

Implementasi Sensor Ultrasonik Berbasis IoT untuk Monitoring Ketinggian Air Menggunakan Firebase dan ThingSpeak

Holly Patrycia^{*1}, Angela Lisanthoni², Meisya Vira Amelia³, Ellexia Leonie Gunawan⁴, Lisy Septyo Ningrum⁵, Amalia Nur Ramadhani⁶

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
Kota Surabaya

Email: ¹hollypatrycia@gmail.com, ²angel.lisanthoni@gmail.com,
³mayra.lia27@gmail.com, ⁴ellexialeonie.work@gmail.com, ⁵lisaseptyo@gmail.com,
⁶amalianur2112@gmail.com

Abstract

The flood early warning system is an essential mitigation tool, especially for communities near riverbanks. This research designs an Internet of Things (IoT)-based water level monitoring system using the HC-SR04 ultrasonic sensor and the NodeMCU ESP8266 microcontroller. The system aims to measure and monitor water level in real-time and provide early warnings. The collected data is automatically stored in the Firebase Realtime Database for historical analysis and is visualized using a line chart on the ThingSpeak platform. The early warning mechanism utilizes a buzzer, which is activated when the water level reaches or exceeds the threshold of 7 cm (Danger condition). The experimental results showed that the buzzer consistently activated when the water level was ≥ 7 cm. The average accuracy of the HC-SR04 sensor was 85.34% in stable water conditions and 82.20% in oscillating water conditions, indicating that the system is reliable but susceptible to surface movement. Overall, this system provides an accurate, real-time, and accessible monitoring solution to minimize potential losses due to flooding.

Keywords: Ultrasonic Sensor, IoT, Firebase, ThingSpeak, Flood Early Warning System

Abstraksi

Sistem peringatan dini banjir merupakan alat mitigasi yang sangat penting, terutama bagi masyarakat yang tinggal di dekat aliran sungai. Penelitian ini merancang sebuah sistem monitoring ketinggian air berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dan mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Sistem ini bertujuan untuk mengukur dan memantau ketinggian air secara real-time serta memberikan peringatan dini. Data yang terkumpul secara otomatis disimpan dalam Firebase Realtime Database untuk analisis historis dan divisualisasikan menggunakan line chart pada platform ThingSpeak. Mekanisme peringatan dini menggunakan buzzer yang akan aktif ketika ketinggian air mencapai atau melebihi ambang batas 7 cm (kondisi Bahaya). Hasil pengujian menunjukkan bahwa buzzer secara konsisten berbunyi ketika ketinggian air ≥ 7 cm. Rata-rata keakuratan sensor HC-SR04 adalah 85,34% pada kondisi air stabil dan 82,20% pada kondisi air bergoyang, menunjukkan bahwa sistem cukup andal namun rentan terhadap gerakan permukaan air. Secara keseluruhan, sistem ini menyediakan solusi pemantauan yang akurat, real-time, dan mudah diakses untuk meminimalkan potensi kerugian akibat banjir.

Kata Kunci: Sensor Ultrasonik, IoT, Firebase, ThingSpeak, Sistem Peringatan Dini Banjir

1. PENDAHULUAN

Ketinggian air merupakan suatu istilah yang digunakan untuk menyatakan posisi atau keberadaan air dari suatu dasar. Dengan mengetahui ketinggian air, masyarakat dapat memprediksi kemungkinan terjadinya luapan air yang berpotensi menyebabkan banjir. Banjir sendiri merupakan salah satu bencana alam yang paling sering terjadi di Indonesia dan biasanya disebabkan oleh meningkatnya volume air akibat curah hujan tinggi sehingga kapasitas sungai atau drainase tidak mampu menampung aliran air tersebut [1].

Kondisi ini menyebabkan air pada badan air seperti sungai atau waduk meluap dan keluar dari batas alirannya, terutama ketika ukuran badan air berubah seiring perubahan curah hujan. Akibatnya, banjir dapat terjadi kapan saja dan sering menimbulkan kerugian material, seperti kerusakan pada peralatan elektronik, barang-barang rumah tangga, serta gangguan aktivitas masyarakat.

Dalam menghadapi risiko tersebut, teknologi memiliki peran penting sebagai alat bantu untuk mengantisipasi potensi banjir, terutama bagi masyarakat yang tinggal dekat aliran sungai. Walaupun banjir memberikan dampak merugikan, tetapi bencana ini dapat diminimalisir apabila masyarakat memiliki persiapan dini yang memadai. Salah satu langkah penting adalah mengetahui ketinggian air secara berkala sehingga masyarakat dapat segera mengungsi ketika tinggi air mendekati batas kritis.

