada pada kategori **Sedang**.

- III. Data Percobaan 3
 Nilai input:
 pH = 7,05
 Turbidity = 7,20
 TDS = 340

Setelah fuzzifikasi, aturan yang aktif adalah:

Rule	Kondisi	Output Kualitas Air	α
5	pH Normal AND Turbidity Tinggi AND TDS Tinggi	Kurang	0,68
6	pH Asam AND Turbidity Tinggi AND TDS Tinggi	Kurang	0,55

Perhitungan output Sugeno:

$$Z = \frac{(0,68 \times 40) + (0,55 \times 35)}{0,68 + 0,55}$$

$$Z = \frac{27,2 + 19,25}{1,23}$$

$$Z = 37,48$$

Hasil perhitungan manual menunjukkan bahwa output kualitas air adalah **37,48**, yang berarti kualitas air berada pada kategori **Kurang**.

Hasil perhitungan manual menunjukkan bahwa output yang diperoleh konsisten dengan kondisi input yang diberikan. Hal ini membuktikan bahwa implementasi metode Fuzzy Sugeno pada sistem monitoring kualitas air sumur sudah sesuai dengan teori dan aturan yang telah dirancang.

4.3.7. Pengujian Akurasi Sensor PH

Pengujian tingkat akurasi sensor pH dilakukan untuk mengetahui sejauh mana hasil pengukuran sensor mendekati nilai sebenarnya. Pengujian ini bertujuan memastikan bahwa sensor pH yang digunakan mampu memberikan data yang akurat sehingga layak dijadikan input pada sistem klasifikasi kualitas air berbasis metode Fuzzy Sugeno. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai pH yang dibaca oleh sensor dengan nilai pH yang diperoleh dari alat ukur pH standar sebagai nilai acuan. Pengukuran dilakukan pada beberapa sampel air dengan variasi kondisi pH, meliputi kondisi asam, netral, dan basa.

Tabel 10 Kondisi Basa

Sensor pH	pH Baku	Akurasi (%)
9.15	9.28	98.60
9.04	9.28	97.41
9.18	9.28	98.92
9.00	9.42	95.54
9.18	9.42	97.45
9.15	9.40	97.34
9.00	9.41	95.64
9.00	9.41	95.64
9.00	9.41	95.64
9.18	9.40	97.66

Tabel 11 Kondisi Netral

Sensor pH	pH Baku	Akurasi (%)
6.90	6.75	97.78
6.75	6.73	99.70
6.72	6.86	97.96
6.86	6.86	100.00

6.79	6.86	98.98
6.75	6.70	99.25
6.40	6.38	99.69
6.40	6.38	99.69
6.36	6.38	99.69
6.43	6.38	99.22

Tabel 12 Kondisi Asam

Sensor pH	pH Baku	Akurasi (%)
3.46	3.43	99.13
3.54	3.43	96.79
3.54	3.43	96.79
3.50	3.37	96.14
3.50	3.37	96.14
3.50	3.45	98.55
3.50	3.45	98.55
3.54	3.45	97.39
3.57	3.50	98.00
3.61	3.50	96.86

Berdasarkan hasil perhitungan tingkat akurasi, sensor pH menunjukkan performa pengukuran yang baik pada kondisi asam, netral, maupun basa. Nilai akurasi yang diperoleh berada pada rentang di atas 95%, dengan beberapa pengukuran mencapai akurasi 100%. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan antara nilai pembacaan sensor pH dan alat ukur pH baku relatif kecil dan masih berada dalam batas toleransi pengukuran. Dengan demikian, sensor pH yang digunakan dinyatakan layak dan andal sebagai input dalam sistem monitoring dan klasifikasi kualitas air sumur berbasis metode Fuzzy Sugeno.

4.3.8. Pengujian Akurasi Sensor Turbidity

Pengujian tingkat akurasi sensor turbidity dilakukan untuk mengetahui ketepatan sensor dalam mengukur tingkat kekeruhan air. Pengujian ini diperlukan agar data turbidity yang dihasilkan dapat digunakan secara andal dalam sistem monitoring kualitas air sumur. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor turbidity dengan nilai kekeruhan air dari alat ukur standar. Pengukuran dilakukan pada beberapa kondisi kekeruhan yang berbeda dan diulang beberapa kali untuk memperoleh hasil yang lebih stabil. Selisih antara nilai sensor dan nilai acuan digunakan untuk menghitung tingkat akurasi sensor. Hasil pengujian ini digunakan untuk menilai kelayakan

sensor turbidity sebagai bagian dari sistem klasifikasi kualitas air berbasis metode Fuzzy Sugeno.

