



Implementasi *Early Warning System* (EWS) Banjir Berbasis IoT untuk Monitoring Kondisi Lingkungan dalam Mendukung Mitigasi Bencana

Moh Diki Maulida Rahman^{1*}, Solekhan²

¹⁻² Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muria Kudus, Indonesia

*Penulis Korespondensi: 202252002@std.umk.ac.id

Abstract. *Flooding is one of the most frequent natural disasters occurring in the Kesambi River area, causing both material and non-material losses. The delay in obtaining information related to rising water levels is a major factor contributing to low community preparedness. This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based Flood Early Warning System (EWS) capable of real-time monitoring in flood-prone areas of the Kesambi River. The method used includes hardware design utilizing an ultrasonic-based water level sensor, microcontroller, and communication module for data transmission, as well as software design in the form of a mobile-based monitoring application. The system operates by detecting changes in water level and transmitting data to an IoT platform for real-time visualization and early warning notifications to users. The testing results indicate that the system can measure water levels with good accuracy and transmit data reliably. Furthermore, the system is capable of providing rapid early warnings when the water level reaches a predefined threshold. Therefore, the developed system can improve community preparedness in facing potential floods and reduce the resulting impacts.*

Keywords: *Early Warning System; Internet of Things; Real-time Monitoring; Ultrasonic Sensor; Flood.*

Abstrak. Banjir merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di wilayah aliran Sungai Kesambi dan menimbulkan kerugian material maupun non-material. Keterlambatan informasi terkait kenaikan tinggi muka air menjadi salah satu faktor utama rendahnya kesiapsiagaan masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem *Early Warning System* (EWS) banjir berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu melakukan monitoring secara *real-time* pada daerah rawan banjir di Sungai Kesambi. Metode yang digunakan meliputi perancangan perangkat keras menggunakan sensor ketinggian air berbasis ultrasonik, mikrokontroler, serta modul komunikasi untuk pengiriman data, dan perancangan perangkat lunak berupa aplikasi monitoring berbasis *mobile*. Sistem bekerja dengan mendeteksi perubahan tinggi muka air dan mengirimkan data ke platform IoT untuk ditampilkan secara *real-time* serta memberikan notifikasi peringatan dini kepada pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi ketinggian air dengan akurasi yang baik serta mengirimkan data secara stabil. Selain itu, sistem dapat memberikan peringatan dini secara cepat ketika ketinggian air mencapai batas tertentu. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dapat membantu meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi potensi banjir dan meminimalkan dampak yang ditimbulkan.

Kata Kunci: Banjir; *Early Warning System*; *Internet of Things*; *Real-time Monitoring*; Sensor Ultrasonik.

1. LATAR BELAKANG

Banjir merupakan salah satu bencana *hidrometeorologi* yang sering terjadi di Indonesia dan menimbulkan dampak besar terhadap kehidupan masyarakat, baik dari segi sosial, ekonomi, maupun infrastruktur (Setiawan et al., 2026). Intensitas curah hujan yang tinggi serta meluapnya aliran sungai menjadi penyebab utama terjadinya banjir di berbagai wilayah, khususnya daerah aliran sungai yang memiliki kapasitas terbatas (Ratmini et al., 2025). Kondisi ini menyebabkan perlunya sistem mitigasi yang mampu memberikan informasi secara cepat dan akurat kepada masyarakat.

Salah satu permasalahan utama dalam penanggulangan banjir adalah keterlambatan dalam memperoleh informasi terkait kenaikan tinggi muka air.(Wandi & Ashari, 2023). Sistem pemantauan yang masih dilakukan secara manual dinilai kurang efektif karena tidak mampu memberikan data secara kontinu dan *real-time* (Maulana et al., 2024). Akibatnya, masyarakat sering tidak memiliki waktu yang cukup untuk melakukan tindakan antisipasi terhadap potensi banjir yang terjadi.

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) memungkinkan integrasi berbagai perangkat untuk melakukan monitoring secara otomatis dan berkelanjutan melalui jaringan internet.(Niswah et al., 2021). Teknologi IoT dapat dimanfaatkan untuk membangun sistem *Early Warning System* (EWS) yang mampu mendeteksi perubahan kondisi lingkungan dan memberikan peringatan dini kepada masyarakat. Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan sensor untuk membaca parameter lingkungan seperti ketinggian air dan mengirimkan data secara *real-time* ke pengguna (Aldin Tegar Wahyudi et al., 2022). Dalam konteks mitigasi bencana, IoT dapat digunakan untuk membangun sistem *Early Warning System* (EWS) yang efektif dalam memberikan peringatan dini kepada masyarakat.

Beberapa penelitian telah mengembangkan sistem EWS banjir berbasis IoT dengan berbagai pendekatan, seperti penggunaan sensor ketinggian air dan sistem notifikasi berbasis aplikasi.(Tamam & Sakti, 2024) Selain itu, integrasi metode pengolahan data seperti *fuzzy logic* juga digunakan untuk meningkatkan akurasi dalam menentukan status kondisi banjir (Muhammad Iqbal Dwiyanto et al., 2025). Sistem tersebut mampu mengklasifikasikan kondisi menjadi beberapa kategori seperti aman, siaga, dan bahaya secara otomatis.

