

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING
KUALITAS AIR SUNGAI MANDAR MENGGUNAKAN
FUZZY LOGIC BERBASIS INTERNET OF THINGS**

*Design and Development of an IoT-Based Water Quality
Monitoring System for the Mandar River Using Fuzzy Logic*

Di ajukan untuk memenuhi sebagai persyaratan



SUKMAWATI

D0220327

PROGRAM STUDI INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNIK

**UNIVERSITAS SULAWESI BARAT
MAJENE**

2025

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KUALITAS AIR SUNGAI MANDAR MENGGUNAKAN FUZZY LOGIC BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Telah dipersiapkan dan disusun oleh:

Sukmawati

D0220327

Telah di tetapkan didepan penguji

Pada tanggal 25/09/2025

Susunan Tim penguji

Pembimbing 1


Indra, S.Kom., M.M
NIP. 197907312024211003

Penguji 1


Muh. Fahmi Rustam, S.Kom., M.T
NIP. 199112272019031010

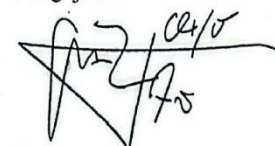
Pembimbing 2


Chairi Nur Insani, S.Kom., M. T
NIP. 199407272025062011

Penguji 2


Nurhikma Arifin, S.Kom., M.T
NIP. 199304252022032011

Penguji 3


Ir. Sugiarto Cokrowibowo, S.Si., M.T
NIP. 198605242015041004

LEMBAR PENGESAHAN

**RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* KUALITAS
AIR SUNGAI MANDAR MENGGUNAKAN *FUZZY LOGIC*
BERBASIS INTERNET OF THINGS**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:

**SUKMAWATI
D0220327**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus
pada Tanggal 25/09/2025
Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing 1

Indra, S.Kom., M.M

NIP. 197907312024211003

Pembimbing 2

Chairi Nur Insani, S.Kom., M. T

NIP. 199407272025062011

Dekan Fakultas Universitas
Sulawesi Barat



Prof. Dr. Ir. Hafsa Nirwana, M.T

NIP. 19640405199003200

Ketua Program Studi Informatika



Muhammad Rasyid, S.Kom., M.T

NIP. 1988081820220310006

PERNYATAAN ORISILITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah di ajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi. kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar Pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) di batalkan, serta di proses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No.20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat Pasal 70)

Majene , 2 Juli 2025



Sukmawati

D0220327

ABSTRACT

Sukmawati, RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KUALITAS AIR SUNGAI MANDAR MENGGUNAKAN *FUZZY LOGIC* BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (dibimbing oleh **Indra, S.Kom.,M.M**, dan **Chairi Nur Insani, S.Kom.,M.T**)

Air baku yang digunakan dalam pengolahan air bersih sebagian besar berasal dari badan air seperti sungai, yang umumnya mengandung berbagai jenis polutan. seiring meningkatnya pembangunan, tingkat pencemaran sungai juga mengalami peningkatan. Sungai Mandar, yang terletak di Provinsi Sulawesi Barat, menunjukkan penurunan kualitas air berdasarkan hasil pemantauan dari Dinas Lingkungan Hidup, terutama akibat banyaknya sampah plastik dan limbah rumah tangga yang terbawa aliran sungai. Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem *Fuzzy Logic Tsukamoto* pemantauan kualitas air Sungai Mandar secara *real-time* menggunakan sensor turbidity, TDS, dan pH. Data sensor kemudian diolah menggunakan metode logika fuzzy Tsukamoto untuk menentukan status kelayakan air bagi kebutuhan MCK (Mandi, Cuci, Kakus). Hasil pengujian menunjukkan bahwa algoritma Fuzzy Logic Tsukamoto berhasil *mengklasifikasikan* kualitas air menjadi dua kategori, yaitu "Layak" dan "Tidak Layak". Berdasarkan uji coba yang dilakukan dalam satu minggu pada empat waktu berbeda pagi, siang, dan sore hari, hasil pembacaan menunjukkan bahwa nilai pH berkisar antara 7.02 hingga 9.96, nilai TDS berada pada rentang 140 – 176 ppm, dan nilai kekeruhan berkisar 4.0 – 5.20 NTU. Ketiga parameter tersebut menunjukkan bahwa kualitas air Sungai Mandar masih dalam kondisi layak untuk digunakan, khususnya untuk keperluan MCK (Mandi, Cuci, Kakus).

Kata kunci: Sistem monitoring, kualitas air, Sungai Mandar, *Fuzzy Tsukamoto*

ABSTRACT

Sukmawati, *Design and Development of an IoT-Based Mandar River Water Quality Monitoring System Using Fuzzy Logic* (supervised by **Indra, S.Kom., M.M.** and **Chairi Nur Insani, S.Kom., M.T.**)

Raw water used for clean water processing mostly comes from water bodies such as rivers, which generally contain various types of pollutants. Along with the increase in development activities, the level of river pollution has also risen. The Mandar River, located in West Sulawesi Province, has shown a decline in water quality based on monitoring results from the Environmental Agency, primarily due to the large amount of plastic waste and household waste carried by the river flow. This study aims to develop a real-time Mandar River water quality monitoring system using the Tsukamoto Fuzzy Logic method based on the Internet of Things (IoT). The system utilizes turbidity, TDS, and pH sensors, where the collected data is processed using the Tsukamoto Fuzzy Logic algorithm to determine water suitability status for bathing, washing, and sanitation (MCK) purposes. The experimental results indicate that the Tsukamoto Fuzzy Logic algorithm successfully classified water quality into two categories: "Suitable" and "Unsuitable." Based on a one-week trial conducted at four different times (morning, noon, and afternoon), the readings showed that pH values ranged from 7.02 to 9.96, TDS values ranged from 140 to 176 ppm, and turbidity values ranged from 4.0 to 5.20 NTU. These parameters indicate that the Mandar River water is still in a suitable condition for use, particularly for bathing, washing, and sanitation (MCK) purposes.

