

IMPLEMENTASI INTERNET OF THINGS (IOT) UNTUK MONITORING KETINGGIAN AIR MENGGUNAKAN SENIOR ULTRASONIK DAN BOT TELEGRAM SEBAGAI SISTEM PERINGKAT DINI BANJIR DI DESA LOIRENG KECAMATAN SAYUNG

IMPLEMENTATION OF THE INTERNET OF THINGS (IOT) FOR WATER LEVEL MONITORING USING ULTRASONIC SENSORS AND TELEGRAM BOTS AS AN EARLY FLOOD WARNING SYSTEM IN LOIRENG VILLAGE, SAYUNG DISTRICT

Muhamad Lailul Fikri¹, Alexander Dharmawan², Satrio Agung Prakoso³

Universitas AKI Semarang^{1,2,3}

fikirud@gmail.com¹

ABSTRACT

Flooding is a recurring threat in coastal areas such as Loireng Village, Demak. This study aims to develop a water level monitoring system based on the Internet of Things (IoT) using the HC-SR04 ultrasonic sensor and Arduino Uno microcontroller. The system is integrated with a Telegram Bot to send automatic early warning notifications when water levels exceed a defined threshold. A prototyping method was employed to iteratively build and improve the system based on user feedback. Test results indicate that the system provides high accuracy (deviation <1.5 cm) and delivers notifications in an average of 2 seconds. The notification success rate reached 83.3%. The system proved to be responsive, energy-efficient, and effective as a community-based early flood warning solution.

Keywords: *IoT, Flood Early Warning, Telegram Bot.*

ABSTRAK

Banjir merupakan ancaman rutin bagi wilayah pesisir seperti Desa Loireng, Demak. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem monitoring ketinggian air berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dan mikrokontroler Arduino Uno. Sistem ini terintegrasi dengan Bot Telegram untuk mengirimkan notifikasi peringatan dini secara otomatis ketika ketinggian air melebihi ambang batas tertentu. Metode prototyping digunakan untuk membangun sistem secara bertahap melalui umpan balik pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu membaca ketinggian air dengan akurasi tinggi (deviasi <1,5 cm) dan mengirimkan notifikasi rata-rata dalam 2 detik. Tingkat keberhasilan pengiriman pesan mencapai 83,3%. Sistem ini terbukti responsif, hemat energi, dan efektif sebagai solusi peringatan dini banjir berbasis komunitas.

Kata Kunci: *IoT, Peringatan Dini Banjir, Telegram Bot*

PENDAHULUAN

Bencana banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologis yang paling sering terjadi di Indonesia. Menurut data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), pada tahun 2023 tercatat lebih dari 1.000 kejadian banjir yang tersebar di berbagai provinsi, terutama di wilayah pesisir dan dataran rendah seperti Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah. Desa Loireng, sebagai salah satu desa di Kecamatan Sayung, merupakan wilayah yang sangat rentan terhadap banjir rob dan limpasan air sungai. Setiap tahunnya, masyarakat desa menghadapi kerugian besar akibat kerusakan lahan pertanian, infrastruktur, dan pemukiman,

serta gangguan terhadap kegiatan sosial-ekonomi masyarakat setempat.

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem penanganan banjir yang bersifat reaktif tidak lagi memadai. Pendekatan yang lebih proaktif dan berbasis teknologi diperlukan untuk mengantisipasi dampak banjir secara dini. Salah satu pendekatan yang kini berkembang pesat adalah penerapan Internet of Things (IoT) dalam sistem peringatan dini bencana. IoT memungkinkan perangkat seperti sensor dan mikrokontroler untuk mengumpulkan data lingkungan secara real-time, memprosesnya, dan mengirimkannya ke pengguna akhir melalui jaringan internet secara otomatis. Menurut Elgazzar et al. (2022), Internet of Things (IoT) telah

menyambungkan sensor dan aktuator ke objek fisik sehingga mereka dapat berkomunikasi dan bertukar data untuk meningkatkan efisiensi dan memungkinkan layanan cerdas secara real-time, yang pada gilirannya akan meningkatkan kualitas hidup manusia.