Tabel 13 Kondisi 100 NTU

Sensor (NTU)	NTU Baku	Akurasi (%)
93	100	93.00
93	100	93.00
93	100	93.00
90	100	90.00
90	100	90.00
95	100	95.00
96.5	100	96.50
96.5	100	96.50
96.8	100	96.80
96.7	100	96.70
98	100	98.00

Tabel 14 Kondisi 0 NTU

Sensor (NTU)	NTU Baku	Akurasi (%)
0	0	100.00
0	0	100.00
0	0	100.00
0	0	100.00
0	0	100.00
0	0	100.00
0	0	100.00
0	0	100.00
0	0	100.00
0	0	100.00

Tabel 15 Kondisi 53 NTU

Sensor (NTU)	NTU Baku	Akurasi (%)
53.4	53	99.25

53.4	53	99.25
53.4	53	99.25
53.4	53	99.25
55.3	53	95.66
55.3	53	95.66
69	53	69.81
68	53	71.70
50	53	94.34
51	53	96.23

Berdasarkan hasil pengujian tingkat akurasi sensor turbidity, diperoleh bahwa sensor mampu membaca nilai kekeruhan air dengan tingkat akurasi yang cukup baik. Pada kondisi kekeruhan tinggi (100 NTU), nilai akurasi berada pada rentang 90% hingga 98%. Pada kondisi air jernih (0 NTU), sensor menunjukkan akurasi 100% karena hasil pembacaan sesuai dengan nilai acuan. Sementara itu, pada kondisi kekeruhan sedang (53 NTU), sebagian besar hasil pengukuran menunjukkan akurasi di atas 95%, meskipun terdapat beberapa pengukuran dengan selisih yang cukup besar akibat fluktuasi sensor. Secara keseluruhan, sensor turbidity dinyatakan layak digunakan dalam sistem monitoring kualitas air sumur.

4.3.9. Pengujian Akurasi Sensor TDS

Pengujian tingkat akurasi sensor TDS dilakukan untuk mengetahui ketepatan sensor dalam mengukur kadar zat terlarut di dalam air. Pengujian ini penting karena nilai TDS digunakan sebagai salah satu parameter dalam penentuan kualitas air sumur pada sistem monitoring yang dirancang. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor TDS dengan nilai TDS dari alat ukur standar sebagai acuan. Pengukuran dilakukan pada beberapa kondisi kadar TDS yang berbeda dan diulang beberapa kali untuk memperoleh hasil pengukuran yang lebih stabil. Selisih antara nilai pembacaan sensor dan nilai acuan digunakan untuk menghitung tingkat akurasi sensor TDS. Hasil pengujian ini digunakan untuk menilai kelayakan sensor TDS sebagai input dalam sistem klasifikasi kualitas air berbasis metode Fuzzy Sugeno.

Tabel 16 Kondisi 1382 PPM

Sensor TDS (PPM)	TDS Baku (PPM)	Akurasi (%)
1393.0	1382	99.20
1393.4	1382	99.18

1399.1	1382	98.76
1393.4	1382	99.18
1393.4	1382	99.18
1393.4	1382	99.18
1393.4	1382	99.18
1393.4	1382	99.18
1393.4	1382	99.18
1393.4	1382	99.18

Pengujian sensor TDS dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap nilai alat ukur standar sebesar 1382 ppm. Dari beberapa kali pengukuran yang dilakukan, diperoleh nilai pembacaan sensor yang relatif stabil dengan selisih yang tidak terlalu besar terhadap nilai acuan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tingkat akurasi sensor berada pada rentang 98,76% hingga 99,20%, dengan nilai rata-rata sebesar 99,14%. Nilai akurasi tersebut menunjukkan bahwa sensor mampu bekerja dengan baik dalam mengukur konsentrasi total zat terlarut. Perbedaan kecil antara nilai sensor dan nilai alat ukur dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan pengujian maupun karakteristik sensor itu sendiri. Secara keseluruhan, hasil pengujian ini membuktikan bahwa sensor TDS memiliki tingkat ketelitian yang tinggi dan dapat digunakan secara andal untuk keperluan pengukuran TDS.

