

# Rancang Bangun Prototype Sistem Monitoring Ketinggian Air Sungai Berbasis Mikrokontroler ESP32 dan Telegram Sebagai Upaya Deteksi Banjir Secara Dini

Prasomya Mahardhika<sup>\*1</sup>, Zamah Sari<sup>2</sup>, Denar Regata Akbi<sup>3</sup>

Universitas Muhammadiyah Malang

prasmahardhika@webmail.umm.ac.id<sup>\*1</sup>, zamahsari@umm.ac.id<sup>1</sup>, dnarregata@umm.ac.id<sup>1</sup>

## Abstrak

Banjir adalah salah satu bencana alam yang kerap terjadi karena intensitas hujan yang tinggi serta buruknya sistem drainase. Dalam penelitian ini, dikembangkan sebuah sistem pemantauan tinggi permukaan air berbasis Internet of Things (IoT) yang memanfaatkan ESP32 dan sensor ultrasonik HC-SR04, serta terhubung dengan Telegram dan situs web untuk pemantauan secara waktu nyata. Metode Fuzzy Sugeno diterapkan untuk mengklasifikasikan status air menjadi Aman, Siaga, dan Bahaya. Data ketinggian air dikirim ke server melalui API dan ditampilkan pada website serta dikirimkan sebagai notifikasi ke Telegram. Pengujian menunjukkan akurasi sensor mencapai 99%, dengan notifikasi yang cepat dan akurat saat kondisi kritis. Hasil penelitian membuktikan bahwa sistem ini efektif untuk peringatan dini banjir. Pengembangan lebih lanjut dapat mencakup prediksi berbasis kecerdasan buatan (AI) untuk meningkatkan akurasi deteksi dini.

**Kata Kunci:** Fuzzy Sugeno, ESP32, Monitoring Ketinggian Air, Telegram Bot, Peringatan Dini Banjir

## Abstract

Flooding is a common disaster caused by high rainfall and inadequate drainage systems. This study developed a water level monitoring system based on the Internet of Things (IoT) using the ESP32 microcontroller and HC-SR04 ultrasonic sensor, integrated with Telegram and a website for real-time monitoring. The Fuzzy Sugeno method is applied to classify water levels into three categories: Safe, Alert, and Danger. Water level data is transmitted to a server via an API and displayed on a website, as well as sent as notifications through Telegram. Testing showed that the sensor achieved 99% accuracy, with fast and reliable notifications during critical conditions. The results demonstrate that the system is effective for early flood warning. Future development may include AI-based prediction to improve early detection accuracy.

**Keywords:** Fuzzy Sugeno, ESP32, Water Level Monitoring, Telegram Bot, Flood Early Warning

## 1. Pendahuluan

Air adalah salah satu sumber daya alam yang harus dijaga oleh manusia dan makhluk hidup lainnya[1]. Sungai merupakan sumber daya alam yang bermanfaat bagi kehidupan manusia. Sungai juga seringkali menjadi sumber air bersih dan tempat mata pencaharian bagi masyarakat sekitarnya[2]. Curah hujan yang tinggi dan ekstrem mengakibatkan air sungai meluap sehingga dapat terjadinya banjir. Banjir merupakan suatu hal yang sering terjadi di perkotaan maupun daerah rawan banjir lainnya[3]. Banjir di perkotaan dapat diakibatkan dari kurangnya resapan air dan pembuangan sampah oleh masyarakat ke sungai maupun ke parit yang menyebabkan tersumbatnya aliran air sehingga meluapnya air sungai maupun parit ke pemukiman warga[4]. Pada umumnya, terdapat dua jenis banjir yaitu banjir terjadi di tempat yang biasanya tidak terjadi atau banjir terjadi karena limpahan air sungai karena debit banjir lebih besar daripada kapasitas pengaliran sungai[5]. Faktor alam juga termasuk curah hujan yang tinggi, topografi yang datar, dan kondisi hidrologi yang mempengaruhi aliran sungai sehingga mengakibatkan banjir terjadi[6].

Perkotaan yang sering terjadi banjir terutama perkotaan yang memiliki sungai biasanya memiliki pengawasan terhadap sungai untuk melihat tinggi air sungai sebagai bentuk kewaspadaan terhadap banjir. Akan tetapi, untuk memastikan ketinggian air di sungai, masyarakat biasanya mengeceknya secara langsung untuk memastikan bahwa air tidak meluap

ke wilayah perumahan mereka. Ini menjadi kendala bagi masyarakat sehingga mereka mengalami kesulitan saat harus melakukan pengecekan secara berkala. Selain itu, masyarakat yang tinggal di sekitar sungai tidak mempersiapkan diri untuk mengungsi jika terjadi bencana banjir [7]. Saat ini, banyak masyarakat dan petugas pemantau sungai masih melakukan pengecekan secara manual dengan melihat langsung ke sungai. Metode ini memiliki banyak keterbatasan, terutama dalam hal efisiensi dan kesiapan masyarakat dalam menghadapi banjir.

Maka dari itu, dibutuhkan sebuah sistem otomatis yang mampu memantau ketinggian air sungai secara langsung dan memberikan notifikasi peringatan dini kepada masyarakat. Sistem peringatan banjir dini merupakan salah satu bentuk inovasi teknologi yang berguna ketika terjadi bencana banjir. Selain itu, warga juga memerlukan informasi terkait kenaikan permukaan air guna membantu mereka tetap waspada setiap waktu. Tujuan utama dari sistem ini adalah memberikan pemberitahuan lebih awal agar masyarakat bisa mengetahui potensi terjadinya banjir sejak dini [8].