Keywords: Monitoring system, water quality, Mandar River, Fuzzy Tsukamoto.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air adalah kebutuhan utama yang dibutuhkan untuk keperluan sehari-hari manusia. Air memiliki banyak kegunaan untuk kebutuhan *higiene* sanitasi meliputi mandi, cuci bahan makanan, cuci piring, cuci pakaian, maupun untuk air minum. Air yang tercemar mengakibatkan banyak dampak buruk, misalnya rusaknya lingkungan hidup, ketidaknyamanan lingkungan, hingga menurunkan tingkat kesehatan dan keselamatan manusia. Penentuan kualitas air masih banyak dilakukan dengan metode konvensional yaitu dengan cara mengukur dan menganalisis satu per satu data hasil pengujian. Ramadhan, M. H. (2020).

Air baku yang biasa digunakan dalam pengolahan air bersih sebagian besar berasal dari badan air atau sungai yang mengandung berbagai macam polutan. Sumber air yang paling banyak digunakan sebagai bahan baku adalah air sungai. Namun dengan meningkatnya pembangunan, tingkat pencemaran air sungai pun semakin meningkat. Banyak aliran sungai yang telah tercemar dan tidak layak digunakan untuk berbagai kebutuhan padahal sungai mempunyai fungsi yang strategis dalam menunjang pengembangan suatu daerah. Kualitas sumber air dari sungai-sungai penting di Indonesia umumnya tercemar sangat berat oleh limbah organik yang berasal dari limbah rumah tangga, industri dan pertanian. Sukmawati. (2021). Sungai Mandar Merupakan Sungai di Provinsi Sulawesi Barat yang terletak di kab. Polewali Mandar berasal dari mata air yang berada di kaki gunung di kecamatan Tutar mengalir melewati beberapa kecamatan di Kabupaten Polewali Mandar. Sungai ini merupakan salah satu sungai terpanjang di Sulawesi Barat. Hasil Pemantauan yang dilakukan oleh Dinas Badan Lingkungan Hidup Sungai Mandar mengalami penurunan kualitas, diantaranya karena banyaknya sampah plastik dan sampah rumah tangga hanyut di badan sungai. Lokasi tersebut juga digunakan warga mandi dan mencuci pakaian. Simkinerja2022. penelitian ini membahas tentang kualitas air sungai mandar berdasarkan kualitas sungai yang penelitian ini akan membahas tentang

Kualitas air sungai mandar berdasarkan kualitas sungai yang layak untuk MCK. Masalah yang timbul karena banyaknya Masyarakat membuang limbah atau sampah ke sungai yang menjadikan sungai sebagai tempat pembuangan akhir. buruknya sistem pembuangan di lingkungan masyarakat yang menyebabkan tingginya resiko adanya bakteri yang biasa hidup dalam kotoran manusia maupun hewan. masyarakat yang membuang sampah ke sungai tetapi juga menggunakan air sungai sebagai kebutuhan sehari-hari seperti mandi, cuci, kakus, memancing bahkan mencuci bahan makanan. Oleh karena itu sangat dibutuhkan alat pemeriksa kualitas air sungai mandar dengan kriteria air yang digunakan untuk memasak, mandi, cuci, kakus (MCK).

Monitoring kualitas air Sungai Mandar sangat penting dilakukan karena banyak masyarakat yang tinggal di hilir sungai mandar dan menjadikan sungai mandar sebagai sumber kehidupan. Tidak sedikit masyarakat yang kurang sadar tentang pentingnya menjaga dan memperhatikan lingkungan. Monitoring dan evaluasi terhadap kualitas air sangat diperlukan untuk mengetahui kualitas air serta dampak yang ditimbulkan dari berbagai aktivitas yang telah dilakukan (Sukmawati, S. (2021).

Salah satu cara untuk memeriksa kualitas Sungai yaitu dengan cara membuat perancangan sebuah alat sistem monitoring menggunakan *Fuzzy Logic* berbasis IOT. *Fuzzy Logic* metode Tsukamoto dapat digunakan untuk mengatasi ketidak pastian dalam data kualitas air. Metode ini cocok untuk monitoring kualitas air Sungai Mandar berbasis *Internet of Things (IoT)* karna Kualitas air sungai dipengaruhi oleh berbagai faktor yang kompleks dan seringkali tidak pasti, seperti curah hujan, aliran air, dan sebagainya. *Fuzzy Logic* Tsukamoto sangat cocok digunakan dalam penelitian Monitoring kualitas air karena metode ini sangat mempertimbangkan keadaan yang mungkin pada masing-masing daerah *Fuzzy* sehingga metode ini menghasilkan keputusan yang lebih akurat. Zarkasyi, M.R. I., (2023). Dalam penelitian ini menggunakan metode *fuzzy* Tsukamoto yang dikategorikan kedalam kata-kata verbal misalnya layak dan tidak layak, keluaranya berupa kategori yang dapat langsung di interpresentasikan. sedangkan metode sugeno menghasilkan outputt dalam bentuk

fungsi linear atau konstanta. Metode *Fuzzy Logic* telah diketahui handal dalam pengolahan data hasil pengukuran Untuk mengetahui hasil pengukuran secara optimal. Sistem ini dibuat dengan menggunakan parameter pH, kekeruhan, *Sensor Total Dissolved Solid (TDS)*.