4.3.10. Pengujian Algoritma Fuzzy

Pengujian algoritma fuzzy pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data dummy yang disusun secara mandiri. Penggunaan data dummy bertujuan untuk menguji kebenaran logika dan alur perhitungan algoritma fuzzy tanpa dipengaruhi oleh faktor kesalahan pembacaan sensor atau kondisi lingkungan. Data dummy yang digunakan mewakili berbagai kondisi kualitas air, mulai dari kondisi normal hingga kondisi ekstrem, sehingga setiap aturan fuzzy yang dirancang dapat diuji secara terpisah. Melalui pengujian ini, dapat diamati apakah keluaran sistem telah sesuai dengan aturan fuzzy yang aktif pada setiap kombinasi nilai input.

Tabel 17 Uji Algoritma Fuzzy

NO	pH	TDS	Turb.	Rule	Output	Status Air	Kesesuaian
1	6.3	180	1.8	R1	65	Baik	Sesuai
2	6.5	350	4.5	R2	45	Sedang	Sesuai

3	6.2	850	9.2	R3	20	Buruk	Sesuai
4	7.0	160	1.5	R4	80	Sangat Baik	Sesuai
5	7.1	320	4.8	R5	65	Baik	Sesuai
6	7.0	900	8.7	R6	45	Sedang	Sesuai
7	8.1	190	1.9	R7	65	Baik	Sesuai
8	8.3	340	5.0	R8	45	Sedang	Sesuai
9	8.6	880	9.0	R9	20	Buruk	Sesuai

Pengujian algoritma fuzzy dilakukan menggunakan data *dummy* yang disusun berdasarkan rule base sistem. Setiap data uji dirancang untuk mengaktifkan satu rule utama sehingga proses fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi dapat diverifikasi secara logis dan matematis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa output sistem fuzzy sesuai dengan output yang diharapkan berdasarkan rule yang dirancang, sehingga dapat disimpulkan bahwa algoritma Fuzzy Sugeno telah bekerja dengan benar.

4.4. Pembahasan

Berdasarkan data hasil penelitian yang disajikan pada sub-bab 4.3, pembahasan ini bertujuan untuk menginterpretasikan hasil tersebut secara mendalam, memberikan analisis yang mendukung, serta menghubungkannya dengan teori yang relevan. Pembahasan ini juga mencakup kelebihan, kekurangan, serta potensi aplikasi hasil penelitian di berbagai konteks. Dengan demikian, bagian ini diharapkan mampu memberikan gambaran menyeluruh tentang pencapaian penelitian sekaligus peluang pengembangan ke depan.

4.4.1. Pengujian Sistem Monitoring Kualitas Air Sumur

Pengujian sistem monitoring kualitas air sumur menunjukkan bahwa sistem mampu membaca parameter pH, turbidity, dan TDS secara real-time serta mengolahnya menjadi hasil klasifikasi kualitas air menggunakan metode Fuzzy Sugeno. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat menampilkan kualitas air sesuai dengan kondisi parameter yang terdeteksi.

Pada kondisi pH, turbidity, dan TDS yang berada dalam rentang normal, sistem menampilkan hasil kualitas air **baik**, sedangkan pada kondisi parameter yang menunjukkan peningkatan turbidity dan TDS serta pH yang mulai tidak stabil, sistem memberikan klasifikasi **sedang** atau **kurang** sesuai aturan yang telah dirancang. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan monitoring dengan respons yang sesuai terhadap perubahan kualitas air.

Hasil pengujian ini juga menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan informasi yang berguna bagi pengguna untuk memantau kondisi air sumur secara cepat dan akurat. Dengan adanya sistem ini, pengguna dapat melakukan tindakan pencegahan lebih awal, seperti melakukan penyaringan atau pemeriksaan lebih lanjut ketika kualitas air menurun.

4.4.2. Pengujian Waktu Respon Sistem Fuzzy Sugeno

Pengujian waktu respon dilakukan untuk mengetahui kecepatan sistem dalam memproses data sensor hingga menghasilkan keluaran klasifikasi kualitas air pada LCD. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan respon dalam waktu yang relatif cepat, sehingga memungkinkan pemantauan kualitas air secara real-time.