Revolusi Industri 4.0 telah muncul sebagai hasil dari kemajuan teknologi saat ini. Dalam berbagai industri, teknologi canggih mulai menggantikan teknologi tradisional. Salah satu teknologi yang paling cepat berkembang adalah Internet of Things (IoT). Menurut Institut Elektro dan Elektronik (IEEE)[9]. Konsep "Internet of Things" (IoT) merujuk pada kondisi di mana suatu perangkat mampu mengirimkan data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi langsung antara manusia dengan manusia, ataupun manusia dengan komputer. Teknologi IoT bisa dimanfaatkan untuk mengontrol perangkat pendeteksi secara otomatis. Secara umum, IoT diartikan sebagai upaya menghubungkan dunia fisik dengan dunia digital melalui koneksi nirkabel atau kendali jarak jauh secara otomatis [10].

Seiring dengan perkembangan teknologi, sistem pemantauan otomatis berbasis Internet of Things (IoT) menjadi solusi yang potensial. IoT memungkinkan perangkat untuk saling terhubung dan mengirim data secara otomatis melalui jaringan internet. Dibandingkan dengan metode lain seperti SMS Gateway atau LoRa, IoT memiliki beberapa keunggulan utama. SMS Gateway memerlukan biaya per pengiriman pesan dan memiliki keterbatasan dalam jumlah notifikasi yang dapat dikirim dalam satu waktu. Sementara itu, teknologi LoRa memiliki jangkauan luas tetapi memerlukan infrastruktur tambahan seperti gateway untuk operasional yang optimal. IoT berbasis WiFi atau jaringan seluler lebih fleksibel, dapat diterapkan tanpa infrastruktur tambahan, serta memungkinkan pemantauan real-time dengan biaya operasional yang lebih rendah.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem pemantauan ketinggian air berbasis IoT. Misalnya, penelitian berjudul "Perancangan Sistem Control Tandon Air Menggunakan Sensor HC-SR04 Berbasis Internet of Things"[11] membahas penggunaan sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian air dalam tandon dan menampilkan data melalui aplikasi Blynk. Pada penelitian tersebut membahas mengenai dampak buruk yang diakibatkan penggunaan pelampung pada tandon yang tidak efisien. Pada penelitian ini mengangkat objek yaitu tandon air, ternyata penggunaan pelampung yang tidak efektif dan sering kali mengalami kebocoran menyebabkan air terbuang secara percuma. Dan kesimpulan yang dihasilkan dari penelitian tersebut adalah sistem kontrol tandon air menggunakan sensor ultrasonik dapat mengukur ketinggian air pada tandon dan aplikasi Blynk dapat menampilkan ketinggian air. Namun, penelitian ini masih terbatas pada aplikasi dalam skala kecil dan tidak menerapkan metode kecerdasan buatan untuk pengambilan keputusan. Dari penelitian terkait seperti yang dijabarkan diatas, penulis selaku sebagai peneliti selanjutnya akan mengimplementasikan sensor ultrasonik sebagai prototipe sistem monitoring ketinggian air pada sungai sebagai upaya deteksi banjir secara dini, dengan menambahkan telegram dan web untuk memonitoring ketinggian air serta menambahkan metode Fuzzy sugeno untuk klasifikasi status air.

Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring ketinggian air sungai dengan mengintegrasikan IoT, Telegram, dan website, serta menerapkan metode Fuzzy Sugeno untuk meningkatkan akurasi klasifikasi status air. Dengan adanya sistem ini, diharapkan masyarakat dan petugas pemantau sungai dapat memperoleh informasi secara cepat dan akurat, sehingga dapat meningkatkan kesiapsiagaan dalam menghadapi potensi banjir.

## **2. Metode Penelitian**

### **2.1 Pengumpulan Kebutuhan**

Dalam penelitian ini, metode pengumpulan data yang digunakan adalah melalui studi pustaka dan observasi. Studi pustaka merupakan salah satu metode yang dilakukan dengan

mengumpulkan berbagai referensi seperti jurnal, buku, skripsi, tutorial, artikel, serta dokumen lain yang berkaitan dengan topik penelitian [5]. Tujuan dari studi pustaka ini adalah memperoleh pemahaman yang lebih mendalam terhadap permasalahan dan solusi yang sesuai. Data yang dikumpulkan akan dijadikan dasar dalam proses analisis dan selanjutnya digunakan untuk menentukan kebutuhan sistem serta perancangan alat.

## 2.2 Analisa Kebutuhan Sistem dan Alat

Analisis kebutuhan dilakukan untuk mengetahui kebutuhan perangkat dan sistem yang akan dibuat. Berikut adalah analisis kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan.