Sistem ini dibuat dengan mengimplementasikan tiga sensor yaitu sensor pH untuk mengetahui kandungan logam berat yang ada dalam sungai semakin banyak bahan pencemar air maka kandungan logam akan berat. *Turbidity* untuk menguji tingkat kekeruhan air, dan *Sensor Total Dissolved Solid (TDS)* untuk mengetahui padatan terlarut pada air. dan NodeMCU-ESP32 sebagai alat penghubung sensor, sehingga sistem ini dapat mengirimkan data hasil monitoring melalui Aplikasi Android. Hasil dari penelitian ini yaitu terciptanya sebuah alat yang digun akan untuk melakukan monitoring kualitas air jarak jauh berbasis *internet of things*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang melatar belakangi penelitian ini, rumusan masalah yang dapat disimpulkan adalah Bagaimana hasil rancangan *prototype* pemantauan kualitas air berbasis IOT menggunakan Fuzzy Logic metode Tsukamoto ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian adalah :

1. Sistem ini menggunakan Algoritma *Fuzzy Logic Tsukamoto*.
2. Menentukan kualitas air Sungai Mandar apakah layak digunakan untuk MCK menggunakan 3 sensor yaitu sensor pH, Turbidity, dan TDS.
3. Sungai yang ditempati untuk menguji Sistem ini berada di Prov. Sulawesi Barat Kab. Polewali Mandar.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk Menghasilkan rancangan *Prototype* pemantauan kualitas air yang cerdas yang mampu melakukan penilaian kualitas air berbasis teknologi IoT dan *Fuzzy Logic metode Tsukamoto*.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Membantu pemantauan kualitas air sungai Mandar secara *realtime*
2. Memberikan peringatan dini terkait kualitas air sungai mandar untuk mencegah kerusakan lingkungan dan kesehatan bagi masyarakat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Landasan Teori

2.1.1 Sungai

Sungai merupakan salah satu sumber daya alam yang penting, tidak hanya untuk kebutuhan rumah tangga, industri, perairan sawah, pembangkit listrik, produksi pangan, dan juga tempat wisata. Polusi air sungai adalah penyimpangan sifat-sifat air sungai dari keadaan normal, air yang tidak mengandung bahan-bahan asing tertentu dalam jumlah melebihi batas yang ditetapkan masih dapat digunakan secara normal, tetapi adanya benda-benda asing yang menyebabkan air tidak dapat digunakan dengan baik pertanda air sudah tercemar. Nurhalim. (2021).

Sungai Mandar merupakan salah satu Daerah Aliran Sungai (DAS) terbesar di Kabupaten Polewali Mandar Sulawesi Barat. Sungai Mandar berasal dari salah satu gunung yang ada di Kecamatan Tutar mengalir melewati Kecamatan Alu (Desa Pao-pao, Desa Alu, Desa Mombi, Desa Saragiang, dan Kelurahan Petoosang), Kecamatan Limboro (Desa Lembang-lembang, Desa Palece, dan Desa Limboro), Kecamatan Tinambung (Desa Lekopadis, Desa Sepabatu, Desa Kandeapi, Kelurahan Tinambung) dan bermuara di teluk Mandar. Sungai Mandar memiliki anak sungai yang mengalir dari Desa Kalummang. Panjang sungai Mandar sekitar ± 150 km menjadikan sungai Mandar masuk dalam salah satu sungai terpanjang di Sulawesi Barat. Sukmawati. (2021).

Tabel 2.1, Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air.

No	Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu
1	Kekeruhan	NTU	25
2	TDS	Mg/ppm	1000
3	pH	Mg	6,5-8,5
4	Rasa		Tidak Berasa
5	Bau		Tidak Berbau

Sumber : Mu'alim, A. H. M. A. D. 2021.

2.1.2 Pengertian IOT

Internet of Things (IoT) adalah suatu objek mampu mentransmisikan data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer. (Amane, A. P. O. (2023)). Singkatan IOT dikenal dengan Internet of Things, yaitu suatu konsep dengan bertujuan untuk memperbanyak manfaat dari internet. Teknologi terhubung dengan objek mendukung perangkat IOT agar berinteraksi dengan keadaan lingkungan internal maupun eksternal (Yani, A. (2023)). Teknologi yang dapat berkolaborasi dengan berbagai perangkat keras untuk mengontrol, berkomunikasi, dan berkolaborasi melalui internet dan mengumpulkan data mentah dengan cara yang efisien dan berharga (Yani, A. (2023)).

2.1.3 Sensor *Turbidity*

Turbidity Sensor adalah sensor untuk mengukur kekeruhan air. Signal keluaran sensor ini adalah voltan analog Agung, A. S. (2021). Sensor kekeruhan ini memiliki mode keluaran yaitu sinyal analog yang bisa disesuaikan dengan nilai batas pembaca sensor karena terdapat variabel resistor/potensiometer (Lestari. (2022)). Prinsip kerja dari sensor kekeruhan air adalah memanfaatkan cahaya yang dipancarkan pada LED yang kemudian hasil pemantulan cahaya yang akan dibaca oleh sensor, sehingga semakin tinggi tingkat kekeruhan air yang akan dideteksi maka tingkat pemantulan cahaya yang diterima akan semakin sedikit dan sebaliknya. Marwondo, M. (2024).



