

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Landasan teori berisi teori, konsep, dan hasil penelitian terdahulu yang menjadi dasar dalam penyusunan penelitian ini. Pembahasan pada bab ini bertujuan untuk memberikan pemahaman mengenai teknologi, metode, serta komponen yang digunakan dalam perancangan sistem monitoring dan klasifikasi kualitas air kolam renang berbasis *Internet of Things* (IoT). Teori yang dibahas meliputi konsep *Internet of Things* (IoT), sensor pH, sensor *Total Dissolved Solids* (TDS), sensor *turbidity*, mikrokontroler ESP32, protokol MQTT, broker Hivemq, Node-RED Dashboard, serta metode Fuzzy Logic yang digunakan untuk mengklasifikasikan kualitas air berdasarkan parameter pH, TDS, dan *turbidity*. Selain itu, pada bab ini juga disajikan hasil penelitian terdahulu yang relevan sebagai acuan dan pembandingan dalam pengembangan sistem yang diusulkan.

2.1.1 *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep di mana berbagai perangkat fisik dapat saling terhubung melalui jaringan internet untuk mengumpulkan, mengirim, dan mengolah data secara otomatis. IoT memungkinkan integrasi antara sensor dengan sistem sehingga dapat menghasilkan sistem yang cerdas dan responsif terhadap kondisi lingkungan.

Dalam penerapannya, IoT terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu perangkat sensor, mikrokontroler sebagai pemroses data, jaringan komunikasi, serta platform penyimpanan dan visualisasi data. Pada sistem kolam renang, IoT digunakan untuk memantau kualitas air secara *real-time*.

2.1.2 *Parameter Kualitas Air Kolam Renang*

Kualitas air kolam renang merupakan faktor penting yang menentukan tingkat keamanan, kenyamanan, dan kesehatan pengguna. Air kolam yang tidak terkontrol dapat menjadi media pertumbuhan mikroorganisme serta menyebabkan gangguan kesehatan seperti iritasi kulit dan mata.

Dalam penelitian ini, parameter utama yang digunakan untuk menilai kualitas air adalah pH air, *Total Dissolved Solids* (TDS) dan kekeruhan air (*Turbidity*).

Ketiga parameter ini dipilih karena memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas air serta kemudahan dalam pengukuran menggunakan sensor berbasis IoT.

1. pH Air

pH (*potential of Hydrogen*) merupakan ukuran yang menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Pada kolam renang, nilai pH sangat berpengaruh terhadap efektivitas desinfektan seperti klorin serta kenyamanan pengguna. Nilai pH yang terlalu rendah (asam) dapat menyebabkan iritasi pada mata dan kulit, serta mempercepat korosi pada peralatan kolam. Sebaliknya, pH yang terlalu tinggi (basa) dapat menyebabkan air menjadi keruh, menimbulkan kerak, serta mengurangi efektivitas klorin dalam membunuh bakteri. Oleh karena itu, pengendalian pH harus dilakukan secara kontinu agar tetap berada dalam rentang ideal.

Tabel 2. 1 Klasifikasi Nilai pH (Hariyadi et al., 2020)

Rentang pH	Kategori	Penjelasan
0 – < 7,0	Asam	Air bersifat asam, dapat menyebabkan iritasi pada mata dan kulit, mempercepat korosi peralatan, serta mengurangi efektivitas klorin.
7,0 – < 7,2	Mendekati Netral	Air hampir netral namun masih sedikit asam, sehingga belum mencapai kondisi ideal untuk kolam renang.
7,2 – 7,6	Ideal	Air berada pada kondisi terbaik, aman dan nyaman digunakan, serta klorin bekerja secara optimal menjaga kualitas air.
> 7,6 – 14	Basa	Air bersifat basa, dapat menyebabkan iritasi, membuat air keruh, menurunkan efektivitas klorin, dan memicu terbentuknya kerak.