### 2.2.1 Analisa Kebutuhan Perangkat Keras

Adapun kebutuhan perangkat keras yang digunakan untuk penelitian ini disajikan dalam Tabel 1 di bawah ini:

*Tabel 1. Analisa Kebutuhan Perangkat Keras*

No	Hardware	Spesifikasi	Jumlah	Fungsi
1	NodeMCU ESP32	Mikrokontroler dengan 34 pin dan konektivitas WiFi.	1	Digunakan sebagai pusat kendali serta penerima data dari sensor
2	Sensor HC-SR04	Sensor ultrasonik untuk mengukur jarak dengan dua pin: trigger dan echo.	1	Mendeteksi ketinggian air berdasarkan pantulan gelombang ultrasonik
3	LCD 20X4	Layar dengan 20 kolom dan 4 baris, mendukung komunikasi I2C, 5V.	1	Menampilkan data hasil pengukuran secara langsung
4	PCB	Ukuran bervariasi tergantung kebutuhan, umumnya 2 cm × 2 cm hingga 10 cm × 10 cm dan bentuk bisa persegi, lingkaran, atau bentuk khusus untuk disesuaikan dengan casing perangkat.	2	Menjadi tempat komponen elektronik dipasang dan dihubungkan, Menghubungkan Komponen Elektronik, Mempermudah Perakitan dan Perawatan.
5	BOX IoT	Terbuat dari plastic biasanya berbentuk kubus atau balok.	1	Sebagai tempat untuk menyimpan perangkat IoT agar terlihat rapi dan menjaga dari kerusakan.
6	Resistor	Nilai Resistansi Biasanya berkisar dari 100Ω hingga 1MΩ, tergantung pada kebutuhan rangkaian, Daya (Watt, W): Umumnya berkisar antara 0.125W (1/8W) hingga 1W, tergantung kebutuhan daya perangkat.	1	Pembatas Arus dan Pembagi Tegangan
7	Buzzer	Frekuensi Umumnya sekitar 2kHz – 5kHz, tergantung aplikasi, tegangan 3V-5	1	Notifikasi & Peringatan, Feedback Interaksi Pengguna, dan Keamanan & Keselamatan.
8	LED	Tegangan operasi 1.8V - 3.3V, arus Biasanya 5mA – 20mA untuk LED biasa.	3	Indikator Status, Menunjukkan status perangkat, seperti koneksi Wi-Fi (misalnya, LED berkedip saat mencari jaringan).
9	Saklar	saklar memiliki 2 kondisi yaitu On dan Off (1 dan 0).	1	Sebagai device penghubung atau pemutus aliran.

**2.2.2 Analisa Kebutuhan Perangkat Lunak**

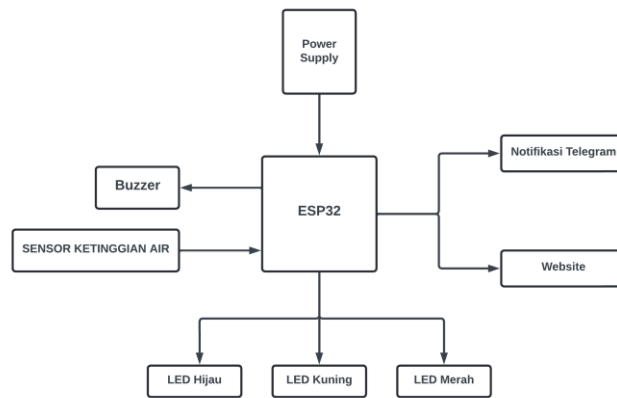
Berikut ini adalah perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian, disajikan pada Tabel 2.

*Tabel 2. Analisa Kebutuhan Perangkat Lunak*

No	Software	Keterangan	Fungsi
1	Aplikasi	Arduino IDE	Digunakan untuk membuat dan mengunggah program ke mikrokontroler
2	Aplikasi	Fritzing	Fritzing adalah aplikasi yang digunakan untuk merencanakan skematik elektronik pada desain perangkat keras.
3	Aplikasi	Visual Studio Code	Menulis dan mengembangkan sistem pemantauan berbasis web.
4	Database	My SQL	Menyimpan data pengukuran secara terstruktur
5	Aplikasi	Telegram	Sebagai notifikasi dan monitoring ketinggian air.

**2.3 Perancangan Sistem**

**2.3.1 Diagram Blok**

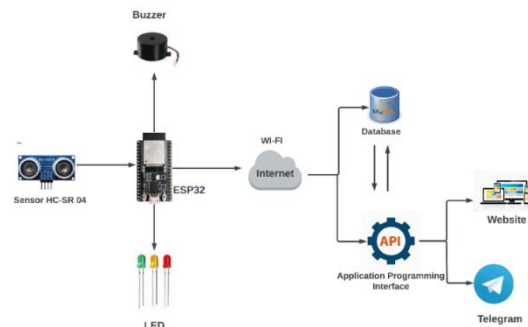


*Gambar 1. Diagram Blok*

Cara kerja dari diagram blok di bawah ini menggambarkan peran mikrokontroler dalam mengelola keseluruhan alur sistem deteksi ketinggian air yang dikembangkan menggunakan ESP32. Diagram ini memperlihatkan bagaimana sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur jarak air, yang kemudian dikirim ke mikrokontroler sebagai data input. Mikrokontroler memproses data tersebut dan mengirim hasilnya ke dua arah: ke sistem pemantauan berbasis web dan ke aplikasi Telegram untuk notifikasi. Telegram akan mengirimkan pesan otomatis berisi hasil pengukuran, sehingga pengguna dapat mengetahui status air secara langsung.