Pengembangan sistem monitoring berbasis IoT juga didukung oleh penggunaan platform komunikasi yang memungkinkan penyampaian informasi secara cepat kepada pengguna (Saputro & Latifa, 2022). Dengan adanya sistem notifikasi berbasis *mobile* atau web, masyarakat dapat memperoleh informasi kondisi lingkungan secara langsung tanpa harus melakukan pengecekan manual. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi IoT memiliki peran penting dalam meningkatkan efektivitas sistem peringatan dini. Namun, implementasi sistem EWS di beberapa daerah masih memiliki keterbatasan, seperti kurangnya integrasi sistem secara menyeluruh serta keterbatasan dalam monitoring secara *real-time* pada lokasi tertentu (Maulana et al., 2024). Oleh karena itu, diperlukan pengembangan sistem yang lebih optimal dan dapat diterapkan secara spesifik pada daerah rawan banjir, seperti Sungai Kesambi.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi sistem *Early Warning System* (EWS) banjir berbasis *Internet of Things* (IoT) yang ditujukan untuk melakukan monitoring pada daerah rawan banjir di Sungai Kesambi. Sistem ini dirancang dengan mengintegrasikan sensor ketinggian air berbasis ultrasonik sebagai pendeteksi cadangan, sensor *water level* sebagai sensor utama, sensor hujan serta ESP32 sebagai pengolah data, serta modul komunikasi untuk mengirimkan data ke platform berbasis internet. Data yang diperoleh dari sensor akan diproses secara otomatis dan dikirimkan ke sistem monitoring sehingga pengguna dapat

mengetahui kondisi tinggi muka air secara akurat dan berkelanjutan. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan parameter batas tertentu untuk mengklasifikasikan kondisi air ke dalam beberapa status seperti aman, siaga, dan bahaya.

Implementasi sistem ini diharapkan mampu memberikan informasi secara *real-time* serta notifikasi peringatan dini kepada masyarakat melalui *website* maupun Telegram. Dengan adanya sistem peringatan dini ini, masyarakat dapat memperoleh informasi secara cepat ketika terjadi peningkatan ketinggian air yang berpotensi menyebabkan banjir. Hal tersebut diharapkan dapat meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi bencana, sehingga tindakan mitigasi dapat dilakukan lebih awal. Dengan demikian, sistem EWS berbasis IoT ini tidak hanya berfungsi sebagai alat monitoring, tetapi juga sebagai solusi dalam mengurangi risiko dan dampak kerugian yang ditimbulkan akibat banjir di wilayah Sungai Kesambi.

2. KAJIAN TEORITIS

Teori *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan teknologi yang menghubungkan berbagai perangkat elektronik melalui jaringan internet sehingga perangkat dapat saling bertukar informasi secara otomatis tanpa memerlukan interaksi manusia secara langsung. Penerapan IoT pada sistem monitoring memungkinkan data yang diperoleh dari sensor dikirim menuju server secara *real-time* sehingga kondisi lingkungan dapat dipantau dari lokasi yang berbeda (Ally Akbar Salim et al., 2022).

Pada penelitian ini, teknologi IoT digunakan untuk menghubungkan sensor ultrasonik, sensor *water level*, dan sensor hujan dengan mikrokontroler ESP32. Selanjutnya data hasil pembacaan sensor dikirimkan melalui jaringan internet menuju server dan ditampilkan pada *website* monitoring sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi sungai *secara real-time*.

Teori *Early Warning System* (EWS)

Early Warning System (EWS) merupakan sistem yang dirancang untuk mendeteksi potensi bencana melalui proses pemantauan kondisi lingkungan secara terus-menerus, kemudian memberikan informasi peringatan kepada masyarakat sebelum bencana terjadi. Sistem tersebut memanfaatkan sensor sebagai media pengambilan data, mikrokontroler sebagai pengolah informasi, serta jaringan internet sebagai media komunikasi agar informasi dapat diterima secara cepat (Farabi & Sintawati, 2024).

Berdasarkan konsep tersebut, penerapan *Early Warning System* tidak hanya berfungsi sebagai alat pemantau kondisi sungai, tetapi juga sebagai media mitigasi bencana yang mampu meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat. Pada penelitian ini, sistem EWS dikembangkan dengan memanfaatkan beberapa parameter, yaitu tinggi muka air, status *water level*, dan curah hujan sebagai indikator potensi banjir. Ketika salah satu parameter menunjukkan kondisi siaga maupun bahaya, sistem secara otomatis mengirimkan informasi menuju *website* monitoring, Telegram, serta mengaktifkan sirene dan lampu indikator sehingga masyarakat memperoleh peringatan lebih cepat sebelum banjir terjadi.

Monitoring Ketinggian Air Berbasis IoT

Sistem monitoring tinggi muka air berbasis *Internet of Things* memanfaatkan sensor ultrasonik yang dihubungkan dengan mikrokontroler untuk melakukan pengukuran secara kontinu. Data hasil pengukuran kemudian dikirim menuju server sehingga kondisi tinggi muka air dapat dipantau secara *real-time* melalui media monitoring berbasis web (Putri et al., 2026).

Konsep tersebut menjadi dasar dalam pengembangan penelitian ini karena sistem monitoring yang dibangun tidak hanya memanfaatkan sensor ultrasonik sebagai pengukur tinggi muka air, tetapi juga mengombinasikannya dengan sensor *water level* sebagai sensor utama dan sensor hujan sebagai pendukung. Integrasi ketiga sensor tersebut menghasilkan informasi yang lebih lengkap mengenai

kondisi lingkungan. Selain itu, penggunaan *website* monitoring memungkinkan seluruh data ditampilkan secara visual sehingga pengguna dapat mengetahui perubahan kondisi sungai secara langsung tanpa harus berada di lokasi pemasangan alat.

Website Monitoring dan Sistem Peringatan

Sistem monitoring berbasis *website* yang dipadukan dengan perangkat alarm seperti sirene mampu meningkatkan efektivitas penyampaian informasi kepada masyarakat. Ketika sensor mendeteksi kenaikan tinggi muka air, data akan dikirim menuju server dan secara bersamaan sistem mengaktifkan alarm sehingga pengguna memperoleh informasi baik secara visual maupun audio (Damayanti et al., 2024).