Terdapat berbagai metode untuk mengukur ketinggian air, dan salah satu yang paling efektif adalah sensor ultrasonik. Sensor ini lebih unggul dibanding metode manual karena harganya terjangkau, mudah didapatkan, dan mampu melakukan pencatatan data secara terus-menerus. Penelitian ini menggunakan sensor HCSR04 yang memanfaatkan prinsip gelombang ultrasonik untuk mengukur jarak dan ketinggian air sehingga proses pemantauan dapat dilakukan dengan lebih mudah dan cepat.

Berdasarkan latar belakang tersebut, muncul beberapa permasalahan yang perlu dijawab melalui penelitian ini. Permasalahan utamanya adalah bagaimana merancang sebuah sistem yang mampu mengukur dan memantau ketinggian air secara real-time menggunakan sensor HCSR04 yang dihubungkan dengan nodeMCU ESP8266, serta bagaimana sistem tersebut dapat menyimpan data hasil pengukuran secara otomatis ke Firebase. Selain itu, diperlukan juga kajian mengenai bagaimana sistem ini dapat berfungsi sebagai peringatan dini yang cepat dan akurat mengingat kecepatan penyampaian informasi menjadi faktor penting dalam mitigasi banjir.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui ketinggian air secara real-time dengan memanfaatkan sensor HCSR04 dan nodeMCU ESP8266 sebagai bagian dari sistem peringatan dini banjir. Sistem ini dirancang agar dapat memberikan data yang presisi sehingga kondisi ketinggian air dapat dipantau secara berkala. Penelitian ini juga memberikan manfaat berupa penyediaan informasi ketinggian air yang lebih akurat dan dapat diakses kapan saja melalui data yang tersimpan di Firebase, sehingga masyarakat

dapat mengambil tindakan pencegahan lebih cepat dan mengurangi risiko kerugian yang mungkin timbul akibat banjir.

Selain itu, penelitian ini memiliki kontribusi dalam bentuk pengembangan sistem pemantauan ketinggian air berbasis *Internet of Things* yang memanfaatkan sensor ultrasonik sebagai alat utama pengukuran. Sistem ini diharapkan menjadi solusi pemantauan yang ekonomis, mudah diterapkan, dan memberikan data yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan terkait mitigasi banjir. Dengan adanya sistem ini, penelitian diharapkan dapat menjadi salah satu referensi dalam pengembangan teknologi peringatan dini banjir yang lebih modern, responsif, dan adaptif terhadap kondisi lingkungan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Penelitian mengenai pengukuran ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik sudah banyak dilakukan, terutama pada konteks irigasi, tandon air, hingga tambak. Rahman dan Khaidir (2021) menunjukkan bahwa sensor ultrasonik mampu menghasilkan galat yang rendah, yaitu sekitar 0,6% ketika digunakan untuk mengukur tinggi muka air pada saluran irigasi menggunakan mikrokontroler ATmega328 [2]. Penelitian ini memperlihatkan bahwa ultrasonik cukup stabil untuk pengukuran permukaan air dalam kondisi lingkungan yang tidak terlalu ekstrem.

Pengembangan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) juga semakin berkembang. Kalbii dkk. (2022) merancang sistem monitoring level air tambak udang menggunakan sensor ultrasonik dan ESP32. Penelitian tersebut mampu menampilkan data secara real-time melalui aplikasi Blynk dan menghasilkan akurasi pembacaan yang tinggi [3]. Selanjutnya, Hasanah dkk. (2025) merancang sistem monitoring air berbasis ultrasonik dan ESP8266 yang dihubungkan dengan aplikasi Blynk untuk mempermudah pengelolaan air secara otomatis, termasuk pengontrolan pompa [4].

Penelitian lain juga berfokus pada peringatan dini banjir. Alvando dkk. (2023) mengembangkan sistem peringatan banjir menggunakan ESP32 yang terhubung dengan Telegram untuk memberikan notifikasi otomatis kepada masyarakat ketika level air mencapai ambang tertentu [5]. Namun, penelitian tersebut lebih berfokus pada notifikasi dan belum memanfaatkan penyimpanan data historis berbasis cloud. Selain itu, Syakur dkk. (2023) mengkaji kelemahan sensor ultrasonik yang dapat dipengaruhi oleh suhu dan kondisi permukaan air yang tidak stabil. Mereka menekankan pentingnya proses kalibrasi dan penggunaan sensor jenis lain seperti AJ-SR04M untuk ketahanan di lingkungan sungai [6].