**2.3.2 Skematik Sistem**

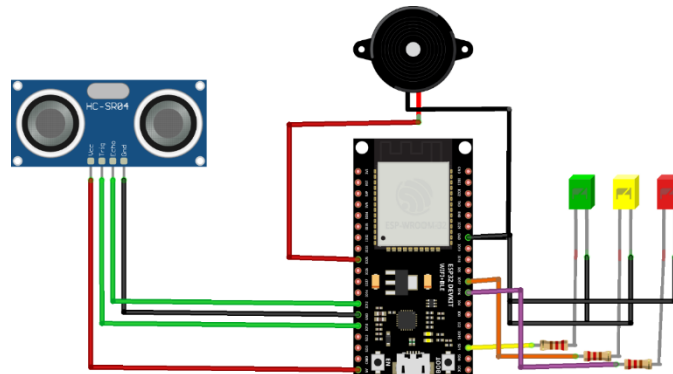
Skematik sistem menggambarkan susunan komponen serta posisi tiap elemen dalam rangkaian alat dan pemahaman tentang fungsinya. Skematik sistem disajikan pada Gambar 2 berikut ini.



*Gambar 2. Skematik Sistem*

## 2.4 Perancangan Hardware (Perangkat Keras)

Pada Gambar 3 diatas merupakan rancangan hardware (Perangkat Keras) yang terdapat ESP32 sebagai mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengolah data hasil dari sensor Ultrasonic. Sensor ultrasonic yang bisa dilihat pada gambar diatas berfungsi untuk mengukur jarak atau ketinggian air kemudian hasil dikirimkan ke mikrokontroler untuk diproses. Kemudian terdapat buzzer dan LED yang dimana memiliki fungsi sebagai indikator suara dan visual. Lampu led akan hidup sesuai dengan ketinggian pada air, apabila ketinggian air aman maka lampu led hijau menyala, apabila ketinggian air waspada led kuning menyala, apabila ketinggian air berbahaya maka led merah menyala dan buzzer berbunyi.



Gambar 3. Rancangan Hardware

## 2.5 Perancangan Software (Perangkat Lunak)

### 2.5.1 Rancangan Software Alat

Setelah melakukan perancangan hardware hal yang perlu dilakukan selanjutnya melakukan pemrograman pada alat yang akan digunakan. Bahasa pemrograman yang akan digunakan adalah Bahasa C menggunakan aplikasi Arduino IDE (Integrated Development Environment). Dimulai dengan proses menghubungkan ESP32 ke jaringan Wi-Fi kemudian sensor ultrasonic mengambil data jarak ketinggian air dan data tersebut dikirim ke dalam database dan telegram. Data yang telah tersimpan kemudian akan dikirim melalui API (Application Programming Interface) akan ditampilkan pada halaman website dan telegram.

### 2.5.2 Rancangan Software

Tahap pertama sensor HC-SR04 akan mengirim data ke mikrokontroler. Setelah data diterima, data akan dikirim dan disimpan dalam database lokal. Data hasil sensor tersebut akan diambil dari database menggunakan API yang kemudian akan ditampilkan pada website monitoring dan juga data dikirimkan ke telegram.

Sistem ini dirancang agar data yang diperoleh dari sensor dapat dikirim dan diakses secara real-time melalui website. Pengiriman data dilakukan menggunakan ESP32 yang berkomunikasi dengan server melalui API berbasis HTTP. Data yang dikirim mencakup nilai ketinggian air yang diukur oleh sensor ultrasonik HC-SR04.

### 2.5.3 Alur Pengiriman Data

Proses pengiriman data dari sensor ke database dan website melalui API terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Pembacaan Data Sensor
  - o ESP32 membaca ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04.
  - o Data yang diperoleh dikonversi ke dalam satuan sentimeter (cm).
2. Pengolahan Data di ESP32
  - o ESP32 memproses data mentah dari sensor.
  - o Data hasil pengukuran diklasifikasikan menggunakan metode Fuzzy Sugeno untuk menentukan status air (Aman, Siaga, atau Bahaya).
3. Pengiriman Data ke Server melalui API
  - o ESP32 mengirimkan data menggunakan metode HTTP GET ke API server.
  - o Endpoint API yang digunakan:  
GET

[http://192.168.108.75/insert\\_data.php?level=30.5&status=Siaga](http://192.168.108.75/insert_data.php?level=30.5&status=Siaga)

- o Data dikirim sebagai parameter URL, bukan dalam format JSON.

#### 4. Penyimpanan Data di Database

- o Server menerima data dari ESP32 melalui API dan menyimpannya ke dalam database MySQL.

```
void sendToDatabase(float avgWaterLevel, String status) {String url =
"/insert_data.php?level=" + String(avgWaterLevel, 2) + "&status=" + status;
```

- o Data disimpan dalam tabel sebagai berikut:

```
CREATE TABLE waterlevel (
  id INT AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,
  level FLOAT,
  status VARCHAR(10),
  time DATETIME);
```

#### 5. Pengambilan Data di Website

- o Website mengambil data dari server menggunakan AJAX untuk real-time monitoring.
- o API endpoint untuk pengambilan data, misalnya:  
GET <http://192.168.108.75/showtable.php>
- o Data yang diperoleh ditampilkan dalam dashboard monitoring dengan grafik dan status terkini.

## 2.6 Skenario Pengujian

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem monitoring ketinggian air berbasis ESP32 dengan metode Fuzzy Sugeno dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian ini mencakup pengujian perangkat keras (hardware), perangkat lunak (software), serta pengujian integrasi sistem.