Dalam konteks pemantauan banjir, sensor ultrasonik merupakan salah satu jenis sensor yang paling banyak digunakan untuk mengukur ketinggian air karena memiliki kelebihan berupa keakuratan tinggi, harga terjangkau, serta daya tahan dalam lingkungan basah. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang ultrasonik yang dapat mengukur jarak permukaan air ke sensor (Wijaya & Siagian, 2024; Shaik et al., 2021). Mikrokontroler seperti ESP8266 atau ESP32 dapat digunakan untuk mengintegrasikan sensor ini dengan jaringan Wi-Fi dan mengirimkan data secara nirkabel ke cloud atau perangkat pengguna. Yuandi (2022) merancang sistem informasi yang bekerja secara otomatis untuk mengetahui ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik berbasis Arduino Uno ATmega32, dengan SMS Gateway sebagai media penyebaran informasi dan web mapping berbasis GIS.

Salah satu komponen penting dalam sistem peringatan dini berbasis IoT adalah media notifikasi yang efisien dan dapat menjangkau pengguna dengan cepat. Dalam beberapa tahun terakhir, Telegram Bot menjadi pilihan populer sebagai sarana pengiriman peringatan karena mendukung API terbuka, bersifat ringan, dan dapat dikustomisasi sesuai kebutuhan sistem. Menurut Durov (2019), Telegram dibangun dengan fokus pada keamanan, kecepatan, dan kemampuan pengguna untuk berbagi dan mengirim pesan. Dengan menggunakan MTPProto, protokol komunikasi dan API terbuka Telegram, pengembang dapat membuat berbagai aplikasi turunan dan integrasi (Rizal & Amalia, 2021).

Telegram juga mendukung integrasi dengan berbagai platform pengembangan

IoT seperti NodeMCU, Blynk, hingga layanan cloud seperti Firebase atau ThingSpeak. NodeMCU bertanggung jawab untuk menghubungkan dunia digital dan fisik, menurut Narang (2022). NodeMCU dapat diprogram untuk menjalankan logika otomatis tanpa campur tangan manusia secara langsung. Misalnya, itu dapat mengirimkan peringatan banjir jika air mencapai tingkat tertentu (Zafeiriou, 2023).

Sensor HC-SR04 memiliki jangkauan pengukuran efektif antara 2 cm hingga 400 cm, akurasi hingga ± 3 mm, dan sudut deteksi sekitar 15 derajat (Wibowo & Nugroho, 2021). Menurut Hadiyanto dan Utami (2023), sensor HC-SR04 dapat digunakan untuk memantau ketinggian air di lingkungan terbuka. Ini karena, saat digunakan bersama dengan mikrokontroler seperti NodeMCU ESP8266 atau ESP32, ia dapat memberikan data real-time yang stabil.

Penelitian oleh Ammar et al. (2020) dan Fauzi & Fadli (2021) menunjukkan bahwa sistem pemantauan banjir berbasis IoT dengan notifikasi Telegram memberikan respons waktu nyata yang sangat membantu masyarakat untuk mengambil tindakan mitigasi segera.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa perangkat lunak dengan metode prototyping. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk membangun sistem secara bertahap berdasarkan umpan balik dari pengguna, terutama dalam pengujian sensor dan interaksi dengan bot Telegram. Model ini sangat cocok untuk sistem peringatan dini yang memerlukan keandalan dan penyempurnaan terus-menerus berdasarkan kebutuhan pengguna di lapangan.

Metode Prototyping

Penelitian ini menggunakan metode *prototyping* sebagai pendekatan dalam pengembangan sistem monitoring ketinggian air berbasis sensor ultrasonik

yang terintegrasi dengan Bot Telegram sebagai sistem peringatan dini banjir. Metode ini dipilih karena memungkinkan pembuatan dan pengujian sistem secara bertahap berdasarkan masukan dari pengguna akhir, dalam hal ini warga Desa Loireng yang rawan banjir. Tahapan dimulai dari pengumpulan kebutuhan melalui observasi dan wawancara, yang mengungkap perlunya sistem otomatis dan real-time, karena selama ini warga hanya mengandalkan peringatan manual yang sering terlambat. Sistem dirancang agar notifikasi dikirim otomatis melalui Telegram saat air melebihi ambang batas tertentu, memanfaatkan komponen seperti sensor HC-SR04, NodeMCU ESP8266, dan koneksi Wi-Fi untuk menghubungkan alat ke internet.