Meskipun penelitian terdahulu sudah mengembangkan berbagai sistem monitoring level air, mayoritas penelitian masih menampilkan data secara lokal, belum menyimpan data ke *cloud*, atau belum menyediakan visualisasi grafik *real-time*. Sebagian penelitian juga menggunakan air bersih sebagai objek pengujian, yang kurang representatif untuk kondisi banjir yang biasanya lebih keruh. Karena itu, penelitian ini mengembangkan

sistem monitoring ketinggian air berbasis HC-SR04 yang terhubung dengan Firebase untuk penyimpanan data dan ThingSpeak untuk visualisasi grafik. Sistem juga diuji menggunakan air keruh untuk melihat stabilitas pembacaan sensor, sehingga menjadi perbedaan utama (*research gap*) dari penelitian sebelumnya.

2.2. Sensor Ultrasonik HC-SR04

HC-SR04 merupakan sensor ultrasonik yang berfungsi untuk mengukur jarak menggunakan prinsip gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 kHz. Sensor terdiri dari dua bagian, yaitu Trigger sebagai pemancar dan Echo sebagai penerima. Gelombang dipancarkan ketika pin Trigger diberi sinyal selama 10 mikrodetik, kemudian sensor mengukur waktu yang dibutuhkan gelombang untuk memantul kembali ke penerima. Jarak dihitung menggunakan rumus (1) sebagai berikut [7].

$$Jarak = \frac{V_{suara}}{2} \times t \quad (1)$$

Sensor ini banyak digunakan karena murah, mudah didapat, dan cukup akurat untuk pengukuran jarak dalam rentang 2–400 cm.

2.3. Arduino UNO

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega328P yang banyak digunakan untuk pengembangan proyek IoT dan pengolahan sinyal sensor. Arduino Uno dirancang untuk memudahkan proses prototyping karena bersifat plug-and-play, memiliki banyak pin input-output, dan didukung oleh komunitas pengguna yang luas serta dokumentasi yang lengkap [8]. Board ini dapat mengakses sensor ultrasonik, lalu mengolah hasil pembacaan menjadi data jarak atau ketinggian air.

2.4. ThingSpeak

ThingSpeak adalah platform berbasis web yang digunakan untuk menyimpan, memvisualisasikan, dan menganalisis data IoT secara real-time. Platform ini menyediakan fitur pembuatan channel yang berisi field data, status, dan informasi lokasi. Setelah data dikirim dari perangkat IoT seperti Arduino, ESP8266, atau ESP32, ThingSpeak dapat menampilkan grafik otomatis dan mengolah data menggunakan MATLAB analytics [9], [10], [11]. Kelebihannya adalah mudah digunakan untuk monitoring dari jarak jauh tanpa perlu membuat server sendiri.

2.5. Google Firebase

Firebase adalah platform backend-as-a-service yang disediakan oleh Google. Salah satu fitur penting adalah Firebase Realtime Database, yaitu basis data NoSQL berbasis cloud yang dapat menyimpan dan menyinkronkan data secara real-time ke seluruh perangkat yang terhubung. Firebase banyak digunakan dalam penelitian IoT karena kemudahannya integrasinya dengan mikrokontroler seperti ESP8266 dan ESP32, serta kemampuannya untuk menyimpan data historis secara efisien [12]. Pada penelitian ini, Firebase digunakan sebagai penyimpanan utama data ketinggian air.