2. Total Dissolved Solids (TDS)

Total Dissolved Solids (TDS) berfungsi untuk mengukur konsentrasi total padatan terlarut dalam air, seperti garam, mineral, dan bahan organik, yang dapat memengaruhi kualitas, keamanan, dan karakteristik air. Sensor ini

bekerja berdasarkan prinsip pengukuran konduktivitas listrik, di mana semakin tinggi jumlah zat terlarut maka semakin besar kemampuan air menghantarkan arus listrik. Nilai konduktivitas yang diperoleh kemudian dikonversi menjadi nilai TDS (ppm) menggunakan faktor konversi tertentu. Penggunaan sensor TDS memiliki beberapa keunggulan, yaitu mudah dioperasikan, mampu melakukan pemantauan kualitas air secara *real-time* dan berkelanjutan, serta membantu mengevaluasi efektivitas proses pengolahan air dengan mendeteksi perubahan kadar zat terlarut sehingga potensi penurunan kualitas air dapat diketahui lebih cepat.

3. *Turbidity*

Sensor *turbidity* adalah sensor yang digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan air. Kekeruhan terjadi karena adanya partikel-partikel yang terdapat dalam air, seperti lumpur, debu, ganggang, atau zat padat lainnya yang menghamburkan cahaya.

Prinsip kerja sensor *turbidity* umumnya menggunakan pemancar cahaya (LED inframerah) dan penerima cahaya (fotodioda). Ketika cahaya melewati air. Dalam sistem monitoring kualitas air kolam renang berbasis IoT, sensor *turbidity* digunakan untuk mengetahui tingkat kejernihan air secara *real-time*. Semakin tinggi nilai kekeruhan, semakin banyak partikel yang terkandung dalam air sehingga kualitas air kolam dapat menurun. Berikut merupakan tabel dari parameter sensor *Turbidity*.

Tabel 2. 2 Klasifikasi Nilai Kekeruhan Pada Air (Putrawan et al., 2019)

Nilai <i>Turbidity</i> (NTU)	Kategori	Keterangan
0 – 0,5 NTU	Sangat baik (jernih)	Kondisi ideal. Air sangat jernih dan proses desinfeksi bekerja secara optimal.
> 0,5 – 1,0 NTU	Masih dapat diterima	Air masih memenuhi standar operasional, tetapi perlu dipantau karena mulai terjadi peningkatan partikel.
> 1,0 NTU	Tidak memenuhi standar	Air mulai keruh sehingga efektivitas desinfeksi dapat menurun dan perlu

Nilai Turbidity (NTU)	Kategori	Keterangan
		dilakukan pemeriksaan sistem filtrasi serta pengolahan air.

2.1.3 Sensor PH

Sensor pH air adalah perangkat elektrokimia yang berfungsi untuk mengukur derajat keasaman atau kebasaan suatu larutan berbasis air. Sensor pH air umumnya terdiri atas elektroda kaca sensitif ion hidrogen dan elektroda referensi yang bersama-sama menghasilkan potensial listrik proporsional terhadap aktivitas ion H^+ dalam larutan. Tegangan potensial yang terbentuk kemudian dikonversi menjadi nilai pH sesuai persamaan.



Gambar 2. 1 Sensor PH

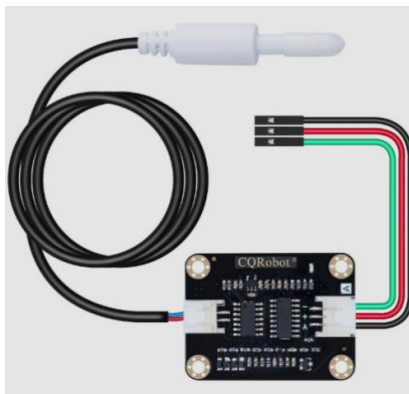
Prinsip kerja sensor pH didasarkan pada perbedaan potensial listrik antara membran kaca sensitif dan larutan referensi. Ion hidrogen dalam larutan akan berinteraksi dengan permukaan membran kaca, menghasilkan perubahan potensial. Elektroda referensi (biasanya Ag/AgCl) digunakan sebagai acuan agar perbedaan potensial dapat diukur secara stabil. Berdasarkan persamaan Nernst, hubungan antara potensial elektroda (E) dan pH larutan. Adapun identitas dari sensor pH yaitu pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Spesifikasi Sensor pH