Prototipe awal dibangun dan diuji dengan mengintegrasikan perangkat keras dan lunak, serta diuji coba dalam simulasi terbatas. Evaluasi dilakukan kepada pengguna yang menilai sistem dari aspek kecepatan notifikasi, kemudahan penggunaan, dan kejelasan informasi. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem sangat membantu, meskipun ada saran untuk menambahkan alarm suara dan grafik riwayat air. Berdasarkan masukan tersebut, dilakukan penyempurnaan seperti optimalisasi logika notifikasi, penguatan koneksi, perbaikan format pesan Telegram, serta penambahan catu daya cadangan dan pelindung tahan air. Sistem versi final diharapkan dapat berfungsi secara andal dan efektif dalam membantu masyarakat menghadapi risiko banjir secara dini.

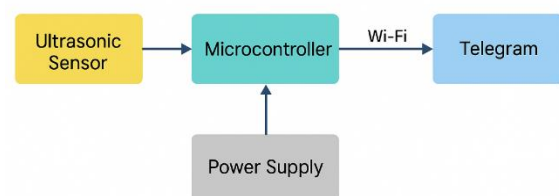
Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini, digunakan berbagai alat dan bahan untuk membangun dan menguji sistem pemantauan ketinggian air berbasis Internet of Things (IoT) dengan notifikasi otomatis melalui Bot Telegram. Alat dan bahan ini terdiri dari komponen perangkat keras (hardware), perangkat lunak (software), serta sarana pendukung lainnya. Untuk alatnya meliputi Sensor Ultrasonik HC-SR04, NodeMCU

ESP8266, Breadboard, Kabel Jumper, Power Bank/Adaptor USB, Kotak Plastik Waterproof, Penggaris/Alat Ukur. Untuk bahan Perangkat Lunak: Arduino IDE, Telegram & BotFather, Web Browser, Library Arduino, Smartphone. Dengan kombinasi alat dan bahan tersebut, sistem dapat dibangun dan diuji secara fungsional, mulai dari pengambilan data ketinggian air, pengolahan logika sistem, hingga penyampaian notifikasi kepada pengguna. Pemilihan alat disesuaikan dengan kebutuhan sistem yang sederhana, efisien, dan ekonomis agar dapat diterapkan secara langsung di lingkungan masyarakat.

Rancangan Sistem

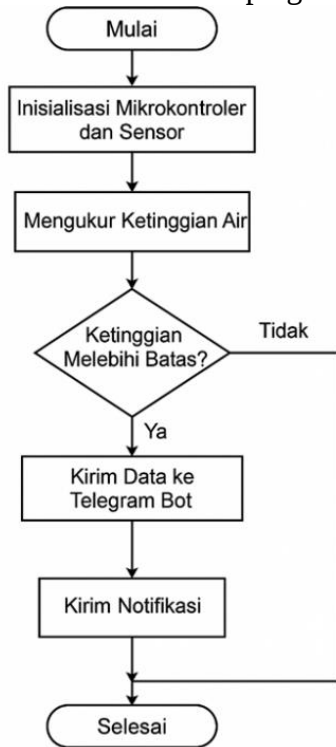
Rancangan sistem merupakan tahap krusial dalam pengembangan alat monitoring ketinggian air berbasis Internet of Things (IoT), yang menggambarkan alur kerja dari input data oleh sensor hingga pengiriman notifikasi ke pengguna melalui Bot Telegram. Perancangan ini divisualisasikan dalam diagram blok yang mencakup empat komponen utama: sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur jarak permukaan air, NodeMCU ESP8266 sebagai pengolah data dan pengirim informasi, jaringan Wi-Fi sebagai media koneksi ke internet, serta Bot Telegram yang berfungsi mengirimkan pesan peringatan saat ketinggian air melebihi ambang batas yang telah ditentukan.



Gambar 1. Diagram Blok

Flowchart menggambarkan logika kerja sistem secara rinci, dimulai dari inisialisasi sensor dan koneksi internet, dilanjutkan dengan pembacaan jarak oleh sensor ultrasonik yang kemudian dikonversi menjadi ketinggian air. Nilai tersebut dibandingkan dengan ambang batas yang telah ditentukan; jika melebihi, sistem secara otomatis mengirim notifikasi

ke Telegram. Jika tidak, sistem kembali melakukan pembacaan secara berkala. Proses ini berlangsung secara terus-menerus dalam bentuk looping.