2.6. Sensor Peringatan Dini

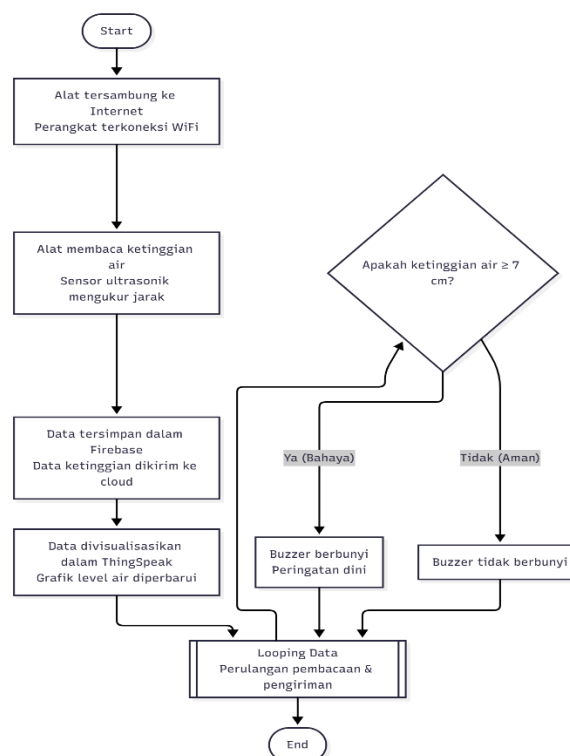
Sistem peringatan dini banjir adalah sistem yang memberikan peringatan kepada masyarakat ketika level air mencapai ambang tertentu. Tujuannya untuk meminimalkan kerugian akibat banjir dengan memberikan waktu yang cukup bagi masyarakat untuk mengungsi atau mengamankan barang penting. Sistem ini biasanya menggunakan sensor jarak, sensor tekanan air, atau sensor debit air. Pada penelitian ini digunakan klasifikasi sederhana berupa kategori "aman" dan "bahaya" untuk memudahkan masyarakat memahami kondisi secara cepat.

2.7. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah perangkat elektronik berupa chip IC yang berfungsi sebagai pemroses utama dalam sistem embedded. Mikrokontroler menerima input dari sensor, mengolah data sesuai program, dan menghasilkan output seperti pengiriman data ke cloud atau mengaktifkan alarm. Mikrokontroler seperti Arduino atau NodeMCU sangat umum digunakan dalam proyek IoT karena hemat daya, mudah diprogram, dan kompatibel dengan berbagai jenis sensor.

3. METODE PENELITIAN

Pada Gambar 1. merupakan *flowchart* dari penelitian ini.



Gambar 1. *Flowchart*

Flowchart menggambarkan alur kerja alat monitoring ketinggian air berbasis sensor ultrasonik, Firebase, dan ThingSpeak, serta mekanisme alarm buzzer. Alur prosesnya dijelaskan sebagai berikut:

1. *Start*

Proses dimulai ketika sistem dinyalakan dan mikrokontroler (Arduino/ESP) mulai menjalankan program utama.

2. Alat tersambung ke Internet

Langkah pertama adalah memastikan perangkat berhasil terhubung ke jaringan internet melalui modul *WiFi* (ESP8266/ESP32). Sambungan internet diperlukan agar data dapat dikirim ke Firebase serta divisualisasikan melalui ThingSpeak.

3. Alat membaca ketinggian air

Sensor ultrasonik HC-SR04 mulai mengukur jarak antara sensor dan permukaan air. Perhitungan ketinggian dilakukan dengan rumus (2) sebagai berikut.

$$\text{ketinggian air} = \text{ketinggian sensor} - \text{jarak bacaan sensor} \quad (2)$$

Pembacaan ini dilakukan secara periodik di dalam loop program.

4. Data tersimpan dalam Firebase

Setelah ketinggian air terdeteksi, data dikirim ke Firebase Realtime Database. Firebase berfungsi sebagai tempat penyimpanan *cloud* agar data dapat diakses kapan saja dan dapat digunakan untuk analisis historis.

5. Data divisualisasikan dalam ThingSpeak

Firebase kemudian mengirimkan data ke ThingSpeak, atau perangkat secara langsung mengirimkan data ke platform ini. ThingSpeak digunakan untuk menampilkan grafik *line chart* sehingga perubahan level air dapat dipantau dari waktu ke waktu.

6. Looping data (Loop)

Sistem masuk ke proses perulangan (loop), di mana:

- sensor terus membaca ketinggian air,
- data terus diperbarui ke Firebase,
- visualisasi terus diperbarui pada ThingSpeak, dan
- buzzer dikontrol berdasarkan kondisi ketinggian.

7. Pengkondisian Ketinggian Air (If air \geq 7)

Sistem melakukan pemeriksaan apakah ketinggian air telah mencapai atau melebihi nilai ambang batas tertentu (dalam desain: 7 cm atau sesuai setting penelitian).

- Jika ketinggian air \geq 7 cm \rightarrow kondisi bahaya. Sistem mengaktifkan buzzer sebagai bentuk peringatan dini ke pengguna.
- Jika ketinggian air $<$ 7 cm \rightarrow kondisi aman. Buzzer tidak berbunyi.