### 2.6.1 Pengujian Perangkat Keras

Pada Tabel 3 dibawah ini merupakan pengujian perangkat keras bertujuan untuk memastikan bahwa sensor ultrasonik yang digunakan dapat membaca ketinggian air dengan akurasi yang baik serta komunikasi data dengan ESP32 berjalan dengan benar. Berikut skenario pengujiannya:

*Tabel 3. Skenario Pengujian Perangkat Keras*

No	Skenario Pengujian	Parameter Uji	Hasil yang Diharapkan
1	Menyiapkan wadah yang akan diisi air	-	Wadah yang digunakan sebagai simulasi sungai
2	Melakukan pengisian air secara bertahap (misal setiap 5 cm) hingga ketinggian maksimal	-	-
3	Membandingkan pembacaan sensor (dalam cm) dengan penggaris atau alat ukur manual	Jarak sensor ke permukaan air (cm)	Dapat membaca hasil keakuratan pada sensor ultrasonik

### 2.6.2 Pengujian Perangkat Lunak

Pada Tabel 4 dibawah ini merupakan pengujian perangkat lunak dilakukan untuk memastikan bahwa algoritma Fuzzy Sugeno yang diterapkan dalam ESP32 dapat menentukan status ketinggian air secara akurat.

*Tabel 4. Skenario Pengujian Perangkat Lunak*

No	Skenario Pengujian	Input	Expected Output
1	Pengujian perhitungan Fuzzy Sugeno untuk status "Aman".	0-20 cm	Status : Aman
2	Pengujian perhitungan Fuzzy Sugeno untuk status "Siaga".	21-27 cm	Status : Siaga
3	Pengujian perhitungan Fuzzy Sugeno untuk status "Bahaya".	28-30 cm	Status : Bahaya

### 2.6.3 Pengujian Integrasi Sistem

Pada Tabel 5 dibawah ini merupakan pengujian integrasi dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh komponen dalam sistem bekerja secara terpadu, termasuk komunikasi antara sensor, ESP32, server, Telegram, dan tampilan web monitoring.

*Tabel 5. Skenario Pengujian Integrasi Sistem*

No	Skenario Pengujian	Parameter Uji	Hasil Yang Diharapkan
1	Pengujian notifikasi Telegram saat status berubah ke "Bahaya"	Perubahan status ketinggian air	Notifikasi dikirim saat status "Bahaya"

Dari hasil pengujian ini, diharapkan sistem dapat berjalan dengan baik dan memberikan peringatan yang sesuai dengan kondisi ketinggian air yang terdeteksi. Jika ditemukan ketidaksesuaian antara hasil pengujian dan ekspektasi, maka akan dilakukan evaluasi dan perbaikan pada sistem.

## 3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

### 3.1 Pengujian Sensor

Pengujian sensor ini dilakukan untuk mengukur tingkat akurasi dan ketepatan Sensor Ultrasonik HC-SR04 yang telah terpasang pada sistem pemantauan ketinggian air berbasis IoT. Hasil pengujian dibandingkan dengan alat ukur referensi, yaitu penggaris atau meteran, untuk memastikan keakuratan pembacaan data.

Variabel pengujian meliputi pembacaan nilai ketinggian air dalam tangki menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04. Nilai yang diperoleh dari sensor dan alat ukur referensi digunakan untuk menghitung selisih hasil pembacaan dan nilai persentase akurasi rata-rata dari sistem yang telah dirancang.

Proses pengujian dilakukan dengan menempatkan sensor ultrasonik pada tepi bak penampungan air, dengan posisi tetap untuk memastikan kestabilan pengukuran. Pengukuran manual menggunakan meteran juga dilakukan ditempat yang sama untuk membandingkan hasil pembacaan sensor dengan ketinggian air yang sebenarnya.

#### 3.1.1 Pengujian Ketinggian Air pada Tangki 30 cm

Pengujian dilakukan dengan mengisi air secara bertahap ke dalam tangki setinggi 30 cm. Hasil pengukuran ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dibandingkan dengan pengukuran manual menggunakan meteran sebagai alat ukur referensi. Selisih hasil pengukuran dihitung untuk mengevaluasi akurasi sensor.

*Tabel 6. Data hasil pengukuran Ketinggian air sensor ultrasonic HC-SR04 pada tangki 30cm*

No	Pengukuran Ketinggian Air		LED	Status	Selisih Ketinggian Air (cm)
	Meteran (cm)	Sensor Ultrasonik (cm)			
1	5	5,3	Hijau	Aman	0,3
2	9	9,2	Hijau	Aman	0,2
3	12	12,5	Hijau	Aman	0,5
4	15	15,2	Hijau	Aman	0,2
5	18	18,1	Hijau	Aman	0,1
6	22	22,3	Kuning	Siaga	0,3
7	25	25,1	Kuning	Siaga	0,1
8	26	26,6	Kuning	Siaga	0,6
9	27	27,4	Kuning	Siaga	0,4
10	28	28,2	Merah	Bahaya	0,2
Rata-rata Data					0,29

Pada Tabel 6 diatas menunjukkan hasil pengujian ketinggian air dengan perbandingan antara hasil sensor dan pengukuran manual. Pengujian ketinggian air dalam tangki 30 cm dilakukan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, dengan hasil pengukuran yang menunjukkan tingkat akurasi yang cukup baik. Pengujian dilakukan dengan mengisi air ke dalam

tangki 30 cm secara bertahap, kemudian membandingkan hasil pembacaan sensor dengan pengukuran manual menggunakan meteran sebagai alat ukur referensi.