Gambar 2 1 Sensor Turbidity

Sumber : [amazon.com](https://www.amazon.com)

2.1.4 Sensor pH

Sensor Power of Hidrogen (pH) adalah sensor yang digunakan untuk mengukur derajat keasaman pada suatu cairan. Alat ini mempunyai nilai rentang 0 – 14, dimana untuk nilai pH yang netral mempunyai nilai 6,5 hingga 7,5 ketika kurang dari 6,5 cairan dikatakan asam dan atau lebih dari 7,5 maka cairan bernilai basa. Lestari. (2022).

pH merupakan derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh larutan. pH didefinisikan

sebagai Kologaritma aktivitation hydrogen (H^+) yang terlarut. Sebuah pH Meter terdiri dari sebuah elektroda (probe pengukur) yang terhubung ke sebuah alat elektronik yang mengukur dan menampilkan nilai pH. Anshori, Y (2023).



Gambar 2. 2Sensor pH

Sumber : jualarduinojogja.com

2.1.5 Sensor TDS (*Total Dissolved Solid*)

Sensor TDS digunakan untuk menunjukkan banyaknya kuantitas padatan terlarut dalam satuan milligram yang dilarutkan pada satu liter air. Secara umum, semakin tinggi nilai TDS, semakin mudah pula padatan yang terlarut dalam air dan semakin kotor airnya. Oleh karena itu, nilai TDS dapat digunakan sebagai salah satu titik referensi untuk mengukur kebersihan air. Ramadhan, M. H., (2020).

Sensor Total Dissolved Solid (TDS) merupakan sensor pendeteksi partikel zat padat yang terlarut pada air ataupun cairan, partikel zat padat itu adalah senyawa organik dan non-organik. Semakin tinggi Nilai dari TDS maka air tersebut semakin keruh, jika nilai TDS semakin rendah maka air tersebut semakin jernih. Muatan yang terdapat pada TDS yang dikatakan berbahaya adalah pestisida dimana ia bisa muncul dari aliran suatu permukaan. Air yang ada pasti mengandung partikel yang terlarut dimana tidak dapat dilihat secara kasat mata oleh mata manusia. TDS mengukur zat terlarut yang tidak terlihat mata garam, mineral, pestisida. Turbidity (NTU) mengukur zat tersuspensi yang membuat air kelihatan keruh lumpur, pasir, plankton. (Lestari, A., & Zafia, A. (2022).



Gambar 2. 3 Sensor TDS

Sumber : tokopedia.com

2.1.6 NodeMCU-ESP32

NodeMCU ESP32 merupakan sebuah modul mikrokontrol yang memiliki fungsi yang lengkap. *Mikrokontrol* ini memiliki banyak pin *input* dan *output* yang dapat digunakan dan mempermudah untuk membuat sebuah sistem yang membutuhkan banyak pin. Selain itu, juga dilengkapi dengan WiFi dan sebuah Bluetooth, sehingga memudahkan pengembang dalam membuat alat yang memerlukan Wi-Fi atau Bluetooth (Anshori, Y., 2023).



Gambar 2. 4 NodeMCU-ESP32

Sumber : petunjuk.co.id

2.1.7. fuzz logic

Konsep *Fuzzy Logic* pertama kali diperkenalkan oleh Lofi Zadeh, seorang profesor di *Universitas California* pada tahun 1965. Namun pelopor pertama dalam penggunaan himpunan fuzzy adalah Profesor Ebrahim Mamdani dan rekan rekannya dari *Queen Mary University of London*. Kata *fuzzy* sendiri memiliki beberapa definisi yaitu, fuzzy, *fuzzy* dan ambigu. Oleh karena itu, logika *fuzzy* adalah prosedur komputasi yang menggunakan bahasa (*linguistik*) untuk menggantikan perhitungan angka atau angka. Misalnya, dimensi suhu lingkungan dapat dinyatakan dalam teori logika *fuzzy* dengan kata-kata dingin, normal, atau hangat. Bentuk kebahasaan atau kata-kata dalam logika fuzzy tentunya tidak sedetail penggunaan angka, namun penerapan teori logika *fuzzy* bertujuan untuk lebih dekat dengan intuisi manusia. Prastyo, E.(2023). Terdapat tiga metode yang ada di dalam *Fuzzy Logic* yaitu :

1. *Fuzzy Logic* metode mamdani
2. *Fuzzy Logic* metode sugeno
3. *Fuzzy Logic* metode Tsukamoto

Dalam penelitian ini menggunakan metode Tsukamoto untuk sistem monitoring kualitas air sungai berbasis IoT cocok karena Kemudahan Implementasi *Fuzzy Logic Tsukamoto* memiliki aturan yang lebih mudah di implementasikan dan dapat di pahami dengan baik. *Fuzzy locic* Tsukamoto akan digunakan dalam penelitian ini sebagai penentu terhadap monitoring tingkat kualitas air apakah layak digunakan mandi cuci kakus.

2.1.8 Fuzzy Logic Tsukamoto

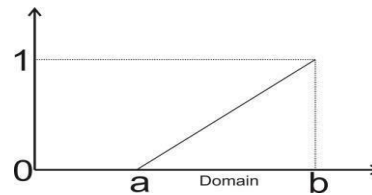
Fuzzy Tsukamoto merupakan jenis sistem inferensi yang sangat fleksibel dan lebih cocok digunakan masukan yang diterima manusia bukan mesin. Pada metode Tsukamoto, setiap konsekuensi pada aturan berbentuk if-then

memiliki fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, output hasil inferensi dari tiap aturan diberikan secara tegas (crisp) berdasarkan apredikat atau disebut juga fire strength. Setiap aturan direpresentasikan menggunakan himpunan himpunan fuzzy dengan fungsi ke anggotaan yang monoton untuk menentukan nilai output atau hasil yg tegas di cari dengan cara menguba *input* berupa himpunan *fuzzy* yg di peroleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy menjadi satu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut Rumus dari metode *Fuzzy* Tsukamoto sebagai berikut. Sahida, (2024).