Ambang batas dapat disesuaikan dengan kategori yg digunakan dalam proyek.

8. Buzzer berbunyi / tidak berbunyi

- Buzzer berbunyi \rightarrow peringatan bahaya, air sudah tinggi.

- Buzzer tidak berbunyi → kondisi masih aman.

9. *End*

Flowchart ditutup dengan simbol *end* untuk menunjukkan bahwa proses mencapai akhir satu siklus.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Pengamatan

Pengamatan dilakukan dalam dua kondisi, yaitu air stabil dan air bergoyang, masing-masing terdiri dari tiga kali percobaan. Setiap percobaan mencatat ketinggian air menggunakan penggaris sebagai nilai aktual dan sensor HC-SR04 sebagai nilai hasil pengukuran. Selain itu, sistem mencatat apakah *buzzer* berbunyi serta status aman atau bahaya pada Firebase berdasarkan ambang batas tinggi air 7 cm.

4.1.1. Kategori 1: Air Keadaan Stabil

Pada Tabel 1. merupakan tabel percobaan pertama dengan air stabil.

Tabel 1. Percobaan Pertama dengan Air Stabil

Ketinggian air/cm (diukur penggaris)	Ketinggian air/cm (diukur sensor)	Apa buzzer berbunyi?	Aman atau bahaya? (google Firebase)
2	1.41	Tidak	Aman
2.8	2	Tidak	Aman
4.6	4.98	Tidak	Aman
5.7	5.58	Tidak	Aman
7.2	7.34	Ya	Bahaya
8.8	8.86	Ya	Bahaya
9.2	8.26	Ya	Bahaya

Pada Tabel 2. merupakan tabel percobaan kedua dengan air stabil.

Tabel 2. Percobaan Kedua dengan Air Stabil

Ketinggian air/cm (diukur penggaris)	Ketinggian air/cm (diukur sensor)	Apa buzzer berbunyi?	Aman atau bahaya? (google Firebase)
2	1.7	Tidak	Aman
3.8	3.2	Tidak	Aman
4.8	4.67	Tidak	Aman
5.7	5.27	Tidak	Aman
6.8	7.04	Ya	Bahaya
8.2	7.35	Ya	Bahaya
9.2	8.26	Ya	Bahaya

Pada Tabel 3. merupakan tabel percobaan ketiga dengan air stabil.

Tabel 3. Percobaan Ketiga dengan Air Stabil

Ketinggian air/cm (diukur penggaris)	Ketinggian air/cm (diukur sensor)	Apa buzzer berbunyi?	Aman atau bahaya? (google Firebase)
2.1	2.0	Tidak	Aman
3.2	2.9	Tidak	Aman
4.2	4.67	Tidak	Aman
5.8	6.18	Tidak	Aman
6.4	6.48	Tidak	Aman
7.8	7.06	Ya	Bahaya
9.3	6.48	Tidak	Aman

4.1.2. Kategori 2: Air Keadaan Bergoyang

Pada Tabel 4. merupakan tabel percobaan pertama dengan air bergoyang.

Tabel 4. Percobaan Pertama dengan Air Bergoyang

Ketinggian air/cm (diukur penggaris)	Ketinggian air/cm (diukur sensor)	Apa buzzer berbunyi?	Aman atau bahaya? (google Firebase)
2.2	1.41 – 1.99	Tidak	Aman
3.5	2.3 – 3.5	Tidak	Aman
4.5	3.8	Tidak	Aman
6.1	5.62 – 5.8	Tidak	Aman
7	6.7	Tidak	Aman
8	6.18 – 6.4	Tidak	Aman
9.2	7.6 – 7.8	Ya	Bahaya

Pada Tabel 5. merupakan tabel percobaan kedua dengan air bergoyang.

Tabel 5. Percobaan Kedua dengan Air Bergoyang

Ketinggian air/cm (diukur penggaris)	Ketinggian air/cm (diukur sensor)	Apa buzzer berbunyi?	Aman atau bahaya? (google Firebase)
2.2	1.4 – 2.3	Tidak	Aman
4.2	3.8	Tidak	Aman
5.1	4.3 – 4.9	Tidak	Aman
6.8	6.1 – 7.09	Tidak/Ya	Aman/bahaya
8.5	6.79	Tidak	Aman
9.7	7.6 – 7.9	Ya	Bahaya

Pada Tabel 6. merupakan tabel percobaan ketiga dengan air bergoyang.