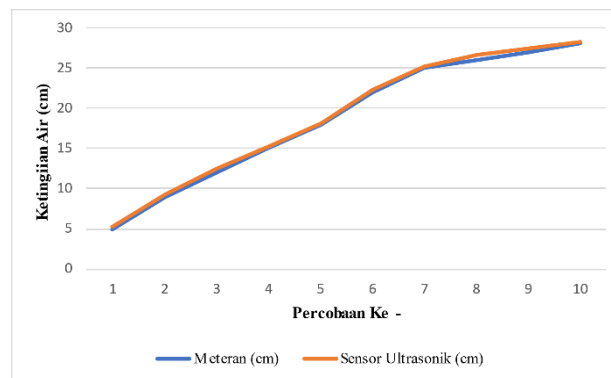
Berdasarkan data pengujian yang ditampilkan pada Tabel 6, terdapat sedikit selisih antara hasil pembacaan sensor dan alat ukur manual, dengan rata-rata selisih ketinggian sebesar 0,29 cm. Persentase galat dapat dihitung dengan Persamaan 1.

$$\text{Galat}(\%) = \left( \frac{\text{Selisih Pengukuran}}{\text{Pengukuran Manual}} \right) \times 100\% \quad (1)$$

Menggunakan nilai rata-rata selisih 0,29 cm dari total pengujian dan rata-rata pengukuran manual sebesar 18,7 cm, maka diperoleh persentase galat rata-rata sebesar 1,55%, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{0,29}{18,7} \times 100\% = 1,55\%$$

Sementara itu, persentase akurasi sensor dapat dihitung dengan rumus: Akurasi (%) = 100% - Galat (%)  
Sehingga diperoleh akurasi rata-rata sebesar 98,45%.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Meteran dan Sensor Ultrasonik HC-SR04 30cm

Meskipun terdapat selisih kecil antara hasil sensor dan pengukuran manual, nilai galat yang diperoleh masih dalam batas toleransi yang dapat diterima. Salah satu penyebab galat kecil ini kemungkinan dipengaruhi oleh karakteristik sensor ultrasonik yang bergantung pada pantulan gelombang suara, yang bisa sedikit terpengaruh oleh suhu atau kelembaban udara di sekitar tangki. Namun, dengan deviasi yang minim ini, sensor tetap dapat diandalkan untuk pemantauan ketinggian air secara real-time dengan tingkat keakuratan yang memadai.

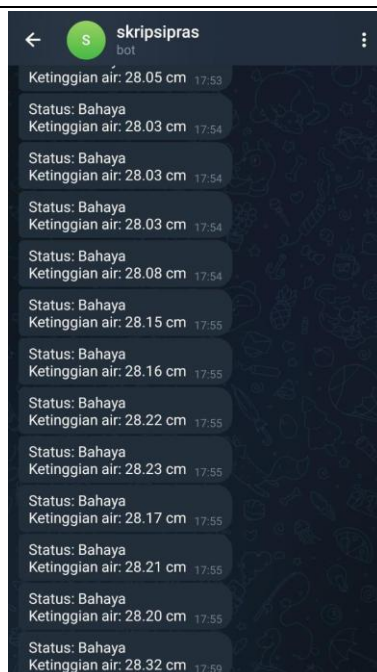
### 3.2 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa keseluruhan sistem monitoring ketinggian air berbasis IoT berjalan sesuai dengan perancangan, mulai dari pengambilan data oleh sensor ultrasonik, pengolahan data menggunakan metode fuzzy Sugeno, hingga pengiriman notifikasi melalui bot Telegram.

#### 3.2.1 Hasil Pengujian Sistem

Hasil pengujian sistem ditampilkan dalam bentuk dokumentasi visual dan tabel notifikasi. Pengujian ini dilakukan dengan mensimulasikan perubahan ketinggian air di dalam tangki, di mana sensor ultrasonik mengukur jarak permukaan air secara real-time.

Pada pengujian sistem, bot Telegram akan mengirimkan notifikasi secara otomatis setiap kali ketinggian air mencapai 28 cm, yang menandakan status Bahaya. Notifikasi ini dikirimkan dengan interval 5 detik sekali selama kondisi bahaya berlangsung. Hal ini memastikan pengguna dapat menerima peringatan dini secara real-time untuk mengambil tindakan yang diperlukan.



Gambar 5. Pesan Bot Telegram Status bahaya

Selain notifikasi, hasil pengujian juga disajikan dalam bentuk tabel yang mencatat waktu, peringatan, dan status pengiriman notifikasi.