Waktu respon yang cepat menjadi hal penting dalam sistem monitoring kualitas air, karena perubahan kualitas air dapat terjadi secara tiba-tiba. Dengan respons yang cepat, sistem dapat memberikan peringatan dini ketika kualitas air mulai menurun, sehingga tindakan penanganan dapat dilakukan lebih cepat.

Secara keseluruhan, pengujian waktu respon menunjukkan bahwa metode Fuzzy Sugeno sangat sesuai digunakan pada sistem berbasis mikrokontroler karena proses perhitungannya yang sederhana dan efisien. Hal ini membuat sistem lebih stabil dan mampu bekerja secara terus-menerus tanpa mengalami keterlambatan yang signifikan.

4.4.3. Pengujian Perbandingan Alat Referensi dan Tegangan Sensor

Pengujian perbandingan alat referensi dan tegangan sensor bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor pH, turbidity, dan TDS yang digunakan dalam sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai sensor memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dengan error yang masih berada dalam batas toleransi.

Sebagai contoh, pada pengujian pH, nilai sensor menghasilkan pembacaan yang sangat dekat dengan alat referensi, dengan error hanya sebesar 0,28%. Begitu juga pada parameter turbidity dan TDS yang menghasilkan error masing-masing 1,82% dan 1,52%. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor yang digunakan pada sistem monitoring memiliki tingkat ketelitian yang memadai untuk kebutuhan pemantauan kualitas air sumur.

Tingkat akurasi yang baik ini menjadi faktor penting dalam sistem monitoring, karena hasil klasifikasi kualitas air sangat bergantung pada data input dari sensor. Dengan data sensor yang akurat, sistem dapat menghasilkan output yang lebih valid dan dapat diandalkan untuk pengambilan keputusan.

4.4.4. Perhitungan Manual Fuzzy Sugeno

Perhitungan manual Fuzzy Sugeno dilakukan sebagai langkah verifikasi untuk memastikan bahwa proses fuzzy yang berjalan pada sistem sudah sesuai dengan

teori dan aturan yang telah dirancang. Hasil perhitungan manual menunjukkan bahwa output yang diperoleh konsisten dengan hasil yang ditampilkan oleh sistem pada Arduino.

Perhitungan manual juga membantu memastikan bahwa tahap fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi telah berjalan dengan benar. Pada kondisi tertentu, nilai input yang diberikan menghasilkan output kualitas air yang sesuai dengan kategori yang diharapkan. Hal ini menunjukkan bahwa implementasi metode Sugeno pada sistem monitoring telah berjalan dengan baik dan dapat menghasilkan output yang stabil serta akurat.

Secara keseluruhan, perhitungan manual menjadi validasi penting yang memperkuat keandalan sistem monitoring. Dengan adanya validasi ini, dapat disimpulkan bahwa sistem telah bekerja sesuai dengan desain yang telah ditetapkan.

4.4.5. Kelebihan dan Kekurangan Sistem

Berdasarkan hasil penelitian, sistem monitoring kualitas air sumur berbasis Fuzzy Sugeno memiliki beberapa kelebihan, antara lain:

1. Sistem mampu bekerja secara real-time dan memberikan hasil klasifikasi kualitas air secara cepat.
2. Metode Fuzzy Sugeno memiliki proses perhitungan yang lebih sederhana sehingga lebih efisien dan stabil untuk mikrokontroler.
3. Sensor yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang cukup baik, sehingga output yang dihasilkan dapat diandalkan.

Namun, sistem ini juga memiliki beberapa kekurangan, antara lain:

1. Sensor pH, turbidity, dan TDS dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti suhu dan kontaminasi, sehingga perlu kalibrasi secara berkala.
2. Sistem hanya mengukur beberapa parameter saja, sehingga kualitas air yang dihasilkan bersifat umum dan belum mencakup parameter lain seperti zat besi, nitrat, atau bakteri.