Tabel 6. Percobaan Ketiga dengan Air Bergoyang

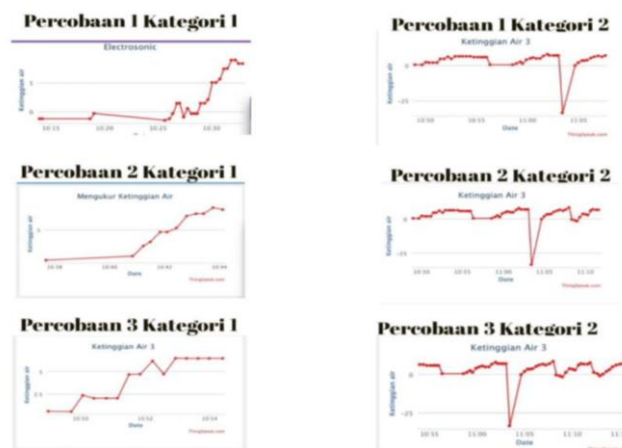
Ketinggian air/cm (diukur penggaris)	Ketinggian air/cm (diukur sensor)	Apa buzzer berbunyi?	Aman atau bahaya? (google Firebase)
2.1	2.83 – 3.2	Tidak	Aman

3.4	4.98 – 5.0	Tidak	Aman
4.5	6.1 – 6.7	Tidak	Aman
7	7.04 – 7.08	Ya	Bahaya
8	7.8 – 8.2	Ya	Bahaya
9.5	7.6 – 7.7	Ya	Bahaya

Secara umum, seluruh percobaan menunjukkan bahwa sensor dapat mengikuti pola kenaikan tinggi air, baik dalam kondisi stabil maupun bergoyang, meskipun dengan variasi galat tertentu. Data tersebut sudah divisualisasikan pada Gambar 2 yang menggambarkan kecenderungan kesesuaian antara nilai aktual dan nilai sensor.

4.2. Visualisasi Data Pengamatan

Pada Gambar 2. merupakan visualisasi data pengamatan.



Gambar 2. Visualisasi Data Pengamatan

4.3. Analisis Data dan Insight

4.3.1. Sistem Peringatan Dini

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa *buzzer* selalu berbunyi ketika ketinggian air yang terbaca mencapai atau melebihi 7 cm, sesuai dengan logika program yang telah dirancang. Status “Bahaya” pada Firebase juga muncul secara konsisten ketika ketinggian air melewati batas tersebut. Temuan ini sejalan dengan konsep sistem peringatan dini banjir yang menekankan pentingnya notifikasi otomatis agar masyarakat dapat segera mengambil tindakan antisipasi. Hal ini sejalan dengan penjelasan Alvando dkk., bahwa sistem berbasis IoT mampu memberikan peringatan banjir secara real-time [5].

Namun, dalam beberapa percobaan ditemukan fenomena menarik. Pada ketinggian di atas sekitar 9 cm, *buzzer* berhenti berbunyi karena sensor ultrasonik memiliki blindspot. Kondisi ini sesuai dengan literatur yang menyebutkan bahwa sensor ultrasonik memiliki jarak minimum baca efektif atau *dead zone* sekitar 2 cm, serta keterbatasan stabilitas ketika objek berada terlalu dekat atau terlalu jauh dari sensor [6], [7]. Selain itu, ketika air dalam keadaan bergoyang, pembacaan sensor menjadi kurang

stabil dan terkadang menyebabkan status yang tampil pada sistem berubah-ubah dalam waktu singkat, misalnya antara “aman” dan “bahaya”. Temuan ini sesuai dengan penelitian Syakur dkk., yang menjelaskan bahwa permukaan air yang tidak stabil dapat mempengaruhi sudut pantulan gelombang ultrasonik sehingga menghasilkan variasi nilai pembacaan [6].

Secara keseluruhan, sistem peringatan dini yang dirancang sudah dapat bekerja sesuai tujuan, namun efektivitas pembacaannya sangat dipengaruhi oleh kondisi permukaan air serta jarak sensor terhadap permukaan tersebut.