Tabel 7. Hasil Pengujian Notifikasi Telegram

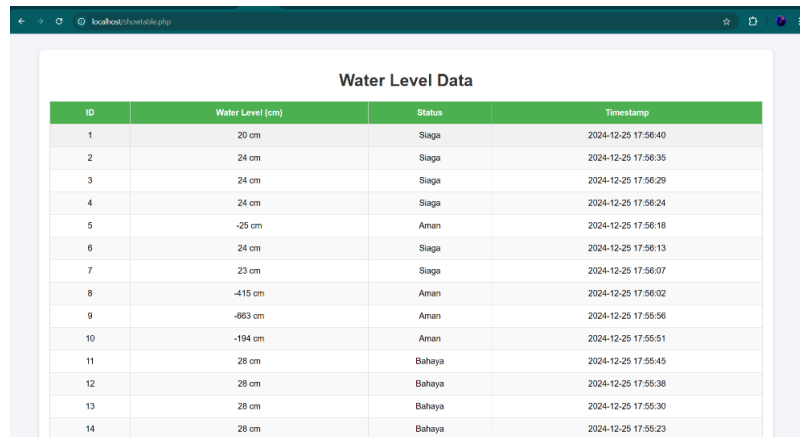
No	Waktu (WIB)	Peringatan	Status Pengiriman
1	17.54	Status: Bahaya Ketinggian air : 28.03 cm	Berhasil
2	17.54	Status: Bahaya Ketinggian air : 28.03 cm	Berhasil
3	17.55	Status: Bahaya Ketinggian air : 28.15 cm	Berhasil
4	17.55	Status: Bahaya Ketinggian air : 28.16 cm	Berhasil
5	17.55	Status: Bahaya Ketinggian air : 28.22 cm	Berhasil
6	17.55	Status: Bahaya Ketinggian air : 28.26 cm	Berhasil
7	17.55	Status: Bahaya Ketinggian air : 28.33 cm	Berhasil
8	17.55	Status: Bahaya Ketinggian air : 28.39 cm	Berhasil
9	17.55	Status: Bahaya Ketinggian air : 28.46 cm	Berhasil
10	17.56	Status: Bahaya Ketinggian air : 29.01 cm	Berhasil

Tabel 7 di atas menunjukkan hasil pengujian pengiriman notifikasi status Bahaya melalui bot Telegram ketika ketinggian air mencapai atau melebihi 28 cm. Notifikasi dikirimkan dengan interval 5 detik sekali selama kondisi bahaya berlangsung, dengan status pengiriman yang selalu Berhasil. Hal ini membuktikan bahwa sistem mampu memberikan peringatan dini secara real-time dengan tingkat keandalan yang tinggi.

### 3.3 Pengujian Monitoring Website

Pengujian website monitoring dilakukan untuk memastikan bahwa data ketinggian air yang diterima dari mikrokontroler ESP32 dapat ditampilkan secara real-time pada halaman website dengan akurat dan stabil. Proses pengujian ini meliputi pengiriman data ketinggian air dari sensor ultrasonik, pengolahan data pada server, serta tampilan visual pada halaman monitoring.

Website ini menampilkan tabel data yang berisi informasi ketinggian air, status kondisi (aman, siaga, atau bahaya), serta waktu pembacaan sensor. Setiap data yang masuk diperbarui secara otomatis tanpa perlu melakukan refresh halaman, sehingga pengguna dapat memantau kondisi air dengan mudah dan efisien.



ID	Water Level (cm)	Status	Timestamp
1	20 cm	Siaga	2024-12-25 17:56:40
2	24 cm	Siaga	2024-12-25 17:56:35
3	24 cm	Siaga	2024-12-25 17:56:29
4	24 cm	Siaga	2024-12-25 17:56:24
5	-25 cm	Aman	2024-12-25 17:56:18
6	24 cm	Siaga	2024-12-25 17:56:13
7	23 cm	Siaga	2024-12-25 17:56:07
8	-415 cm	Aman	2024-12-25 17:56:02
9	-863 cm	Aman	2024-12-25 17:55:56
10	-194 cm	Aman	2024-12-25 17:55:51
11	28 cm	Bahaya	2024-12-25 17:55:45
12	28 cm	Bahaya	2024-12-25 17:55:38
13	28 cm	Bahaya	2024-12-25 17:55:30
14	28 cm	Bahaya	2024-12-25 17:55:23

Gambar 6. Tampilan Website Monitoring

Gambar 6 menunjukkan tampilan halaman monitoring website yang menampilkan data ketinggian air secara real-time. Tabel pada halaman ini terdiri dari beberapa kolom, yaitu ID, Water Level (cm), Status, dan Timestamp. Kolom Water Level (cm) menampilkan hasil pembacaan sensor ultrasonik terhadap ketinggian air, sedangkan kolom Status menunjukkan kondisi air berdasarkan klasifikasi yang telah ditentukan (Aman, Siaga, atau Bahaya). Kolom Timestamp mencatat waktu pengambilan data oleh sistem.