Berdasarkan penelitian tersebut, *website* monitoring memiliki peranan penting sebagai pusat penyajian informasi kondisi sungai secara *real-time*. Pada penelitian ini, *website* tidak hanya menampilkan nilai tinggi muka air, tetapi juga menampilkan status kondisi sungai, intensitas curah hujan, serta kondisi perangkat. Selain *website*, sistem juga dilengkapi dengan lampu indikator dan sirene yang bekerja secara otomatis ketika status berubah menjadi siaga ataupun bahaya. Kombinasi media informasi tersebut diharapkan mampu meningkatkan efektivitas penyampaian informasi kepada masyarakat sehingga proses mitigasi dapat dilakukan lebih cepat.

Notifikasi Telegram

Pemanfaatan aplikasi Telegram sebagai media notifikasi pada sistem *Internet of Things* (IoT) memungkinkan informasi mengenai perubahan kondisi tinggi muka air dikirimkan secara otomatis kepada pengguna melalui Telegram Bot. Integrasi Telegram dengan mikrokontroler memberikan keunggulan berupa proses pengiriman informasi yang cepat, mudah diimplementasikan, serta dapat diakses melalui perangkat seluler selama terhubung dengan jaringan internet (Waluyo & Putra, 2024).

Berdasarkan konsep tersebut, Telegram merupakan media komunikasi yang efektif untuk mendukung sistem *Early Warning System* (EWS) banjir karena mampu menyampaikan informasi secara langsung kepada pengguna tanpa harus membuka aplikasi monitoring berbasis web. Pada penelitian ini, Telegram digunakan sebagai media notifikasi ketika sensor *water level*, sensor ultrasonik, maupun sensor hujan mendeteksi perubahan kondisi yang menunjukkan potensi banjir. ESP32 akan mengirimkan informasi status aman, siaga, atau bahaya secara otomatis melalui Telegram Bot sehingga pengguna dapat segera mengetahui kondisi sungai dan mengambil langkah antisipasi. Penggunaan Telegram sebagai media notifikasi juga melengkapi fungsi *website* monitoring dan perangkat peringatan lokal berupa sirene serta lampu indikator, sehingga informasi dapat diterima masyarakat melalui beberapa media secara bersamaan.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini menjelaskan secara singkat mengenai tahapan perancangan, pembuatan, serta pengujian sistem *Early Warning System* (EWS) banjir berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem *Early Warning System* (EWS) berbasis *Internet of Things* (IoT) berkembang pesat sebagai solusi mitigasi banjir yang mampu memberikan informasi secara *real-time*. Teknologi ini memanfaatkan sensor ultrasonik untuk mendeteksi muka air, sensor *float* untuk mendeteksi ketinggian air secara langsung, dan sensor hujan untuk mengetahui intensitas curah hujan sebagai potensi banjir, serta penggunaan jaringan internet sebagai transmisi mengirimkan data kondisi lingkungan secara cepat dan akurat.

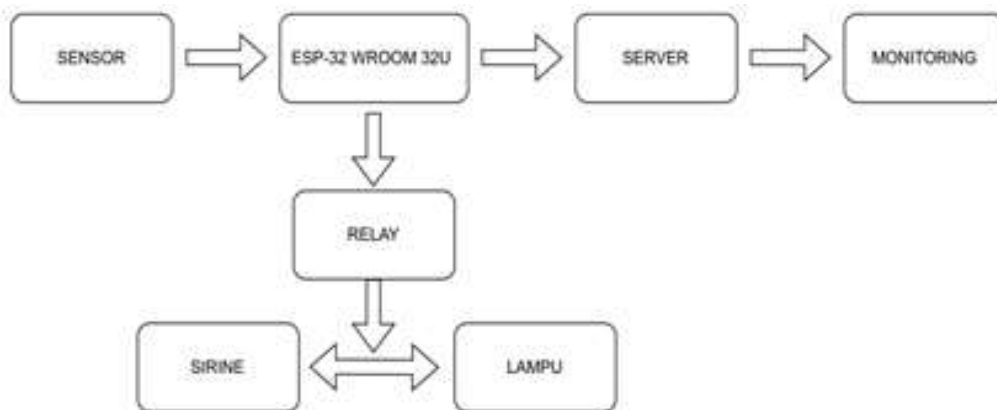
Sistem monitoring banjir berbasis IoT mampu mengintegrasikan berbagai sensor seperti sensor ultrasonik dan sensor debit air untuk menghasilkan data ketinggian air secara akurat dan dikirimkan secara *real-time* ke pengguna (Akbar et al., 2023). Sistem ini dirancang dengan tujuan untuk melakukan monitoring

ketinggian air secara *real-time* serta memberikan peringatan dini kepada masyarakat ketika kondisi air mencapai ambang batas tertentu.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem merupakan gambaran umum mengenai alur kerja dan hubungan antar komponen pada sistem *Early Warning System* (EWS) banjir berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dirancang. Diagram blok digunakan untuk menjelaskan proses pengambilan data dari sensor, pengolahan data oleh mikrokontroler, pengiriman data ke server, hingga proses monitoring dan pemberian peringatan dini kepada masyarakat. Diagram blok sistem yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