4.3.2. Keakuratan

Analisis keakuratan sensor HC-SR04 dilakukan dengan menggunakan rumus (3) dan (4) berikut.

$$\text{Keakuratan (persen)} = 100 - |\text{galat}| \quad (3)$$

$$\text{Galat} = \left| \frac{\text{Selisih Nilai}}{\text{Nilai Aktual}} \right| \times 100 \quad (4)$$

Pada kondisi air stabil, tiga kali percobaan menunjukkan akurasi rata-rata sebesar 85.34%, dengan rincian 88.38% pada percobaan pertama, 78.08% pada percobaan kedua, dan 89.58% pada percobaan ketiga. Nilai akurasi ini sejalan dengan penelitian Rahman & Khaidir (2021) yang menemukan bahwa sensor ultrasonik dapat menghasilkan galat sangat rendah, sekitar 0.6% pada lingkungan laboratorium dengan kondisi ideal dan air yang benar-benar tenang [2]. Perbedaan akurasi pada penelitian ini kemungkinan dipengaruhi oleh faktor lapangan seperti posisi sensor yang tidak sepenuhnya tegak lurus, serta kondisi suhu dan kelembapan yang tidak dikompensasi. Hal ini juga didukung oleh literatur yang menjelaskan bahwa kecepatan rambat suara dipengaruhi oleh suhu, sehingga perubahan temperatur dapat menyebabkan variasi pembacaan [6].

Pada kondisi air bergoyang, nilai akurasinya sedikit menurun dengan rata-rata sebesar 82.20%. Percobaan pertama memiliki akurasi 85.17%, percobaan kedua menghasilkan akurasi 86.92%, dan percobaan ketiga mencapai 74.51%. Penurunan akurasi dari kondisi stabil menuju kondisi bergoyang menunjukkan bahwa gerakan permukaan air memang memberikan pengaruh cukup besar terhadap kestabilan pembacaan sensor. Temuan ini konsisten dengan penelitian Kalbii dkk. (2022), yang melaporkan bahwa permukaan air yang tidak tenang dapat menyebabkan fluktuasi pantulan gelombang ultrasonik sehingga hasil pengukuran menjadi kurang stabil [3].

Secara keseluruhan, pola kesalahan pengukuran pada semua percobaan menunjukkan bahwa sensor memiliki selisih pembacaan sekitar ± 0.3 – 0.8 cm, mulai kehilangan kestabilan ketika ketinggian air melebihi 9 cm, dan cenderung memberikan nilai interval ketika air bergoyang. Pola ini sesuai dengan laporan Hasanah dkk. dan Kalbii dkk. yang menyebutkan bahwa gelombang air, turbulensi, serta keberadaan busa dapat

menghambat konsistensi pantulan gelombang ultrasonik sehingga mempengaruhi hasil pengukuran [3], [4].

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, sensor ultrasonik HC-SR04 dapat bekerja dengan baik dalam mengukur ketinggian air dan berfungsi sebagai bagian dari sistem peringatan dini banjir. Sensor mampu mendeteksi kenaikan permukaan air dan terhubung dengan Firebase serta ThingSpeak untuk pencatatan dan visualisasi data secara otomatis. Dengan tambahan buzzer, sistem dapat memberikan peringatan ketika ketinggian air mencapai batas bahaya sehingga masyarakat dapat segera melakukan tindakan antisipatif. Rata-rata keakuratan sensor berada pada angka 85.34%, yang menunjukkan bahwa sensor cukup dapat diandalkan meskipun masih terdapat keterbatasan pada kondisi tertentu. Dalam penggunaannya, alat ini memiliki beberapa kelebihan seperti pembacaan otomatis selama 24 jam, penyimpanan data secara real-time, dan adanya notifikasi dini melalui buzzer. Namun, alat ini juga memiliki kekurangan, seperti blindspot sensor pada jarak 1–2 cm, ketergantungan pada internet dan sumber daya listrik, serta penurunan akurasi ketika air berada dalam kondisi bergoyang atau tidak stabil.