Pengujian ini juga menegaskan bahwa data pada website direset setiap 24 jam, sehingga tidak memerlukan menu history atau penyimpanan data jangka panjang. Hal ini bertujuan untuk menjaga efisiensi sistem dan memastikan bahwa pengguna selalu mendapatkan informasi terkini tanpa terganggu oleh data lama.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem monitoring website bekerja dengan baik, responsif, dan sesuai dengan kebutuhan aplikasi pemantauan ketinggian air secara real-time, sehingga mampu memberikan peringatan dini secara efektif dan andal.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem pemantauan ketinggian air berbasis IoT menggunakan ESP32 dan sensor ultrasonik HC-SR04 telah berhasil diimplementasikan dan diuji. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor mampu mengukur ketinggian air dengan tingkat akurasi rata-rata 99%, yang membuktikan bahwa sistem ini dapat digunakan untuk pemantauan air secara real-time dengan tingkat kesalahan yang sangat kecil.
2. Metode Fuzzy Sugeno diterapkan dalam sistem ini untuk mengklasifikasikan status ketinggian air menjadi tiga kategori utama, yaitu Aman ( $\leq 20$  cm), Siaga ( $> 20$  cm - 28 cm), dan Bahaya ( $> 28$  cm). Penggunaan metode ini memungkinkan sistem untuk menentukan status air secara bertahap tanpa perubahan yang tiba-tiba. Namun, dalam beberapa kondisi tertentu, sistem masih dapat memberikan status Aman meskipun ketinggian air mendekati batas Bahaya, yang menunjukkan bahwa metode ini masih dapat ditingkatkan agar lebih akurat dalam menentukan kondisi kritis.
3. Integrasi sistem dengan platform Telegram dan website monitoring memungkinkan pengguna untuk menerima notifikasi peringatan dini secara real-time serta memantau kondisi ketinggian air tanpa perlu melakukan refresh halaman. Penggunaan notifikasi melalui Telegram terbukti lebih efektif dibandingkan metode lain karena pesan dapat langsung diterima oleh pengguna dalam hitungan detik, terutama saat kondisi memasuki status Bahaya. Selain itu, website monitoring yang dikembangkan dapat menampilkan data ketinggian air secara dinamis dan otomatis diperbarui setiap kali ada pembacaan sensor baru, tanpa perlu menyimpan riwayat data dalam jangka panjang.
4. Sistem ini secara keseluruhan telah memenuhi tujuan penelitian, yaitu memonitor ketinggian air secara real-time, memberikan peringatan dini terhadap potensi banjir, serta menyajikan informasi kepada pengguna melalui Telegram dan website monitoring. Dengan pendekatan berbasis IoT dan logika fuzzy, sistem ini dapat menjadi solusi yang efisien dan mudah

diterapkan untuk keperluan pemantauan air di berbagai lokasi yang berisiko mengalami kenaikan debit air secara tiba-tiba.

### Referensi

- [1] D. Sari, N. Yahya Nurhadi, K. Anwar, M. Isa, and S. Handayani, "Pemantauan dan Analisis Tingkat Pencemaran Kualitas Air Sungai di Kabupaten Tebo," 2021.
- [2] A. Agustina and dan Kastamto, "Analisis Karakteristik Aliran Sungai Pada Sungai Cimadur, Provinsi Banten Dengan Menggunakan HEC-RAS," 2022. [Online]. Available: <https://ejurnal.teknokrat.ac.id/index.php/jice>
- [3] R. Vindua and H. S. Triaji, "Monitoring Ketinggian Air Sebagai Pendeteksi Banjir Menggunakan Notifikasi Telegram Berbasis Internet Of Things," TIN: Terapan Informatika Nusantara, vol. 4, no. 5, pp. 288–299, Oct. 2023, doi: 10.47065/tin.v4i5.4266.
- [4] N. Kurniasih, D. P. Sari, and D. A. Rizka Firdaus, "Rancang Bangun Prototype Sistem Monitoring Pendeteksi Dini Banjir Berbasis Short Message Service Menggunakan PLTS On Grid," KILAT, vol. 10, no. 1, pp. 77–88, Apr. 2021, doi: 10.33322/kilat.v10i1.1018.
- [5] S. Halim, "Rancang Bangun Prototype Sistem Monitoring Ketinggian Air Sungai Berbasis Mikrokontroler Arduino dan SMS Gateway Sebagai Upaya Deteksi Banjir Secara Dini (Mitigasi Banjir)." [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/342434965>
- [6] A. Rifky and S. Anugrah, "Jurnal Ilmu Administrasi Publik Analisis Peran Pemerintah dalam Penanganan Banjir di Kota Pontianak: Implementasi Kebijakan dan Koordinasi Lintas Sektor," PUBLIKAUMA: Jurnal Ilmu Administrasi Publik UMA, vol. 8, no. 1, pp. 163–171, 2020, doi: 10.31289/publika.v11i2.10504.
- [7] D. Hendryady, N. Syam, S. Komputer, and I. Bina Adinata, "AMMATOA : Journal System Information And Computer Institut Teknologi Dan Bisnis Bina Adinata Prototype Monitoring Pendeteksi Banjir Menggunakan Aplikasi Blynk Berbasis ESP32," vol. 1, pp. 20–34, 2023.
- [8] S. P. Windiastik, N. Ardhana, and J. Triono, "Perancangan Sistem Pendeteksi Banjir Berbasis IoT (Internet of Thing)," Seminar Nasional Sistem Informasi, 2019.
- [9] N. Piscataway, International Workshop on Metrology for Industry 4.0 and Internet of Things. Naples: IEEE, 2019.
- [10] M. Reza Fahlevi, P. Sistem Pendeteksi Banjir, and H. Gunawan, "Perancangan Sistem Pendeteksi Banjir Berbasis Internet of Things Design Based Flood Detection System Internet of Things."
- [11] P. Rifqi Mahardika, F. April Lani, R. Suwartika, P. Studi Teknik Informatika, and P. Piksi Ganesha Jl Gatot Subroto No, "Perancangan Sistem Control Tandon Air Menggunakan Sensor HC-SR04 Berbasis Internet of Things."