- a. *Fuzzyfikasi* Pembentukan fungsi keanggotaan dan himpunan *fuzzy* untuk mendapatkan aturan. Proses *fuzzyfikasi* yaitu mengubah nilai crips menjadi fuzzy.
- b. Fungsi Implikasi Fungsi Implikasi yang digunakan adalah Min. Proses fungsi implikasi yaitu mengambil nilai *input* dari fuzyfikasi dan di terapkan pada aturan-aturan fuzzy implikasi.
- c. Komposisi Aturan lalu di komposisi aturan di tentukan Setelah memperoleh hasil dari fungsi implikasi dengan metode Max
- d. Defuzyfikasi menggunakan Pada penelitian ini metode defuzyfikasi yang digunakan adalah metode Average. Metode ini akan diperoleh dengan mengambil nilai rata-rata fuzzy.

2.1.9 Grafik Keanggotaan Kurva Linier

Pada grafik keanggotaan linear, sebuah variabel *input* dipetakan ke derajat keanggotaannya dengan digambarkan sebagai suatu garis lurus. grafik keanggotaan kurva linear naik, yaitu kenaikan himpunan Fuzzy dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.



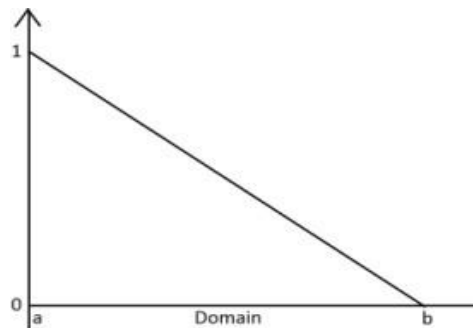
Gambar 2.5 Grafik keanggotaan kurva linear naik

Fungsi Keanggotaan naik:

$$\mu[X] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases}$$

Sumber : (MU'ALIM, A. H. M. A. D. (2021))

Kedua, grafik keanggotaan kurva linear turun, yaitu himpunan Fuzzy dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurunkan ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah .



Gambar 2.6 Grafik keanggotaan kurva linear turun

Sumber : MU'ALIM, A. H. M. A. D. (2021)

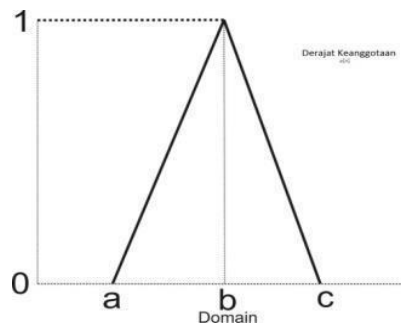
Fungsi Keanggotaan turun:

$$\mu[X] = \begin{cases} 1; & x \leq a \\ \frac{b-x}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases}$$

2.1.10 Grafik Keanggotaan Kurva Segitiga

Menurut (MU'ALIM, A. H. M. A. D. (2021) Grafik keanggotaan kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linear) seperti terlibat pada (gambar 2.6).

Gambar 2.7 Grafik keanggotaan kurva segitiga



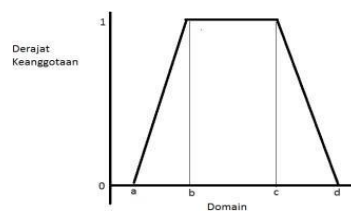
Sumber : MU'ALIM, A. H. M. A. D. (2021)

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[X] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & b \leq x \leq c \end{cases}$$

2.1.11 Grafik Keanggotaan Kurva Trapesium

Menurut MU'ALIM, A. H. M. A. D. (2021) Grafik keanggotaan kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1.



Gambar 2.8 Grafik keanggotaan kurva trapesium

Sumber : (MU'ALIM, A. H. M. A. D. 2021)

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[X] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } \geq d \\ \frac{x-a}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{(d-c)} & c \leq x \leq d \end{cases}$$

2.1 Landasan Teori

Beberapa penelitian terkait tentang penelitian yang dilakukan diantaranya yaitu terdapat pada tabel 2.2

No	Nama dan Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan Penelitian
1.	Lilin Meidarwati Laia, Beni Andika, Erika Fahmi Ginting (2021)	Monitoring Parameter Air Berbasis Iot (Internet Of Things)	<i>Fuzzy Logic</i>	Penelitian ini menjukan bahwa pada monitoring kualitas air yang meng implementasikan <i>Fuzzy Logic</i> menghasilkan bersih dan tidak bersih dari <i>input</i> tiga sensor pH, kekeruhan, dan suhu. mendapatkan bahwa nilai error dari sensor pH sebesar 2,9% dan sensor suhu sebesar 0,80% sedangkan nilai eror dari kekeruhan masih cukup b esar yaitu 21,32% .	Persamaan dari penelitian sebelumnya sama-sama menggunakan sensor pH dan Menggunakan Algoritma <i>Fuzy Logic</i> Penelitian ini membahas tentang monitoring kualitas air berbasis IOT yang menggunakan 3 sensor yaitu sensor pH-4502c mengukur pH, sensor SKUSEN0189