Untuk penelitian selanjutnya, sistem ini masih memiliki banyak peluang untuk dikembangkan agar lebih optimal. Salah satu pengembangannya adalah menambahkan indikator LED pada setiap level ketinggian air sehingga pengguna dapat memantau kondisi tanpa harus melihat tampilan digital. Akurasi pembacaan juga bisa ditingkatkan, misalnya dengan menggunakan sensor ultrasonik tipe industri, sensor tekanan, atau bahkan menggabungkan beberapa jenis sensor sekaligus. Selain itu, pembagian kategori ketinggian air dapat dibuat lebih detail, tidak hanya sekadar aman atau bahaya, tetapi juga mencakup level waspada, siaga, hingga darurat. Penggunaan metode filtering data seperti moving average juga dapat membantu menstabilkan pembacaan ketika permukaan air bergoyang. Selain itu, sistem dapat dikembangkan agar tetap bisa bekerja meskipun tanpa internet, misalnya dengan memanfaatkan penyimpanan lokal atau jenis komunikasi lain yang lebih fleksibel. Dengan berbagai pengembangan tersebut, sistem peringatan dini berbasis IoT ini berpotensi menjadi lebih akurat, responsif, dan dapat dimanfaatkan pada skala yang lebih luas, terutama di daerah yang rentan banjir.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. A. Banna and B. D. A. Nugroho, "MODEL PREDIKSI LEVEL AIR DI LAHAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DENGAN JARINGAN SARAF TIRUAN BERDASARKAN PENGUKURAN SENSOR RAIN GAUGE DAN ULTRASONIK," *JTEP-L*, vol. 10, no. 1, pp. 104–112, Mar. 2021. [Online]. Tersedia: <https://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JTP/article/view/4774/pdf>. [Diakses: 17-Nov-2025].
- [2] M. F. R. N. and M. Khaidir, "Pengukuran Aliran Air Dan Tinggi Muka Air Pada Saluran Irigasi Dengan Hall Effect Sensor Dan Ultrasonik," *jtek*, vol. 1, no. 01, pp. 61–65, Dec. 2021. [Online]. Tersedia: <https://jtek.ft-uim.ac.id/index.php/jtek/article/view/54/46>. [Diakses: 17-Nov-2025].

- [3] A. T. Kalbii, U. T. Kartini, N. Kholis, and E. Endryansyah, "Monitoring Level Air Pada Tambak Udang Dengan Sensor Ultrasonik Berbasis Internet Of Things (IoT)," *JTE*, vol. 11, no. 3, pp. 433–439, Aug. 2022. [Online]. Tersedia: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/view/48972/40828>. [Diakses: 17-Nov-2025].
- [4] A. P. Hasanah, M. I. Sarif, and H. Hafni, "PERANCANGAN SISTEM MONITORING LEVEL AIR MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK BERBASIS IOT DENGAN APLIKASI BLYNK," *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 2, pp. 1477–1483, 2025. [Online]. Tersedia: <https://journal.eng.unila.ac.id/index.php/jitet/article/view/6485/2579>. [Diakses: 17-Nov-2025].
- [5] Alvando *et al.*, "Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis ESP32 dan Telegram," *Jurnal Teknik Informatika dan Elektronika*, 2023. [Online]. Tersedia: <https://rumahjurnal.or.id/index.php/JEKIN/article/view/1634/899>. [Diakses: 17-Nov-2025].
- [6] Y. A. Syakur, E. Padang, and B. Afkri, "DESIGN OF A RIVER WATER LEVEL MEASURING INSTRUMENT USING AJ-SR04M ULTRASONIC SENSOR," *jn*, vol. 19, no. 1, pp. 60–67, Apr. 2023. [Online]. Tersedia: <https://jurnalnatural.unipa.ac.id/index.php/jn/article/view/231/151>. [Diakses: 17-Nov-2025].
- [7] T. Novita, "Prinsip kerja sensor HC-SR04 dan perhitungan jarak," *JSNu: Journal of Science Nusantara*, 2024. [Online]. Tersedia: <https://ojs.unublitar.ac.id/index.php/JSNU/article/download/1433/1105>. [Diakses: 17-Nov-2025].
- [8] Arduino, "Arduino Uno Rev3 — Technical Specifications," *Arduino.cc*, 2024. [Online]. Tersedia: <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3/>. [Diakses: 17-Nov-2025].
- [9] D. Burman, "Pembuatan Alat Monitoring Ketinggian Air Berbasis IOT | Internet of Things," YouTube, 2021. Tersedia: <https://youtu.be/wGgQJpHUszM>. [Diakses: 17-Nov-2025].
- [10] H. Zelika, "Mengukur Ketinggian Air dengan Sensor Ultrasonik Menggunakan ESP8266," YouTube, 2021. Tersedia: <https://youtu.be/EixJE8nYCI4>. [Diakses: 17-Nov-2025].
- [11] Kelas Robot, "#LangsungPraktek menghubungkan NodeMCU ESP8266 ke Firebase – Kirim Terima Data," YouTube, 2021. Tersedia: <https://youtu.be/W4Hn3pi4mNc>. [Diakses: 17-Nov-2025].
- [12] Google, "Firebase Realtime Database — Overview," *Firebase Documentation*, 2024. [Online]. Tersedia: <https://firebase.google.com/docs/database>. [Diakses: 17-Nov-2025].