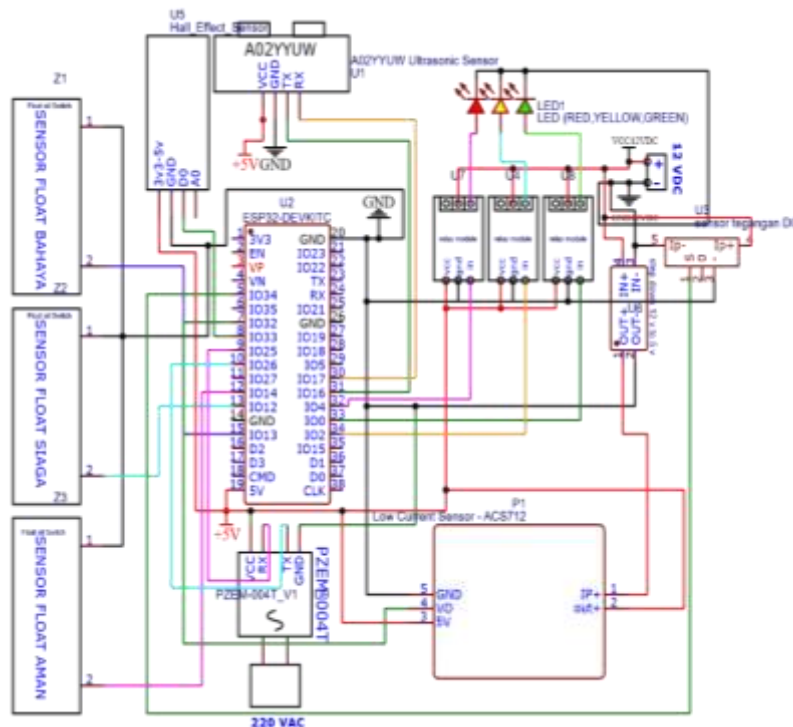
Gambar 1. Diagram Blok Sistem.

Berdasarkan Gambar 1 di atas, sistem terdiri dari beberapa bagian utama yaitu sensor, mikrokontroler ESP32 WROOM 32U, server, *website* monitoring, modul *relay*, sirene, dan lampu indikator. Sensor berfungsi sebagai perangkat masukan (*input*) yang bertugas mendeteksi kondisi lingkungan berupa ketinggian permukaan air dan kondisi curah hujan. Sensor yang digunakan meliputi sensor ultrasonik *waterproof* untuk mengukur ketinggian permukaan air, sensor *float* untuk mendeteksi status level air pada batas tertentu, serta sensor hujan tipe *tipping*

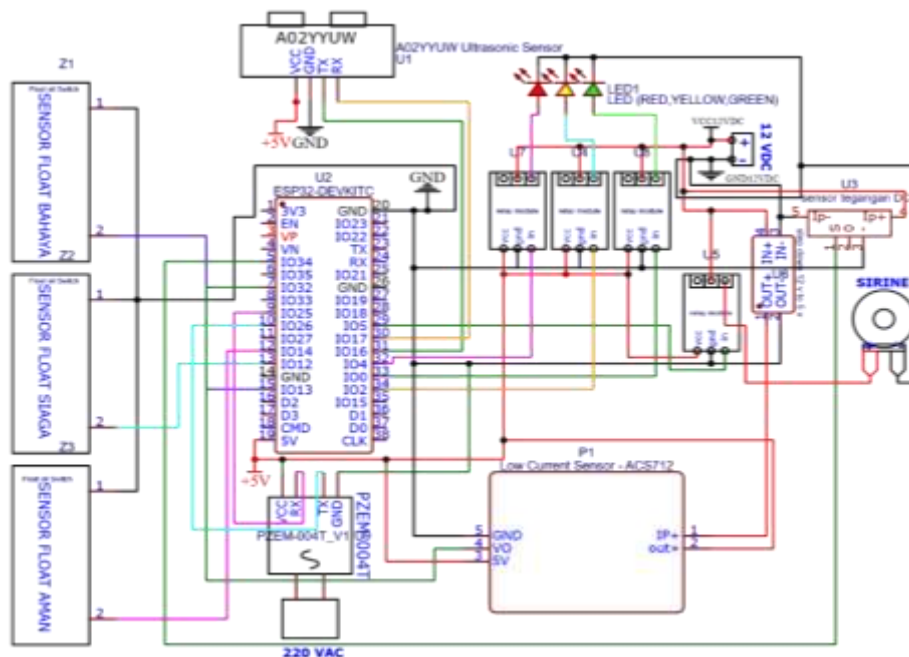
bucket untuk mengukur intensitas curah hujan. Data hasil pembacaan sensor kemudian dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 WROOM 32U sebagai pusat pengendali sistem. ESP32 bertugas melakukan pengolahan data, menentukan status kondisi air berdasarkan parameter yang telah ditentukan, serta mengirimkan data hasil pengukuran menuju server melalui jaringan internet. Server berfungsi sebagai media penyimpanan dan pengelolaan data yang diterima dari ESP32 WROOM.

Rancangan Sistem

Perancangan sistem *Early Warning System* (EWS) banjir berbasis *Internet of Things* (IoT) pada penelitian ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu perangkat hulu dan perangkat hilir yang saling terintegrasi melalui jaringan internet. Perancangan kedua perangkat tersebut bertujuan untuk melakukan pemantauan kondisi sungai secara *real-time* serta memberikan peringatan dini kepada masyarakat ketika terjadi peningkatan tinggi muka air yang berpotensi menyebabkan banjir. Perancangan sistem dapat di lihat pada gambar 2. Dan 3.



Gambar 2. Perancangan Sistem Hulu.



Gambar 3. Perancangan Sistem Hilir.