4.4.6. Potensi Pengembangan dan Aplikasi

Sistem monitoring kualitas air sumur ini memiliki potensi pengembangan yang cukup luas. Beberapa pengembangan yang dapat dilakukan antara lain:

1. Menambahkan parameter pengukuran lain seperti suhu, nitrat, dan zat besi untuk mendapatkan hasil yang lebih lengkap.
2. Menambahkan fitur notifikasi melalui SMS atau aplikasi mobile ketika kualitas air menurun.
3. Mengintegrasikan sistem dengan perangkat IoT untuk memantau kualitas air secara jarak jauh.

Dengan pengembangan tersebut, sistem ini dapat menjadi solusi yang lebih lengkap dan efektif untuk pemantauan kualitas air di berbagai wilayah, terutama daerah yang mengandalkan air sumur sebagai sumber air utama.

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem monitoring kualitas air sumur berbasis sensor pH, turbidity, dan TDS dengan menggunakan metode Fuzzy Sugeno. Sistem mampu melakukan pembacaan parameter kualitas air secara real-time, mengolah data sensor, serta menampilkan hasil klasifikasi kualitas air pada LCD secara langsung. Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem monitoring yang dikembangkan efektif dalam melakukan pemantauan kualitas air sumur, yang ditunjukkan oleh kemampuannya dalam membaca parameter pH, turbidity, dan TDS secara berkelanjutan, memproses data secara otomatis, serta mengklasifikasikan kualitas air tanpa intervensi pengguna menggunakan metode Fuzzy Sugeno.
2. Dari sisi akurasi, hasil pengujian perbandingan dengan alat referensi menunjukkan bahwa nilai pembacaan sensor pH, turbidity, dan TDS memiliki tingkat kesalahan yang relatif kecil dan masih berada dalam batas toleransi pengukuran. Hal ini membuktikan bahwa sistem mampu memberikan informasi kualitas air yang cukup akurat untuk kebutuhan monitoring air sumur.
3. Dari sisi kecepatan dan efisiensi proses, sistem menunjukkan waktu respon yang relatif singkat dalam menghasilkan output klasifikasi kualitas air. Penerapan metode Fuzzy Sugeno memungkinkan proses pengambilan keputusan dilakukan dengan cepat, sehingga sistem mendukung pemantauan kualitas air secara real-time.

Secara keseluruhan, sistem monitoring kualitas air sumur berbasis Fuzzy Sugeno efektif dari sisi fungsionalitas, akurasi, dan kecepatan proses, serta mampu menyediakan informasi kondisi kualitas air sumur secara real-time dan dapat diandalkan untuk membantu pengguna dalam mengidentifikasi kualitas air sumur secara cepat dan tepat.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan keterbatasan yang ditemukan, beberapa saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan sistem dapat dilakukan dengan menambahkan parameter kualitas air lainnya seperti suhu, nitrat, zat besi, dan tingkat bakteri untuk memperoleh informasi yang lebih lengkap dan akurat.
2. Untuk meningkatkan akurasi, perlu dilakukan kalibrasi sensor secara berkala serta penggunaan sensor dengan spesifikasi lebih tinggi.
3. Penambahan fitur notifikasi melalui SMS, aplikasi mobile, atau konektivitas Internet of Things (IoT) akan sangat membantu pengguna untuk memantau kualitas air secara jarak jauh dan mendapatkan peringatan dini ketika kualitas air menurun.
4. Pengujian sistem sebaiknya dilakukan pada berbagai kondisi lingkungan dan waktu yang berbeda, seperti musim hujan, musim kemarau, dan perubahan suhu, agar hasil penelitian lebih representatif dan sistem lebih robust.
5. Integrasi sistem dengan sumber energi terbarukan, seperti panel surya, dapat menjadi alternatif untuk meningkatkan efisiensi energi dan memastikan sistem tetap berjalan meskipun tidak ada sumber listrik utama.

Dengan pengembangan tersebut, sistem monitoring kualitas air sumur dapat menjadi solusi yang lebih komprehensif dan bermanfaat untuk masyarakat, khususnya di daerah yang mengandalkan air sumur sebagai sumber air utama.