					mengukur kekeruhan, dan sensor DS18B20 mengukur suhu. Sedangkan penelitian yang dilakukan Monitoring kualitas air yang dilakukan di sungai mandar berbasis iot yang menggunakan tiga sensor yaitu sensor pH, Sensor Turbidty, dan sensor TDS (<i>Total Dissolved `Solid</i>).
2	Novian, M. N. N., Walid, M. W., & Makruf, M. M. (2024).	Implementasi Logika Fuzzy untuk Monitoring Tingkat Pencemaran Air Sungai berbasis Internet Of	<i>Fuzzy Logic Mamdani</i>	Hasil Penelitian ini yang memiliki <i>input</i> dua yaitu sensor pH dan TDS untuk mengukur kualitas air. pemrosesan data dari pembacaan sensor	Persamana dari penelitian ini menggunakan logika fuzzy Mamdani pada pengolahan datanya serta menggunakan sensor pH, TDS

		Things.		menggunakan Fuzzy Mamdani. Outputnya berupa nilai Tingkat pencemaran air Sungai yang akan di tampilkan pada aplikasi mobile. Alat monitoring ini berfungsi dengan baik dan dapat diggunakan sebagai alat manitoring tingkat pencemaran air sungai. Oleh karena itu <i>Fuzzy Mamdani</i> dapat dikatakan layak mejadi penentu keputusan dalam tingkat pencemaran air.	dalam menentukan kualitas air. Perbedaan Penelitian ini, penelitian sebelumnya menggunakan dua sensor yaitu pH dan TDS untuk menghasilkan keluaran tingkat pencemaran sungai sedangkan penelitian ini menggunakan tiga sensor yaitu TDS,pH, dan Turbidity yang menghasilkan kualitas air.
3.	Lestari, A., & Zafia, A. (2022).	Penerapan Sistem Monitoring Kualitas Air Berbasis Internet Of	Metode Penelitian <i>Deskriptif</i>	Penelitian ini terdiri dari Sensor Turbidity, Sensor TDS, Sensor pH, dan NodeMCU sebagai	Persamaan penelitian sebelumnya terletak pada sensor yang menggunakan

		Things		mikrokontroler, menghasilkan sistem yang dapat monitoring jarak jauh dengan berbasis internet of things mengirimkan data hasil monitoring melalui website.	sensor TDS, pH, <i>turbidity</i> serta menggunakan website menentukan baik buruknya kualitas air. Sedangkan perbedaannya terletak pada <i>mikrokontroller</i> yang digunakan penelitian sebelumnya NodeMCU sebagai pengolah data yang didapat dari sensor sedangkan penelitian ini menggunakan NodeMCU-ESP32 sebagai alat penghubung. Dan menggunakan Algoritma Fuzzy Logic.
4.	Raihan, T.	Sistem	<i>Fuzzy</i>	Sistem Pemantauan	Persamaan

	M. (2022)	Pemantauan Kualitas Air Menggunakan Esp32 Dengan Fuzzy Logic Sugeno Berbasis Android	<i>Logic Sugeno</i>	kualitas air dapat dibuat dengan menggunakan Fuzzy Logic dengan metode sugeno, mikrokontroler ESP32 dengan menggunakan empat sensor yaitu sensor pH, TDS, kekeruhan, dan suhu serta bantuan modul relay dan bantuan sumber daya eksternal. Sistem juga terhubung dengan aplikasi Blynk pada <i>SmartPHONE</i> pengguna melalui jaringan internet. metode WASPAS di Pondok Roso Pool & Resto berhasil dibuat.sistem digunakan untuk	Penelitian sebelumnya terdapat pada penggunaan sensor pH, kekeruhan TDS dan penggunaan Mikrokontroler sedangkan perbedaannya penelitian sebelumnya menggunakan relay dan menggunakan Blynk untuk melihat hasil output yang dihasilkan sistem. Sedangkan penelitian ini akan menggunakan aplikasi telegram dan hanya menggunakan tiga sensor. menggunakan
--	-----------	--	---------------------	--	--

				memprediksi pengadaan barang berdasarkan stok yang akan habis, harga beli dan jumlah yang terjual dalam 1 bulan.	metode yang sama.
5	Ramadhan, M. H., Dewantoro, G., & Setiaji, F. D. (2020)	Rancang Bangun Sistem Pakar Pemantau Kualitas Air Berbasis IoT Menggunakan Fuzzy Classifier	Fuzzy Logic mamdani	sebuah sistem pakar untuk memantau kualitas air yang bekerja secara <i>realtime</i> 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	Persamaan dalam penelitian ini terdapat pada penggunaan metode Fuzzy Logic mamdani, dan sensor yang digunakan yaitu sensor TDS, dan Sensor Turbidity. Sedangkan perbedaannya terdapat di platform yang digunakan dalam melihat output yang dihasilkan penelitian sebelumnya menggunakan platform