Pada perangkat hulu, komponen utama yang digunakan adalah mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali sistem. ESP32 terhubung dengan sensor ultrasonik *waterproof* yang berfungsi sebagai sensor cadangan untuk mengukur jarak permukaan air terhadap sensor secara kontinu. Selain itu, digunakan tiga sensor *float* sebagai sensor utama untuk mendeteksi status ketinggian air pada kondisi aman, siaga, dan bahaya. Data yang diperoleh dari sensor kemudian diproses oleh ESP32 untuk menentukan kondisi sungai berdasarkan parameter yang telah ditetapkan. Hasil pengolahan data selanjutnya dikirimkan ke server melalui jaringan internet sehingga dapat ditampilkan pada *website* monitoring secara *real-time*. Untuk mendukung keandalan sistem, perangkat hulu juga dilengkapi dengan sensor tegangan dan sensor arus yang digunakan untuk memantau kondisi sumber daya. Sensor tegangan berfungsi mengukur kapasitas baterai yang digunakan sebagai catu daya sistem, sedangkan sensor arus digunakan untuk mengetahui konsumsi arus selama perangkat beroperasi. Selain itu, digunakan modul PZEM-004T yang berfungsi untuk

memonitor parameter kelistrikan sehingga kondisi penggunaan daya sistem dapat diketahui secara *real-time*.

Sedangkan pada perangkat hilir berfungsi sebagai media penyampaian informasi dan peringatan kepada masyarakat. Perangkat ini menggunakan ESP32 yang menerima data kondisi sungai dari server. Informasi yang diterima kemudian ditampilkan melalui lampu indikator yang terdiri dari LED hijau untuk kondisi aman, LED kuning untuk kondisi siaga, dan LED merah untuk kondisi bahaya. Selain indikator visual, sistem juga dilengkapi dengan sirene yang berfungsi memberikan peringatan suara ketika kondisi air mencapai status bahaya sehingga masyarakat dapat segera melakukan tindakan antisipasi. Perangkat hilir juga menggunakan *buzzer* sebagai indikator bahwa sistem telah terhubung dengan jaringan internet dan beroperasi dengan baik.

Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mengukur jarak antara sensor dan permukaan air serta memastikan tingkat akurasi pembacaan yang dihasilkan. Sensor ultrasonik A02YYUW digunakan sebagai sensor pendukung dalam sistem monitoring ketinggian air sungai yang bekerja berdasarkan prinsip pemancaran dan penerimaan gelombang ultrasonik. Hasil pengukuran sensor kemudian dibandingkan dengan alat ukur referensi berupa meteran bangunan untuk mengetahui tingkat kesalahan (*error*) dan akurasi sensor.

Pengujian ini dilakukan karena sensor ultrasonik memiliki peran penting dalam sistem *Early Warning System* (EWS) banjir sebagai sensor cadangan (*backup sensor*) ketika sensor *float* mengalami gangguan atau tidak dapat bekerja secara optimal. Oleh karena itu, diperlukan pengujian untuk memastikan bahwa sensor mampu memberikan hasil pengukuran yang mendekati nilai sebenarnya sehingga informasi ketinggian air yang dikirimkan ke sistem monitoring dapat dipercaya dan digunakan sebagai dasar penentuan status kondisi sungai. Proses

pengujian dilakukan dengan memberikan variasi jarak pengukuran secara bertahap mulai dari 50 cm hingga 500 cm. Dalam menentukan persentase *error*, didapat dengan persamaan 1 sebagai berikut.

Rumus Persentase *Error*:

$$E = \frac{X - X_i}{X} \times 100\% \quad \dots (i)$$

Sumber: (Desmira, Aziz Nur Mubarak and Juniwan, 2024).

Keterangan:

E = *error*

X = nilai sebenarnya

X_i = nilai yang terukur

Dalam menentukan persentase akurasi, didapat dengan persamaan 2 sebagai berikut.

Rumus Persentase Akurasi:

$$A = 100\% - \text{error} \quad \dots (ii)$$

Sumber: (Ivory et al., 2021).

Keterangan:

A = Akurasi

Tabel 1. Data Perbandingan Sensor Ultrasonik.

Uji Coba	Nilai Jarak meteran (cm)	Nilai Pembacaan Ultrasonik (cm)	<i>Error</i> (%)	Akurasi (%)
1	50	48	0,04	99,96
2	100	98	0,02	99,98
3	150	147	0,02	99,98
4	200	197	0,15	99,85
5	250	246	0,16	99,84
6	300	297	0,01	99,99
7	350	347	0,08	99,92
8	400	396	0,01	99,99

9	450	447	0,06	99,94
10	500	496	0,08	99,92
Rata – Rata			0,06	99,93

Berdasarkan Tabel 1 di atas menunjukkan nilai *error* minimum yang diperoleh adalah 0,01% pada pengujian ke-6 dan ke-8, sedangkan nilai *error* maksimum sebesar 0,16% pada pengujian ke-5. Adapun nilai akurasi minimum yang diperoleh adalah 99,84%, sedangkan nilai akurasi maksimum mencapai 99,99%. Secara keseluruhan, rata-rata *error* sebesar 0,06% dan rata-rata akurasi sebesar 99,93% menunjukkan bahwa sensor ultrasonik memiliki performa yang sangat baik dalam mengukur jarak dan layak digunakan sebagai pendukung sistem monitoring ketinggian air secara *real-time*.

Pengujian Sensor *Water Level* terhadap Perubahan Status

Pengujian sensor *water level* dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi perubahan ketinggian air berdasarkan batas level yang telah ditentukan pada sistem. Sensor *water level* yang digunakan terdiri dari beberapa sensor *float* yang dipasang pada ketinggian berbeda untuk merepresentasikan kondisi aman, siaga, dan bahaya. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan setiap sensor dapat memberikan respons yang sesuai ketika terjadi kenaikan maupun penurunan permukaan air. Pengujian sensor *water level* terhadap perubahan status dapat di lihat pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Data Perubahan Status Sensor Water Level.