Parameter	Spesifikasi
Model Sensor	PH-4502C pH Meter Sensor
Tegangan Kerja	5 V DC
Jenis Output	Analog dan Digital
Rentang Pengukuran	pH 0 – 14
Akurasi Pengukuran	$\pm 0,1$ pH
Konektor Probe	<i>BNC (Bayonet Neill–Concelman)</i>
Pin VCC	Catu daya +5 V untuk modul sensor
Pin GND	<i>Ground</i> (negatif) yang dihubungkan ke GND mikrokontroler
Pin AO (<i>Analog Output</i>)	Menghasilkan tegangan analog yang dibaca oleh pin ADC pada ESP32 untuk memperoleh nilai pH
Pin DO (<i>Digital Output</i>)	Menghasilkan sinyal HIGH atau LOW berdasarkan nilai ambang (threshold) pH yang diatur menggunakan trimpot pada modul
Aplikasi	Monitoring kualitas air, akuarium, hidroponik, kolam renang, dan pengolahan air

2.1.4 Sensor TDS (*Total Dissolved Solids*)

Pada gambar 2.6 merupakan gambar dari sensor TDS. Sensor TDS digunakan untuk mengukur jumlah zat terlarut dalam air, seperti mineral, garam, dan bahan organik. Sensor ini bekerja dengan mengukur konduktivitas listrik air, di mana semakin tinggi kadar zat terlarut, maka semakin besar nilai konduktivitasnya.



Gambar 2. 2 Sensor TDS (*Total Dissolved Solid*)

Nilai TDS dinyatakan dalam satuan ppm (*parts per million*). Dalam sistem ini, sensor TDS memberikan informasi mengenai tingkat kejernihan dan kualitas air kolam renang yang kemudian diproses oleh ESP32. Adapun identitas sensor TDS yaitu pada table 2.4

Tabel 2. 4 Spesifikasi Sensor TDS

Sensor TDS	Spesifikasi
Nama Sensor	TDS Sensor
Tegangan Operasi	3,3 V – 5,5 V DC
Arus Operasi	3–6 mA
Output	Analog (0–2,3 V)
Rentang Pengukuran TDS	0 – 1000 ppm
Akurasi	±10% F.S (25°C)
Suhu Operasi	0°C – 40°C
Waktu Respon	≤ 2 detik
Panjang Kabel Probe	±60 cm
Dimensi Modul	42 mm × 32 mm
Berat	±25 gram
<i>Waterproof Probe</i>	Ya (probe tahan air)

2.1.5 Sensor Turbidity

Sensor *turbidity* merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan suatu cairan berdasarkan jumlah partikel tersuspensi yang terdapat di dalamnya. Kekeruhan air disebabkan oleh adanya partikel-partikel seperti lumpur, pasir halus, alga, mikroorganisme, maupun zat organik lainnya yang menghambat penetrasi cahaya ke dalam air. Gambar 2.3 Merupakan Bentuk Sensor *turbidity*.



Gambar 2. 3 Sensor *Turbidity*

Pada kolam renang, tingkat kekeruhan menjadi salah satu parameter penting dalam menentukan kualitas air. Air yang keruh dapat mengurangi kenyamanan pengguna serta mengindikasikan adanya kontaminasi atau ketidakefektifan sistem filtrasi. Oleh karena itu, pengukuran kekeruhan diperlukan untuk memantau kondisi air kolam renang secara berkala.

Sensor *turbidity* bekerja dengan memanfaatkan prinsip hamburan cahaya. Sensor terdiri dari sumber cahaya inframerah (*Infrared LED*) dan fotodetektor. Ketika cahaya dipancarkan ke dalam air, partikel tersuspensi akan menghamburkan cahaya tersebut. Intensitas cahaya yang diterima oleh fotodetektor akan berubah sesuai dengan tingkat kekeruhan air. Semakin tinggi tingkat kekeruhan, semakin besar hamburan cahaya yang terjadi sehingga nilai keluaran sensor akan berubah. Berikut merupakan identitas dari sensor TDS yaitu pada tabel 2.5

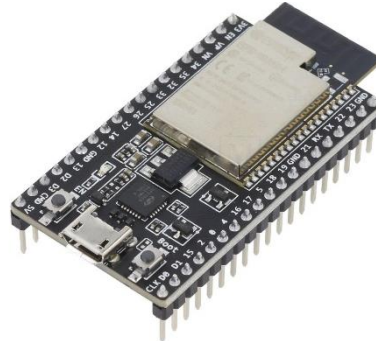
Tabel 2. 5 Spesifikasi Sensor *Turbidity*