Gambar 2. flowchrt diagram

Gambaran secara umum, aliran data pada sistem ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Pengukuran oleh Sensor

Sensor ultrasonik HC-SR04 dipasang di atas permukaan sungai atau saluran air. Sensor ini bekerja dengan mengirimkan gelombang ultrasonik ke permukaan air dan menerima pantulannya. Berdasarkan waktu yang dibutuhkan gelombang untuk kembali, sensor menghitung jarak permukaan air terhadap sensor (ketinggian air).

2. Pengolahan Data oleh NodeMCU

Data jarak dari sensor dikirim secara langsung ke mikrokontroler NodeMCU ESP8266. NodeMCU kemudian menghitung nilai ketinggian air aktual berdasarkan rumus jarak sensor dikurangi dari tinggi total penempatan sensor. Jika ketinggian air melebihi ambang batas yang telah ditentukan (misalnya siaga, waspada, atau bahaya), maka sistem akan melanjutkan ke tahap berikutnya.

3. Pengiriman Data ke Server atau Cloud
NodeMCU terhubung ke internet melalui jaringan Wi-Fi. Data hasil pengolahan kemudian dikirim ke server atau platform cloud seperti Firebase, Thingspeak, atau langsung ke API Telegram Bot menggunakan protokol komunikasi (misalnya HTTP atau MQTT). Pengiriman data ini dilakukan secara berkala atau real-time.

4. Pengecekan Ambang Batas dan Pemicu Notifikasi

Di sisi server atau dalam program mikrokontroler, dilakukan pengecekan apakah ketinggian air telah melewati batas aman. Jika iya, maka sistem secara otomatis akan mengirimkan notifikasi berupa peringatan melalui API Telegram Bot.

5. Pemberitahuan kepada Pengguna

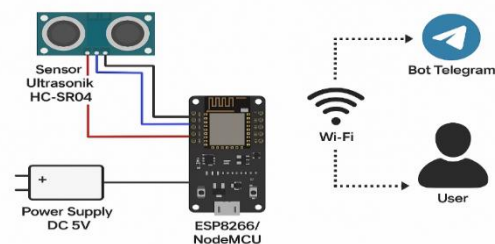
Pengguna yang telah terdaftar dalam sistem akan menerima pesan melalui aplikasi Telegram. Pesan ini berisi informasi penting seperti ketinggian air terkini dan status potensi banjir.

Untuk menentukan status kondisi air, digunakan tiga level peringatan sebagai berikut:

Tabel 1. logika peringatan

Status	Ketinggian Air	Tindakan
Aman	< 30 cm	Tidak ada notifikasi
Waspada	30 cm – 60 cm	Kirim pesan 'Status: Waspada. Ketinggian air meningkat.'
Bahaya	> 60 cm	Kirim pesan 'BAHAYA! Air sungai meluap. Segera waspada!'

Ambang batas tersebut disesuaikan berdasarkan hasil observasi lapangan dan informasi banjir sebelumnya di wilayah Desa Loireng.



Gambar 3. Skema Rangkaian Elektronik
Skema ini menunjukkan hubungan antara:

1. Sensor HC-SR04 ke pin digital NodeMCU,
2. Sambungan daya dari power bank ke NodeMCU,
3. Dan koneksi NodeMCU ke Wi-Fi untuk akses internet.

Teknik Pengolahan Data

Teknik pengolahan data dalam penelitian ini bertujuan mengubah data mentah dari sensor ultrasonik menjadi informasi yang berguna untuk mendeteksi potensi banjir. Data akuisisi dilakukan dengan membaca jarak air secara berkala, lalu dikonversi menjadi ketinggian air dan diklasifikasikan ke dalam status Aman, Waspada, atau Bahaya. Informasi ini dikirim secara otomatis ke pengguna melalui Bot Telegram. Evaluasi sistem menunjukkan bahwa sensor HC-SR04 memiliki akurasi tinggi dengan toleransi kesalahan $\pm 0,3$ cm, klasifikasi status banjir berjalan tepat sesuai ambang batas, serta notifikasi dikirim rata-rata dalam waktu 2,4 detik. Respon awal dari pengguna juga positif, menilai sistem cepat, mudah dipahami, dan bekerja otomatis tanpa intervensi manual.

Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk menilai sejauh mana sistem monitoring ketinggian air dan peringatan dini banjir yang dibangun dapat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan tujuan. Analisis dilakukan terhadap hasil pembacaan sensor, proses pengiriman notifikasi, serta respon pengguna terhadap sistem yang telah diimplementasikan.

Analisis data dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem monitoring ketinggian air dan peringatan dini banjir, mencakup akurasi sensor, kecepatan pengiriman notifikasi, dan kelayakan penggunaan sistem oleh masyarakat. Akurasi sensor diuji dengan membandingkan hasil pembacaan HC-SR04 dengan pengukuran manual, guna menghitung tingkat error. Analisis notifikasi mencakup ketepatan waktu

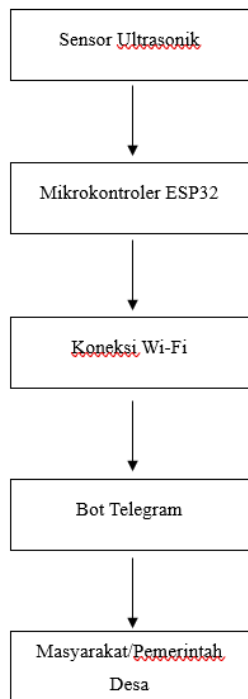
pengiriman pesan ke Telegram serta kesesuaian isi pesan dengan kondisi ketinggian air berdasarkan ambang batas. Selain itu, kelayakan sistem dinilai berdasarkan kemudahan penggunaan, kecepatan informasi, serta potensi implementasi jangka panjang, yang didukung oleh tanggapan positif dari warga dan perangkat desa saat uji coba.

Tabel 2. analisis akurasi sensor

Kondisi	Pengukuran Manual (cm)	Pembacaan Sensor (cm)	Selisih (cm)
Uji 1	35	34,8	0.2
Uji 2	50	49,7	0.3
Uji 3	25	25.2	0.2
Uji 4	60	59,9	0.1
Uji 5	40	39,8	0.2
Uji 6	70	69.5	0.5
Uji 7	55	54.6	0.4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran umum sistem ini menjelaskan rancangan dan implementasi sistem peringatan dini banjir berbasis Internet of Things (IoT) di Desa Loireng, Demak—wilayah yang rentan terhadap banjir rob. Sistem dirancang untuk memberikan notifikasi real-time mengenai ketinggian air melalui aplikasi Telegram, memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04 dan mikrokontroler ESP32 yang memproses data dan mengirimkan pesan otomatis saat ambang batas air terlampaui. Komponen utama meliputi sensor HC-SR04, ESP32, jaringan Wi-Fi, Bot Telegram, dan sumber daya listrik. Sistem ini mengedepankan kemudahan instalasi, biaya rendah, efisiensi energi, dan aksesibilitas tinggi, sehingga cocok digunakan di wilayah dengan keterbatasan sistem peringatan konvensional. Pendekatan ini memungkinkan masyarakat menerima informasi status air—normal, siaga, atau bahaya—secara langsung melalui ponsel tanpa perlu pengamatan manual.



Gambar 4. Diagram Blok Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis IoT

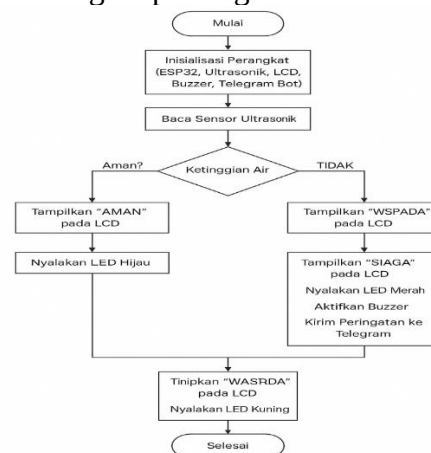
Penelitian yang dilakukan di Desa Loireng, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, Provinsi Jawa Tengah, berfokus pada implementasi sistem berbasis IoT untuk pemantauan kualitas udara. Penelitian ini melibatkan survei lokasi, pemasangan sensor, dan konfigurasi sistem. Komponen utama yang digunakan adalah mikrokontroler ESP32, sensor ultrasonik HC-SR04, dan koneksi internet. Proses instalasi membutuhkan waktu dua hari untuk pengujian awal dan verifikasi kinerja sistem. Studi ini juga mengidentifikasi beberapa tantangan dan solusi, termasuk koneksi Wi-Fi yang tidak stabil, dampak lingkungan, dan ketersediaan sumber daya listrik yang andal yang terbatas. Untuk mengatasi masalah ini, para peneliti menggunakan router eksternal, catu daya berbasis udara, dan power bank besar sebagai sumber daya alternatif.