Uji Coba	Ketinggian air (cm)	Respon Status (aman, siaga, bahaya)	Lampu
1	0	aman	hijau
2	20	aman	hijau
3	40	aman	hijau
4	60	aman	hijau
5	80	aman	hijau

6	100	siaga	kuning
7	120	siaga	kuning
8	150	bahaya	merah
9	170	bahaya	merah
10	200	bahaya	merah

Berdasarkan Tabel 2, hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor *water level* mampu mendeteksi perubahan ketinggian air dan mengubah status sistem sesuai dengan batas yang telah ditentukan. Pada ketinggian air 0-80 cm sistem berada pada kondisi aman dengan indikator lampu hijau, kemudian berubah menjadi status siaga dengan indikator lampu kuning pada ketinggian 100-120 cm, dan beralih ke status bahaya dengan indikator lampu merah ketika ketinggian air mencapai 150-200 cm. Dari 10 kali pengujian yang dilakukan, seluruh perubahan status yang dihasilkan sesuai dengan kondisi ketinggian air yang diberikan tanpa terjadi kesalahan deteksi maupun kegagalan indikator. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor *water level* dapat bekerja dengan baik dan memiliki tingkat keandalan yang tinggi dalam mendeteksi perubahan tinggi muka air

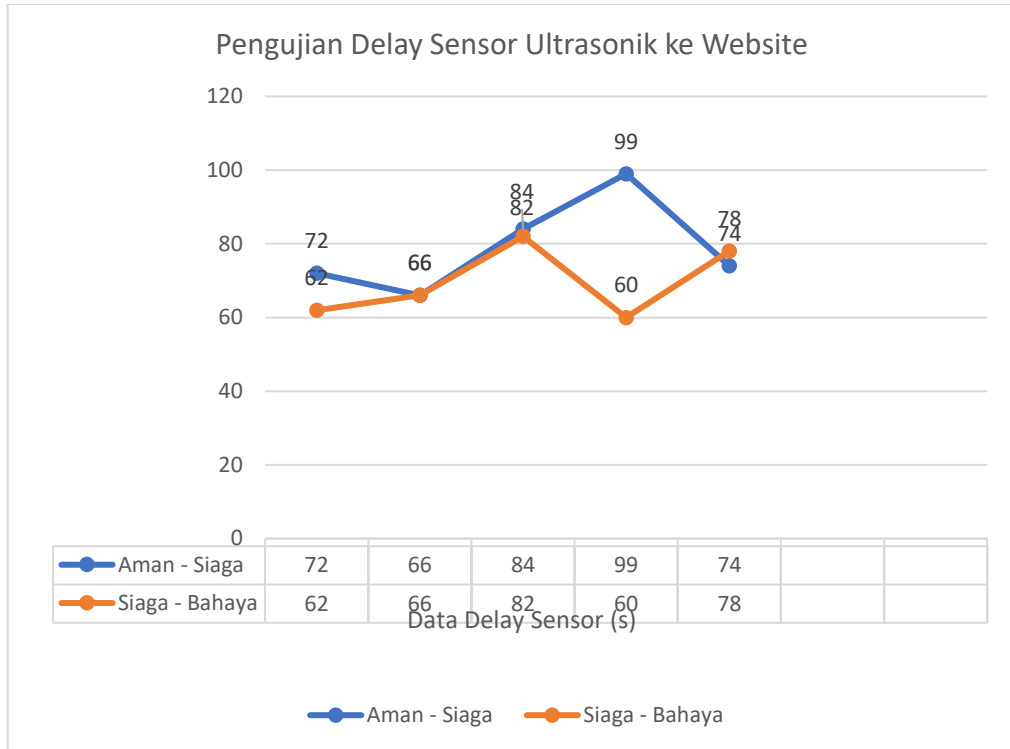
Pengujian Pengiriman Data Sensor Ultrasonik ke *Website*

Pengujian pengiriman data sensor ultrasonik ke *website* dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan sistem dalam mengirimkan data hasil pembacaan sensor menuju *website* monitoring melalui jaringan internet. Parameter yang diamati pada pengujian ini adalah waktu tunda (*delay*) yang dihitung sejak data dibaca oleh sensor ultrasonik hingga data berhasil ditampilkan pada halaman *website* monitoring. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali percobaan yang terdiri dari perubahan status aman ke siaga dan perubahan status siaga ke bahaya dengan kondisi jaringan WiFi yang relatif stabil. Hasil pengujian pengiriman data sensor ultrasonik ke website ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Pengujian Pengiriman Data Sensor Ultrasonik.

Uji Coba	Pembacaan Sensor Ultrasonik (<i>cm</i>)	Respon Status (aman - siaga)	Delay Pengiriman Data (<i>s</i>)
1	300 – 295	Aman – Siaga	72
2	300 – 280	Aman – Siaga	66
3	300 – 275	Aman – Siaga	84
4	300 – 260	Aman – Siaga	99
5	300 – 250	Aman – Siaga	74
6	250 – 245	Siaga – Bahaya	62
7	250 – 230	Siaga – Bahaya	66
8	250 – 220	Siaga – Bahaya	82
9	250 – 210	Siaga – Bahaya	60
10	250 – 200	Siaga – Bahaya	78

Berdasarkan Tabel 3 pengujian pengiriman data sensor ultrasonik ke *website* dilakukan sebanyak 10 kali percobaan yang meliputi perubahan status dari aman ke siaga dan siaga ke bahaya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh data yang dikirimkan oleh ESP32 berhasil diterima dan ditampilkan pada *website* monitoring. Dari hasil pengujian tersebut diperoleh nilai *delay* minimum sebesar 60 detik, nilai *delay* maksimum sebesar 99 detik, dan nilai *delay* rata-rata sebesar 74,3 detik. Perbedaan waktu pengiriman yang terjadi pada setiap percobaan dipengaruhi oleh kondisi jaringan internet, proses pengolahan data pada mikrokontroler, serta waktu respons *server* dalam menerima dan menampilkan data. Meskipun terdapat variasi waktu pengiriman, seluruh data berhasil dikirim dengan tingkat keberhasilan mencapai 100%, sehingga sistem dapat menjalankan fungsi monitoring ketinggian air secara baik.