Parameter	Spesifikasi
Model	AZDM01
Tegangan Catu Daya	5,0 V DC (4,8–5,5 V)
Arus Minimum	20 mA
Arus Kerja	25 mA
Arus Maksimum	50 mA
Daya	125 mW
Periode Sampling	≥ 100 ms/sampel
Metode Output	Sinyal analog
Waktu Pemanasan	≥ 100 ms
Suhu Operasi	4–85 °C
Kelembapan Operasi	0–95% RH
Umur Referensi	10 tahun (pada suhu 25 °C)

2.1.6 Mikrokontroler ESP32

Modul ESP32 merupakan mikrokontroler berbasis *System on Chip* (SoC) yang dikembangkan oleh *Espressif Systems* dan telah terintegrasi dengan fitur komunikasi *WiFi* serta *Bluetooth* dalam satu perangkat. ESP32 menggunakan arsitektur 32-bit Tensilica Xtensa LX6 dual-core dengan kecepatan clock hingga 240 MHz, sehingga mampu melakukan pemrosesan data dan komunikasi jaringan secara bersamaan dengan kinerja yang tinggi. Modul ini beroperasi pada tegangan 3,3 V serta dilengkapi dengan berbagai antarmuka komunikasi seperti UART, SPI, dan I2C yang memudahkan integrasi dengan sensor. Selain itu, ESP32 memiliki *memory* yang umumnya sebesar 4 MB untuk penyimpanan program dan data. Dalam implementasi sistem *Internet of Things* (IoT), ESP32 berperan sebagai pusat kendali yang melakukan akuisisi data dari sensor, pengolahan data, serta pengiriman informasi secara *real-time* melalui jaringan internet ke platform

monitoring seperti aplikasi Node-RED, sehingga sangat cocok digunakan pada sistem monitoring dan kontrol berbasis jaringan. Berikut merupakan gambar ESP32.



Gambar 2. 4 ESP32

Adapun identitas dari Mikrokontroler ESP32 yaitu pada tabel 2.6

Tabel 2. 6 Spesifikasi Mikrokontroler ESP32

Parameter	Spesifikasi
Mikrokontroler	ESP32-WROOM-32
Prosesor	Dual-Core Tensilica Xtensa LX6 hingga 240 MHz
Flash Memory	4 MB
SRAM	520 KB
Tegangan Operasi	3,3 V
Tegangan Input	5 V melalui <i>USB Type-C</i> atau 5–12 V melalui pin VIN
Port USB	<i>USB Type-C</i>
USB-to-Serial	CP2102 atau CH340C (tergantung versi <i>board</i>)
Jumlah Pin	30 Pin
GPIO yang Dapat Digunakan	±25 GPIO
Wi-Fi	IEEE 802.11 b/g/n (2,4 GHz)
Bluetooth	<i>Bluetooth Classic v4.2 dan Bluetooth Low Energy (BLE)</i>
ADC	18 kanal ADC 12-bit
DAC	2 kanal DAC 8-bit

PWM	Hingga 16 kanal
<i>Interface</i> Komunikasi	UART, SPI, I2C, I2S, CAN (TWAI), SDIO
<i>Touch Sensor</i>	10 pin <i>Capacitive Touch</i>
Frekuensi	Hingga 240 MHz
Arus Operasi	Sekitar 80–300 mA (tergantung penggunaan Wi-Fi)
Dimensi <i>Board</i>	Sekitar 54 × 28 mm
Kompatibilitas IDE	Arduino IDE, ESP-IDF, PlatformIO, MicroPython