				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	Thingspeak sedangkan penelitian ini menggunakan website untuk melihat kualitas air.
6.	MU'ALIM, A. H. M. A. D. (2021).	Sistem Peringatan Dini Kualitas Air Sumur Berbasis Fuzzy pada Internet Of Things	<i>Fuzzy Logic mamdani</i>	Menghasilkan sistem monitoring dan peringatan dini kualitas dari air sumur yang layak digunakan untuk kebutuhan sehari – hari secara <i>real-time</i> berbasis <i>Internet Of Things</i> (IOT). Yang dapat dilihat di mobile application berhasil menampilkan data dan kualitas air	Persamaan penelitian sebelumnya terletak pada sensor yang menggunakan sensor TDS, pH, <i>turbidity</i> serta menggunakan Algoritma <i>Fuzzy Logic metode mamdani</i> untuk menentukan baik buruknya kualitas air. Sedangkan

				sumur secara <i>realtime</i> .	perbedaannya terletak pada <i>Mikrokontroller</i> yang digunakan penelitian sebelumnya NodeMCU32 sebagai pengolah data yang didapat dari sensor sedangkan penelitian ini menggunakan Arduino uno Atmega328 dan wemos D1 mini untuk mengakses wifi.
7.	Zarkasyi, M. R. I., Ichsan, M. H. H., & Putri, R. R. M. (2023)	Sistem Monitoring Klasifikasi Mutu Air Sumur menggunakan Fuzzy Logic Mamdani	Fuzzy Logic Mamdani	hasil pengujian akurasi Fuzzy Logic Mamdani dengan sistem MATLAB, yang terdiri dari 30 pengujian. Dari hasil tersebut, didapatkan nilai rata- rata akurasi	Persamaan dari penelitian ini terdapat pada parameter yang terdiri dari sensor pH, turbidity, dan TDS. Dan sama-sama menggunakan Fuzzy Logic

				sistem sebesar 0%. Dapat disimpulkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi yang sangat baik. Sensor pH mendapatkan nilai akurasi 95,68%, sensor turbidity sebesar 95,33%, sensor MQ135 sebesar 95,66% dan sensor TDS sebesar 98,75%. Pengujian kedua adalah akurasi outputt sistem dengan Matlab dan mendapatkan nilai 98,7%.	Mamdani. Perbedaan penelitian ini sensor penelitian sebelumnya menggunakan mq135, sedangkan penelitian ini hanya menggunakan tiga sensor dan menggunakan telegram untuk melihat outputt. terdapat pada
--	--	--	--	---	--

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Sistem yang dirancang menggunakan sensor pH, TDS, dan *turbidity* serta mikrokontroler ESP32 telah berhasil membaca dan mengirimkan data kualitas air secara *real-time* ke database *Firebase*, kemudian ditampilkan dalam bentuk aplikasi *Android*. Seluruh komponen bekerja secara terintegrasi dan mampu memantau parameter kualitas air secara berkelanjutan. Metode logika *fuzzy Tsukamoto* berhasil diterapkan untuk mengolah data sensor dan mengklasifikasikan status kelayakan air. *Output* sistem berupa status "Layak" atau "Tidak Layak". Metode ini mampu mengolah data yang bersifat kabur atau tidak pasti dan menghasilkan *output* akhir berupa keputusan yang akurat, apakah air tergolong layak atau tidak layak digunakan untuk MCK (Mandi, Cuci, Kakus). Berdasarkan uji coba yang dilakukan dalam satu minggu pada empat waktu berbeda pagi, siang, dan sore malam hari, hasil pembacaan menunjukkan bahwa nilai pH berkisar antara 7.02 hingga 9.96, nilai TDS berada pada rentang 140 – 176 ppm, dan nilai kekeruhan berkisar 4.0 – 5.20 NTU. Ketiga parameter tersebut menunjukkan bahwa kualitas air Sungai Mandar masih dalam kondisi layak untuk digunakan, khususnya untuk keperluan MCK (Mandi, Cuci, Kakus).

5.2 SARAN

Sistem masih berada pada tahap *prototype* dan proses pengambilan sampel air masih dilakukan secara manual, maka disarankan agar sistem dikembangkan lebih lanjut menjadi sistem otomatis yang mampu mengambil sampel air secara langsung dari sungai tanpa memerlukan perpindahan manual. Penelitian ini juga masih dilakukan dalam waktu

yang terbatas. Untuk memperoleh hasil yang lebih akurat, sebaiknya dilaksanakan dalam rentang waktu yang lebih panjang, guna mengamati kualitas air dalam berbagai kondisi waktu. Saat ini, aplikasi yang dikembangkan masih menampilkan data dasar. Ke depannya, aplikasi ini dapat ditingkatkan dengan penambahan berupa grafik, penyimpanan riwayat pengukuran, serta notifikasi otomatis apabila kualitas air terdeteksi berada pada kondisi yang tidak layak.

DAFTAR PUSTAKA

- Sukmawati, S., Dahlan, M., & Dela, R. (2021). Analisa Pencemaran Sungai Mandar Dengan Bioindikator Makroinvertebrata Melalui Metode Biotilik. *Bina Generasi: Jurnal Kesehatan*, 12(2), 48-52.
- Ramadhan, M. H., Dewantoro, G., & Setiaji, F. D. (2020). Rancang bangun sistem pakar pemantau kualitas air berbasis IoT menggunakan fuzzy classifier. *Jurnal Teknik Elektro*, 12(2), 47-56.
- Amane, A. P. O., Sos, S., Febriana, R. W., Kom, S., Kom, M., Artiyasa, I. M., ... & Hut, S. (2023). Pemanfaatan dan Penerapan Internet Of Things (Iot) Di Berbagai Bidang. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Anshori, Y., Parenrengi, A. F. A. A., Angreni, D. S., Ardiansyah, R., & Joeffie, Y. (2023). Monitoring Parameter Air Berbasis IOT (Internet Of Things). *Foristek*, 13(2).
- Marwondo, M. (2024). Pengendali Kualitas Air Kolam Budidaya Air Tawar Berbasis IoT dan Logika Fuzzy. *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika dan Informatika)*, 12(2).
- Okpatrioka, O. (2023). Research and development (R&D) penelitian yang inovatif dalam pendidikan. *Dharma Acariya Nusantara: Jurnal Pendidikan, Bahasa dan Budaya*, 1(1), 86-100.
- Lestari, A., & Zafia, A. (2022). Penerapan Sistem Monitoring Kualitas Air Berbasis Internet Of Things. *LEDGER: Journal Informatic and Information Technology*, 1(1), 17-24
- Purwanto, M. A., Ichsan, M. H. H., & Utaminingrum, F. (2022). Implementasi Fuzzy Logic pada Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Renang dan Aplikasi Android. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 6(2), 683-689.
- Novian, M. N. N., Walid, M. W., & Makruf, M. M. (2024). Implementasi Logika Fuzzy untuk Monitoring Tingkat Pencemaran Air Sungai berbasis Internet Of Things. *Jurnal SISKOM-KB (Sistem Komputer dan Kecerdasan*