Gambar 4. Grafik Hasil Pengujian *Delay* Sensor Ultrasonik ke *Website*.

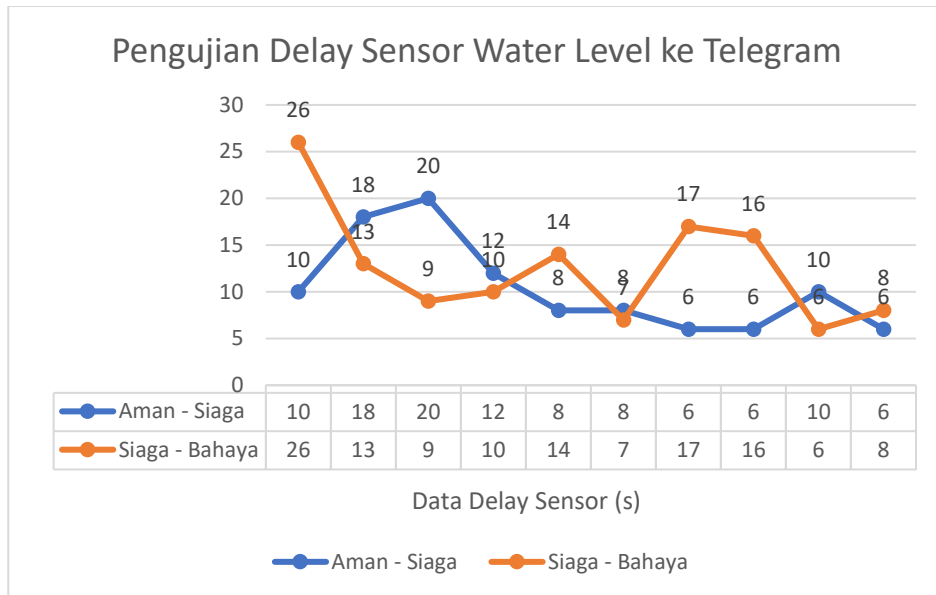
Pengujian Pengiriman Data Sensor *Water Level* ke Telegram

Pengujian pengiriman data sensor *water level* ke Telegram dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan sistem dalam mengirimkan notifikasi perubahan status ketinggian air kepada pengguna melalui aplikasi Telegram. Pengujian dilakukan pada kondisi perubahan status aman ke siaga dan siaga ke bahaya dengan mengamati waktu yang diperlukan sejak sensor mendeteksi perubahan level air hingga notifikasi berhasil diterima pada Telegram. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. Data *Delay* Sensor *Float* Hulu Ke Telegram.

Uji Coba	Respon Status (Aman - Siaga)	Delay Pengiriman Data (s)	Respon Status (Siaga - Bahaya)	Delay Pengiriman Data (s)
1	aman - siaga	10	siaga - bahaya	26
2	aman - siaga	18	siaga - bahaya	13
3	aman - siaga	20	siaga - bahaya	9
4	aman - siaga	12	siaga - bahaya	10
5	aman - siaga	8	siaga - bahaya	14
6	aman - siaga	8	siaga - bahaya	7
7	aman - siaga	6	siaga - bahaya	17
8	aman - siaga	6	siaga - bahaya	16
9	aman - siaga	10	siaga - bahaya	6
10	aman - siaga	6	siaga - bahaya	8

Berdasarkan Tabel 4 pengujian pengiriman data sensor *water level* ke Telegram dilakukan sebanyak 10 kali percobaan pada setiap perubahan status ketinggian air, yaitu dari kondisi aman ke siaga dan dari siaga ke bahaya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa waktu pengiriman notifikasi mengalami variasi pada setiap percobaan. Perbedaan waktu tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kualitas jaringan internet, kestabilan koneksi perangkat IoT, serta proses komunikasi data antara ESP32 dan server Telegram. Dari seluruh pengujian yang dilakukan, diperoleh nilai *delay* minimum sebesar 6 detik, nilai *delay* maksimum sebesar 26 detik, dan nilai *delay* rata-rata sebesar 11,5 detik. Meskipun terdapat perbedaan waktu pengiriman pada setiap percobaan, seluruh notifikasi berhasil diterima dengan baik oleh pengguna.



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian *Delay* Sensor Water Level ke Telegram.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, sistem *Early Warning System* (EWS) banjir berbasis *Internet of Things* (IoT) mampu menjalankan fungsi monitoring dan peringatan dini dengan baik. Sensor ultrasonik menunjukkan kinerja yang sangat baik dengan rata-rata *error* sebesar 0,06% dan rata-rata *akurasi* sebesar 99,93% dalam mengukur ketinggian air. Sensor *water level* juga berhasil mendeteksi perubahan kondisi air dan mengklasifikasikannya ke dalam status aman, siaga, dan bahaya sesuai dengan batas yang telah ditentukan.

Selain itu, sensor hujan mampu mengidentifikasi intensitas curah hujan berdasarkan jumlah tip yang terdeteksi. Hasil pengujian komunikasi data menunjukkan bahwa seluruh data berhasil dikirim ke *website* dengan rata-rata *delay* sebesar 74,3 detik, sedangkan notifikasi Telegram berhasil diterima dengan rata-rata *delay* sebesar 11,5 detik. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan dapat melakukan pemantauan ketinggian air dan curah hujan secara *real-time* serta

memberikan informasi peringatan dini secara cepat dan andal, sehingga dapat digunakan sebagai pendukung mitigasi risiko banjir.