2.1.7 Node-Red

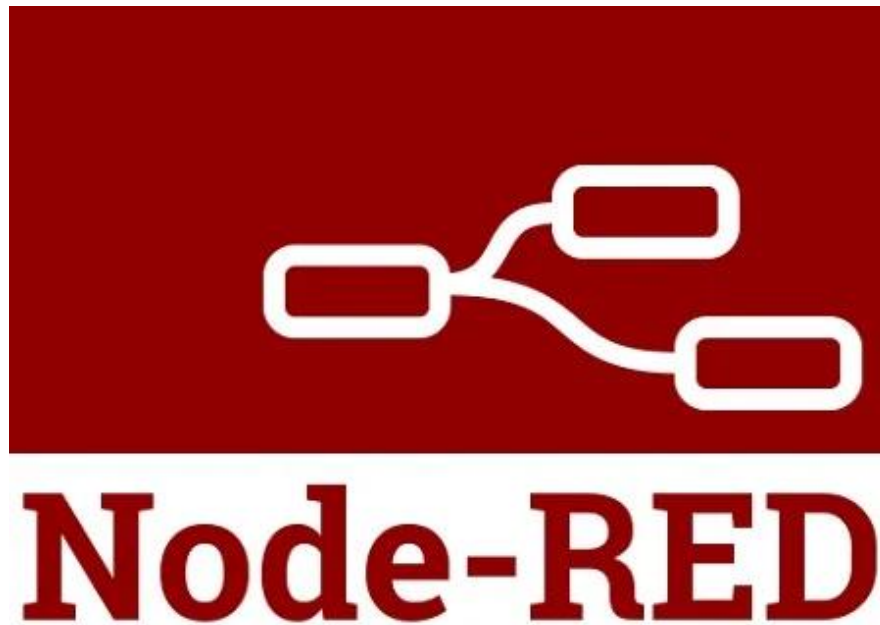
Node-Red merupakan platform pemrograman berbasis aliran (*flow-based programming*) yang dikembangkan oleh IBM untuk mempermudah proses integrasi perangkat keras, aplikasi, layanan web, dan *Application Programming Interface* (API). Platform ini dibangun di atas lingkungan *runtime Node.js* dan menyediakan antarmuka grafis berbasis web yang memungkinkan pengguna merancang alur kerja (*workflow*) secara visual.

Pada Node-Red, setiap proses direpresentasikan dalam bentuk node yang memiliki fungsi tertentu, seperti menerima data (*input*), mengolah data (*processing*), dan mengirimkan data (*output*). *Node-node* tersebut dihubungkan dalam suatu alur sehingga membentuk proses otomatisasi yang terstruktur. Pendekatan ini memungkinkan pengembangan sistem dilakukan dengan lebih cepat dan mudah dibandingkan dengan pemrograman konvensional yang mengharuskan penulisan kode secara menyeluruh.

Node-Red banyak digunakan dalam pengembangan sistem *Internet of Things* (IoT) karena mampu menghubungkan berbagai protokol komunikasi, seperti *MQTT*, *HTTP*, *TCP/IP*, dan *WebSocket*. Selain itu, Node-Red juga mendukung integrasi dengan basis data, layanan *cloud*, serta berbagai platform *monitoring* dan notifikasi. Kemampuan tersebut menjadikan Node-Red sebagai salah satu platform yang efektif untuk membangun sistem akuisisi data, pemantauan kondisi secara *real-time*, serta otomatisasi proses pada berbagai bidang, termasuk industri, pertanian, energi, dan rumah pintar.

Keunggulan utama Node-Red terletak pada kemudahan penggunaan,

fleksibilitas integrasi, serta dukungan komunitas yang luas. Dengan tersedianya ribuan node tambahan yang dapat *diinstall* sesuai kebutuhan, Node-Red mampu mempercepat proses pengembangan sistem dan mempermudah implementasi solusi berbasis IoT maupun sistem otomasi lainnya.



Gambar 2. 5 Tampilan Node-RED

2.1.8 Protokol MQTT

MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) adalah protokol komunikasi ringan yang dirancang untuk koneksi yang tidak stabil dan *bandwidth* terbatas. Protokol ini menggunakan arsitektur *publish-subscribe*, yang memungkinkan perangkat untuk berkomunikasi dengan cara yang efisien. Beberapa karakteristik utama dari MQTT adalah:

- 1) Ringan: MQTT memiliki *overhead* yang rendah, sehingga cocok untuk perangkat dengan sumber daya terbatas.
- 2) *Publish-Subscribe*: Model komunikasi ini memisahkan pengirim (*publisher*) dan penerima (*subscriber*), sehingga memungkinkan fleksibilitas dalam pengelolaan pesan.
- 3) *Quality of Service* (QoS): MQTT menyediakan tiga level QoS yang memungkinkan pengiriman pesan yang dapat diandalkan, yaitu:
 - 1) QoS 0: Pesan dikirim tanpa konfirmasi.