Buatan), 7(3), 284-289.

- Raihan, T. M. (2022). *Sistem pemantauan kualitas air menggunakan Esp32 dengan Fuzzy Logic Sugeno Berbasis Android* (Bachelor's thesis, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta).
- Laoli Kristiani Mei, M. (2023). *Prototype Monitoring Suhu Dan Kelembaban Pada Ruangan Dengan Mikrokontroler Esp32 Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani Berbasis IOT (Internet of Things)* (Doctoral dissertation, Universitas Nasional)
- Mailoa, J., Wibowo, E. P., & Iskandar, R. (2020). Sistem kontrol dan monitoring kadar pH air pada sistem akuaponik berbasis NodeMCU ESP8266 menggunakan telegram. *Jurnal Ilmiah KOMPUTASI*, 19(4), 597-602.
- YANI, A. (2023). *Monitoring Kualitas Ph Dan Suhu Air Untuk Dikonsumsi Menggunakan Wemos D1 R1 Dan Metode Fuzzy Logic Berbasis Internet Of Things (IOT)* (Doctoral dissertation, Universitas Nasional).
- Agung, A. S. (2021). A Design And Construction Of Household Waste Water Cleaner Based On Arduino. *Exact Papers in Compilation (EPiC)*, 3(3), 391-396.
- Anantama, A., Apriyantina, A., Samsugi, S., & Rossi, F. (2021). Alat Pantau Jumlah Pemakaian Daya Listrik Pada Alat Elektronik Berbasis Arduino UNO. *Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam*, 1(1), 29-34.
- Nurhalim, N., Marpaung, N. L., Anhar, A., Rajagukguk, A., & Suwitno, S. (2021). Pembuatan Alat Pemantauan Kualitas Air Sungai di Kelurahan Tirta Siak, Kota Pekanbaru. *Jurnal Pengabdian UntukMu NegeRI*, 5(2), 166-172.
- Prastyo, E., & Siswanto, S. (2023). Penerapan *Fuzzy Logic* untuk Sistem Deteksi Banjir Menggunakan Mikrokontroler ESP32-CAM dan Notifikasi Telegram. *Jurnal TICOM: Technology of Information and Communication*, 11(2), 75- 80.
- Magriyanti, A. A. (2022). Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Tanah Sawah Dengan Parameter Suhu Dan Kelembaban Tanah Menggunakan Arduino Berbasis

- Internet Of Things (Iot). *Elkom: Jurnal Elektronika dan Komputer*, 15(2), 234-241.
- Setiawan, N. D., & Dianta, I. A. (2021). Sistem Monitoring dan Kontroling Kualitas Air Tambak Udang Vannamei Berbasis Arduino menggunakan Teknologi Internet of Things. *MEANS (Media Informasi Analisa dan Sistem)*, 5(2), 105- 108.
- Zarkasyi, M. R. I., Ichsan, M. H. H., & Putri, R. R. M. (2023). Purwarupa Sistem Monitoring Klasifikasi Mutu Air Sumur menggunakan Fuzzy Mamdani (Studi Kasus: Al-Maahira IIBS). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 7(8), 3584-3594.
- MU'ALIM, A. H. M. A. D. (2021). Sistem Peringatan Dini Kualitas Air Sumur Berbasis Fuzzy pada Internet Of Things (Doctoral dissertation, Universitas Islam Sultan Agung).
- [Simkinerja2022.polmankab.go.id/assets/laporankinerja/laporan_tahun_2022_dlhk](https://simkinerja2022.polmankab.go.id/assets/laporankinerja/laporan_tahun_2022_dlhk)
- NURHIDAYAT, M. Z. (2020). TA: Implementasi Fuzzy Mamdani Pada Sistem Pengendali Kualitas Air Untuk Penetasan Telur Ikan (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Bandung).
- Sahida, N., Efendi, M. M., & Samsumar, L. D. (2024). Sistem Pendeteksi Kuliatas Air Minum Isi Ulang Menggunakan Sensor Ph Berbasis Internet Of Things Pada Toko Super Jenih. *Jurnal Rekayasa Sistem Informasi dan Teknologi*, 2(2), 777-785.
- Daru, A. F., Hirzan, A. M., Saputra, F. B., & Christianto, P. A. (2024). Implementation of ESP8266 and Turbidity Sensor in Water Turbidity Monitoring Model Using Fuzzy Tsukamoto. *Journal of Advanced Computing Technology and Application (JACTA)*, 6(2), 1-13.
- Tansa, S., Latekeng, N. A., & Yunginger, R. (2024). Monitoring Kualitas Air Sungai (Kekeruhan, Suhu, TDS, pH) Menggunakan Mikrokontroler Atmega328.

Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering, 6(1), 70-75.