DAFTAR REFERENSI

- Akbar, A., Clinton, M., & Ashari, I. F. (2023). Analysis and Implementation Monitoring Flood System Based on IoT Using Sugeno Fuzzy Logic. *Komputika : Jurnal Sistem Komputer*, 12(1), 25–34. <https://doi.org/10.34010/komputika.v12i1.7089>
- Aldin Tegar Wahyudi, Diana Yusuf, & Elliya Sestri. (2022). Perancangan Alat Peringatan Dini Banjir dengan Sensor HC SR-O4 Dan NODEMCU Berbasis IOT. *Jurnal Teknologi Informasi (JUTECH)*, 3(1), 47–54. <https://doi.org/10.32546/jutech.v3i1.2115>
- Ally Akbar Salim, Emilia Hesti, & Lindawati. (2022). The Water Monitoring System in Flood Alert Level Design Based on Internet of Things (IoT). *Jurnal E-Komtek (Elektro-Komputer-Teknik)*, 6(2), 184–195. <https://doi.org/10.37339/e-komtek.v6i2.959>
- Damayanti, M. A., Wahyuningtyas, S. H., Balistiyadhana, D. Z., Hapsari, A. D., Shammah, A. El, Yusa, N. C. A., Adi, F. P., Yanuar, M. R. W., Isabella, F. L., Wulandari, A. D., Jannah, A. M., Putri, M. I., Pratama, J. A. S., Nur'alifah, S., Cherliyawati, H., Kusumawati, N., Abiyasa, M. T., Pebriyanto, D., & Isworo, S. (2024). The IoT-Based Early Warning System for Detecting High Tide Floods (ROB-EWS) in Tambak Lorok, Semarang Indonesia. *Journal of Geography, Environment and Earth Science International*, 28(10), 13–24. <https://doi.org/10.9734/jgeesi/2024/v28i10822>
- Farabi, M. R. Al, & Sintawati, A. (2024). Flood early warning system at Jakarta dam using internet of things (IoT)-based real-time fishbone method to support industrial revolution 4.0. *Journal of Soft Computing Exploration*, 5(2), 99–106. <https://doi.org/10.52465/josce.v5i2.293>
- Maulana, D. R., Zefaniya, R., Sinulingga, B., Rahma, C., Abu, G., Syifa, A. ', Brahmantya, T., Pramudita, A., Dhoni, T., & Setiawan, P. (2024). Implementasi Early Warning System (EWS) Banjir Berbasis IoT Menggunakan Machine Learning dan Wireless Sensor Network. 12(6), 8582–8591.

- Muhammad Iqbal Dwiyanto, Ari Eko Wardoyo, & Dewi Lusiana Pater. (2025). Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir Berbasis Iot Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno. *JUSTINDO (Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi Indonesia)*, 10(1), 62–72. <https://doi.org/10.32528/justindo.v10i1.2670>
- Niswah, N., Suroso, S., & Soim, S. (2021). Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Bencana Hidrometeorologi Berbasis Internet of Thing (IoT) Di BMKG. *SMATIKA JURNAL*, 11(02), 153–159. <https://doi.org/10.32664/smatika.v11i02.593>
- Putri, I. T., Fitriamalia, K., & Pulungan, W. A. (2026). *Jurnal Armada Informatika Sistem Monitoring Ketinggian Air sebagai Pendeteksi Banjir Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Eksperimental Kuantitatif Water Level Monitoring System as a Flood Detection System Based on the Internet of Things (IoT) with Quantitative Experimental Methodology Jurnal Armada Informatika*. 10, 35–42. <https://doi.org/10.36520/jai.v10i1.222>
- Ratmini, Y., Atina, V., & Purwanto, E. (2025). Sistem Monitoring dan Peringatan Dini Banjir Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, 19(1), 1–7. <https://doi.org/10.32815/jitika.v19i1.1103>
- Saputro, P. J. S., & Latifa, U. (2022). Prototipe Sistem Peringatan Dini (EWS) Bendungan Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Antarmuka Web dan Aplikasi Mobile. *Jurnal Otomasi Kontrol Dan Instrumentasi*, 14(1), 31–40. <https://doi.org/10.5614/joki.2022.14.1.4>
- Setiawan, D., Noratama Putri, R., Salamun, Luluk Elvitaria, & Liza Trisnawati. (2026). Pengembangan Arsitektur Edge Computing untuk Early Warning System (EWS) Banjir Berbasis Multi-Sensor Menggunakan Model Hybrid LSTM–Random Forest. *JEKIN - Jurnal Teknik Informatika*, 6(1), 82–88. <https://doi.org/10.58794/jekin.v6i1.2028>
- Tamam, M. T., & Sakti, A. E. (2024). Design and Construction Of A River Water Level Monitoring System Based On IOT (Internet Of Things). *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*, 25(2), 123. <https://doi.org/10.30595/techno.v25i2.23843>
- Waluyo, A. F., & Putra, T. R. (2024). Peringatan Dini Banjir Berbasis Internet Of Things (IOT) dan Telegram. *Infotek: Jurnal Informatika Dan Teknologi*, 7(1), 142–150. <https://doi.org/10.29408/jit.v7i1.24109>
- Wandi, I. A., & Ashari, A. (2023). Monitoring Ketinggian Air dan Curah Hujan Dalam Early Warning System Bencana Banjir Berbasis IoT. *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, 13(1). <https://doi.org/10.22146/ijeis.83569>