- 2) QoS 1: Pesan dikirim setidaknya sekali dengan konfirmasi.
- 3) QoS 2: Pesan dikirim tepat sekali dengan proses *handshake*.

Arsitektur sistem MQTT terdiri dari tiga komponen utama, yaitu:

- 1) *Publisher*: Perangkat atau aplikasi yang mengirimkan pesan ke *broker*.
- 2) *Broker*: Server yang menerima, menyimpan, dan mendistribusikan pesan kepada *subscriber*.

Subscriber: Perangkat atau aplikasi yang menerima pesan dari broker berdasarkan topik yang di-subscribe.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian oleh (Rosaria, 2026) melakukan penelitian berjudul "Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Air Berbasis *Internet of Things* (IoT) Menggunakan Sensor pH dan Sensor *Total Dissolved Solids* (TDS)". Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring kualitas air berbasis ESP32 dengan memanfaatkan sensor TDS dan sensor *turbidity* yang terintegrasi dengan teknologi IoT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pemantauan kualitas air secara *real-time* serta mendukung kontrol filtrasi otomatis sehingga proses monitoring menjadi lebih efektif. Penelitian ini menjadi referensi dalam implementasi sensor kualitas air dan teknologi IoT pada penelitian yang akan dilakukan.

Dalam permasalahan lain (Bagas D et al., 2025) melakukan penelitian berjudul "Sistem Monitoring Kualitas Air Sumur Berbasis IoT Dengan Fuzzy Logic dan Interface Berbasis Web". Penelitian tersebut menggunakan sensor pH, TDS, dan suhu yang diproses menggunakan metode Fuzzy Logic Sugeno. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor pH memiliki akurasi sebesar 94%, sensor TDS sebesar 91%, dan sensor suhu sebesar 95%. Sistem fuzzy yang diterapkan mampu mengklasifikasikan kualitas air dengan tingkat akurasi sebesar 92% serta menampilkan hasil monitoring secara *real-time* melalui web dan notifikasi Telegram. Penelitian ini menjadi acuan utama dalam penerapan metode fuzzy untuk klasifikasi kualitas air berbasis IoT.

(Arifin et al., 2025) Melakukan penelitian berjudul "Sistem Monitoring pH

Air, *Total Dissolved Solids* (TDS) dan Kekeruhan Air pada Tandon Berbasis *Internet of Things* (IoT)". Penelitian ini menggunakan sensor pH, TDS, dan kekeruhan yang terhubung dengan mikrokontroler untuk melakukan pemantauan kualitas air secara *real-time*. Data hasil pengukuran dikirimkan ke platform IoT sehingga pengguna dapat memantau kondisi kualitas air dari jarak jauh. Penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi ketiga parameter tersebut mampu memberikan gambaran kondisi kualitas air secara lebih komprehensif.

(Fitrianingsih F & Ade S, 2026) Melakukan penelitian berjudul "Sistem Monitoring Kontrol Penggunaan Air dan Uji Kualitas Air Menggunakan Metode Fuzzy Logic pada Perumahan Graha Walantaka Kota Serang". Penelitian ini menggunakan ESP32, sensor pH, sensor TDS, dan sensor *turbidity* yang dipadukan dengan metode Fuzzy Logic untuk menentukan kualitas air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode fuzzy mampu membantu proses pengambilan keputusan kualitas air berdasarkan beberapa parameter secara bersamaan sehingga menghasilkan informasi yang lebih mudah dipahami oleh pengguna. Penelitian ini menjadi referensi dalam penyusunan *rule base* fuzzy pada penelitian yang akan dilakukan.

(Insani & Arifin, 2025) Melakukan penelitian berjudul "IoT-Enabled *Real-time* Monitoring and Tsukamoto Fuzzy Classification of Mandar River Water Quality via Web Integration for Sustainable Resource Management". Penelitian tersebut menggunakan sensor pH, TDS, dan *turbidity* yang terhubung dengan ESP32 untuk memantau kualitas air sungai secara *real-time*. Data sensor diproses menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto untuk mengklasifikasikan kualitas air ke dalam kategori layak dan tidak layak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode fuzzy mampu menangani ketidakpastian data sensor dengan lebih baik dibandingkan metode berbasis ambang batas (threshold) konvensional. Penelitian ini menjadi referensi penting dalam penerapan metode fuzzy pada klasifikasi kualitas air berbasis IoT.