Daftar Pustaka

- [1] Udin, H. Hamrul, dan M. F. Mansyur, "Prototype Sistem Monitoring Kekeuhan Sumber Mata Air Berbasis Internet of Things," *J. Appl. Comput. Sci. Technol.*, vol. 2, no. 2, hal. 66–72, 2021, doi: 10.52158/jacost.v2i2.219.
- [2] W. D. Septyaningrum, Anita dan Kurniawan, "Analisa Sistem Pengendalian dan Monitoring Tingkat Kekeuhan Tandon Air Berbasis Arduino Uno dan Internet Of Things," *J. Pendidik. Tek. Mesin*, vol. Vol. 10, no. No. 2 Tahun 2021, hal. 26–32, 2021.
- [3] R. G. Calibra, I. Ardiansah, dan N. Bafdal, "Pengendalian Kualitas Air untuk Tanaman Hidroponik Menggunakan Rasperry Pi dan Arduino Uno," *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 7, no. 1, 2021, doi: 10.28932/jutisi.v7i1.3421.
- [4] M. Rifky, I. Zarkasyi, M. Hannats, H. Ichsan, dan R. Regasari, "Purwarupa Sistem Monitoring Klasifikasi Mutu Air Sumur menggunakan Fuzzy Mamdani (Studi Kasus : Al-Maahira IIBS)," vol. 7, no. 8, 2023.
- [5] W. Firdaus, B. P. Kamiel, dan B. Riyanta, "GERAKAN BODY STABILISER CONTROL PADA MODEL KENDARAAN RODA EMPAT (Design and Implementation of Arduino Mega 2560 Microcontroller Programming for Control of Body Stabilizer Control Movement on Four-Wheel Vehicle Models)," */Semesta Tek.*, vol. XXX No. XX, no. XXX, 2018.
- [6] C. Y. W. Kartiria Kartiria, Erhaneli Erhaneli, "Penerapan Mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai Monitoring pada Pembacaan Arus 3 Fasa di Gardu Induk 150 kV Lubuk Alung," *J. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 1, hal. 37–45, 2021.
- [7] M. Majid, "Implementasi Arduino Mega 2560 untuk kontrol miniatur elevator barang otomatis," *eknik Elektro Fak. Tek. Univ. Negeri Semarang*, hal. 76, 2016, [Daring]. Tersedia pada: lib.unnes.ac.id/27831/1/5301411060.pdf%0A
- [8] A. Noor dan A. Supriyanto, "Aplikasi Pendeteksi Kualitas Air Menggunakan Turbidity Dan Arduino Berbasis Web Mobile," *J. CoreIT*, vol. 5, no. 1, hal. 13–18, 2019.
- [9] D. Sasmoko, H. Rasminto, dan A. Rahmadani, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kekeuhan Air Berbasis IoT pada Tandon Air Warga," *J. Inform. Upgris*, vol. 5, no. 1, 2019, doi: 10.26877/jiu.v5i1.2993.
- [10] 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.*, hal. 1–20, 2017.
- [11] M. A. A. Mamun dan M. Hasanuzzaman, "No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析 Title," *Energy Sustain. Dev. Demand, Supply, Convers. Manag.*, vol. 3, no. 2, hal. 1–14, 2020.
- [12] M. Hidayat dan N. Mardiyantoro, "Sistem Pemantauan dan Pengendalian pH Air Berbasis IoT Menggunakan Platform Arduino," *J. Penelit. dan Pengabd. Kpd. Masy. UNSIQ*, vol. 7, no. 1, hal. 65–70, 2020, doi: 10.32699/ppkm.v7i1.1039.
- [13] F. Chuzaini dan Dzulkifli, "IoT Monitoring Kualitas Air dengan Menggunakan Sensor Suhu , pH , dan Total Dissolved Solids (TDS)," *J. Inov. Fis. Indones.*, vol. 11, no. 3, hal. 46–56, 2022.
- [14] R. Zamora, H. Harmadi, dan W. Wildian, "Perancangan Alat Ukur Tds (Total Dissolved Solid) Air Dengan Sensor Konduktivitas Secara Real Time," *Sainstek J. Sains dan Teknol.*, vol. 7, no. 1, hal. 11, 2016, doi: 10.31958/js.v7i1.120.
- [15] K. Saleh, H. F. Siregar, dan Z. Sitorus, "Analisis Fuzzy Sugeno Dalam Menentukan Pemilihan Motor Honda," *J. Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 2, hal. 181–186, 2021, doi: 10.36294/jurti.v5i2.2498.
- [16] J. F. B. Logo, A. Wantoro, dan E. R. Susanto, "Model Berbasis Fuzzy Dengan Fis Tsukamoto Untuk Penentuan Besaran Gaji Karyawan Pada Perusahaan Swasta," *J. Teknoinfo*, vol. 14, no. 2, hal. 124, 2020, doi: 10.33365/jti.v14i2.456.
- [17] N. Sugianti, Y. Galuh, S. Fatia, dan K. F. H. Holle, "Deteksi Serangan Distributed Denia of Services (DDOS) Berbasis HTTP Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno," *JISKA (Jurnal Inform. Sunan Kalijaga)*, vol. 4, no. 3, hal. 18, 2020, doi: 10.14421/jiska.2020.43-03.
- [18] S. L. Sitio, "Penerapan Fuzzy Inference Sistem Sugeno untuk Penentuan Jumlah Pembelian Obat," *J. Infor Univ. Pamulang*, vol. 3, no. 2, hal. 104, 2018.
- [19] M. I. Gozali, "Sistem Pengambil Keputusan Menggunakan Fuzzy Sugeno untuk Menentukan Penyakit Obesitas Anak Usia 0 sampai 16 Tahun," *J. Teknol. dan Manaj. Inform.*, vol. 6, no. 2, hal. 90–96, 2020, doi: 10.26905/jtmi.v6i2.4782.
- [20] T. H. E. State-of-the-art, "REAL-TIME SYSTEMS : AN INTRODUCTION AND THE STATE-OF-THE-ART," 2008.