Tabel 2. 7 Penelitian Terdahulu

No	Penulis dan Tahun	Judul Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
1	Rosaria (2026)	<i>Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Air Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Sensor pH dan Sensor Total Dissolved Solids (TDS)</i>	Metode eksperimental dengan ESP32, sensor TDS, sensor turbidity, dan teknologi IoT.	Penelitian berhasil merancang sistem monitoring kualitas air dan kontrol filtrasi otomatis berbasis IoT yang memungkinkan pemantauan kualitas air secara <i>real-time</i> melalui internet. Sistem ini mengurangi ketergantungan pada pengukuran manual serta meningkatkan kecepatan deteksi perubahan kualitas air.
2	Bagas Dwi Prasetyo, Edy Widodo, dan Dodit Ardiatma (2025)	<i>Sistem Monitoring Kualitas Air Sumur Berbasis IoT Dengan Fuzzy Logic dan Interface Berbasis Web</i>	Sensor pH, TDS, dan suhu; ESP8266; Fuzzy Logic Sugeno; web monitoring dan notifikasi Telegram.	Hasil pengujian menunjukkan akurasi sensor pH 94%, TDS 91%, dan suhu 95% setelah kalibrasi. Sebanyak 58% sampel air memenuhi standar kualitas air bersih, sedangkan 42% memiliki nilai TDS

No	Penulis dan Tahun	Judul Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
				di atas batas aman. Penerapan Fuzzy Logic Sugeno menghasilkan akurasi klasifikasi 92% serta mendukung monitoring <i>real-time</i> melalui web dan notifikasi Telegram.
3	Samsul Arifin, Reni Agustiani, Yunida Iashania, Gabriela Elsandika, Ibnu Sina, dan Khairi (2025)	<i>Sistem Monitoring pH Air, Total Dissolved Solids (TDS) dan Kekeruhan Air pada Tandon Berbasis Internet of Things (IoT)</i>	Sensor pH, TDS, turbidity, ESP32 dan platform IoT ThingSpeak.	Penelitian berhasil mengembangkan sistem monitoring kualitas air yang mampu mengukur parameter pH, TDS, dan kekeruhan secara <i>real-time</i> . Data ditampilkan melalui platform IoT untuk memudahkan pemantauan jarak jauh, sehingga sistem mampu meningkatkan efisiensi dan kemudahan monitoring kualitas air.

No	Penulis dan Tahun	Judul Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
4	Fitrianingsih Fiqri dan Ade Sumaedi (2026)	<i>Sistem Monitoring Kontrol Penggunaan Air dan Uji Kualitas Air Menggunakan Metode Fuzzy Logic pada Perumahan Graha Walantaka Kota Serang</i>	ESP32, sensor pH, TDS, turbidity dan metode Fuzzy Logic.	Penelitian menunjukkan bahwa Fuzzy Logic mampu mengolah parameter pH, TDS, dan kekeruhan secara simultan sehingga menghasilkan klasifikasi kualitas air yang lebih mudah dipahami dan mendukung pengambilan keputusan secara otomatis.
5	Chairi Nur Insani dan Nurhikma Arifin (2025)	<i>IoT-Enabled Real-time Monitoring and Tsukamoto Fuzzy Classification of Mandar River Water Quality via Web Integration for Sustainable Resource Management</i>	Sensor pH, TDS, turbidity, ESP32, web monitoring dan Fuzzy Tsukamoto.	Penelitian berhasil mengintegrasikan teknologi IoT dengan metode Fuzzy Tsukamoto untuk melakukan klasifikasi kualitas air secara <i>real-time</i> . Sistem mampu mengolah data sensor menjadi kategori kualitas air yang lebih informatif dan dapat dipantau melalui web. Hasil

No	Penulis dan Tahun	Judul Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
				penelitian menunjukkan bahwa metode fuzzy efektif dalam menangani ketidakpastian data sensor serta memberikan hasil klasifikasi yang lebih adaptif dibandingkan metode berbasis ambang batas tetap.