Biodata



NAMA : Muhamad Taufiqi
TTL : Karawang 02 Febuari 2002
Agama : Islam
Alamat : Marina View F2 NO 09
Email : hisyamvicky123@gmail.com
Riwayat Pendidikan : SDN 006 Batu Aji
SMPN 47 Batam
SMKN 5 Batam

Lampiran

- A. Berikut adalah gambar pengujian sensor PH Basa



- B. Berikut adalah gambar pengujian sensor PH Netral



- C. Berikut adalah gambar pengujian sensor PH Asam



D. Berikut adalah gambar pengujian sensor PH Air Teh



E. Berikut adalah gambar pengujian sensor PH Air Mineral



F. Berikut adalah gambar pengujian sensor PH Air Kopi



G. Berikut adalah gambar pengujian sensor TDS 1382ppm



H. Berikut adalah gambar pengujian sensor Turbidity 100 NTU



I. 53 NTU



J. 0 NTU



k. Uji air sumur



l. Uji air kopi




**FORMULIR LOOGBOOK BIMBINGAN DAN PENGAJUAN
SEMINAR PROPOSAL/SIDANG TUGAS AKHIR***

Nama : Muhamad Taufiqi
 NIM : 4212101002
 Pembimbing I : Daniel Sutopo Pamungkas, S.T.,M.T.,Ph.
 Judul : Monitoring Tingkat Kekeuruhan Tandon Air Berbasis Arduino Uno dan Implementasi Filter Air

No	Hari/Tgl	Rincian Kegiatan	TTD Pembimbing I & II
1	Selasa, 27 Februari 2024	Pengajuan dan Acc Judul Proposal	
2	Senin, 04 Maret 2024	Revisi Bab 1 (Latar Belakang)	
3	Rabu, 13 Maret 2024	Revisi Bab 2 (Tinjau Pustaka)	
4	Senin, 22 April 2024	Revisi Bab 2 (Jurnal)	
5	Selasa, 14 Mei 2024	Revisi Bab 3 (Flowchart Perancangan)	
6	Rabu, 29 Mei 2024	Revisi Bab 3 (Perancangan Sub Sistem)	
7	Selasa, 4 Juni 2024	Revisi Bab 3 (Pengujian)	
8	Jumat, 21 Juni 2024	Revisi Bab 3 (Diagram Blok dan Desain Mekanikal)	
9	Senin, 24 Juni 2024	Finalisasi Revisi	
10	Selasa, 25 Juni 2024	Finalisasi Acc Proposal	

Berdasarkan hasil bimbingan yang telah dilaksanakan selama 4 bulan dan telah disetujui oleh dosen pembimbing, maka dengan ini saya mengajukan diri sebagai peserta Seminar Proposal.

Batam, 25 Juni 2024
 Peserta


 Muhamad Taufiqi
 NIM:4212101002