Implementasi sistem monitoring ketinggian air berbasis IoT di Desa Loireng memberikan dampak positif bagi masyarakat, baik secara teknis, sosial, maupun psikologis. Warga menjadi lebih waspada dan tanggap terhadap potensi banjir berkat notifikasi real-time dari Bot Telegram, yang sebelumnya hanya

mengandalkan informasi lisan atau prediksi cuaca. Pemerintah desa merespons positif dan mendukung kelanjutan sistem ini sebagai bagian dari mitigasi bencana jangka panjang. Selain itu, partisipasi komunitas—terutama generasi muda—meningkat, menunjukkan minat terhadap teknologi dan kesiapsiagaan lingkungan. Namun, tantangan awal tetap ada, seperti rendahnya pemahaman warga lansia terhadap aplikasi digital, sehingga perlu dilakukan edukasi dan sosialisasi lebih lanjut agar sistem ini dapat diakses secara merata.

Alur Program dan Penjelasan Kode Sistem

Alur program dan kode sistem berperan penting dalam menjelaskan bagaimana komponen perangkat keras dan lunak bekerja secara terintegrasi untuk memantau ketinggian air dan mengirim peringatan otomatis. Sistem dirancang dengan logika terprogram yang memungkinkan pembacaan data dari sensor ultrasonik, pengolahan nilai ketinggian air, penampilan hasil pada LCD, aktivasi buzzer atau LED sebagai sinyal lokal, serta pengiriman notifikasi ke Telegram Bot saat ambang batas terlampaui. Proses ini divisualisasikan melalui diagram alur (flowchart) yang menggambarkan tahapan sistem secara sistematis, mulai dari inisialisasi, pembacaan data, evaluasi kondisi air, hingga pengambilan keputusan berbasis logika pemrograman.



Gambar 5. Diagram Alur Program (Flowchart)

Evaluasi Kinerja Sistem

Evaluasi kinerja sistem dilakukan untuk menilai efektivitas dan efisiensi sistem monitoring ketinggian air berbasis IoT di Desa Loireng, serta mengidentifikasi potensi perbaikannya. Evaluasi mencakup akurasi pengukuran sensor HC-SR04, kecepatan respons sistem terhadap perubahan ketinggian air, keandalan notifikasi melalui Telegram Bot, dan

kestabilan koneksi internet. Sensor HC-SR04 bekerja dengan memanfaatkan pantulan gelombang ultrasonik untuk menghitung jarak permukaan air, dan hasilnya divalidasi melalui perbandingan dengan pengukuran manual di lapangan. Akurasi sensor yang tinggi menjadi kunci dalam menjamin keandalan sistem dalam memberikan informasi peringatan banjir secara tepat waktu.

Tabel 3. Hasil Pengujian

No	Ketinggian air manual (cm)	Pembaca sensor (cm)	Selisih (cm)	Persentase eror (%)	keterangan
1.	50	51	1	2.0 %	Akurat
2.	70	5	0	0.00 %	Sangat akurat
3.	100	101	1	1.00 %	Akurat
4.	125	124	-1	0.80 %	Akurat
5.	150	152	2	1.33 %	Toleransi wajar

Rata-rata deviasi: ± 1.0 cm, yang masih dalam ambang toleransi akurasi sensor sesuai spesifikasi.

Tabel 4. Analisis Akurasi

No	Jarak Aktual (cm)	Hasil Pembacaan Sensor (cm)	Selisih (cm)	Status Sistem	Keterangan
1.	150	151	1	Aman	Akurat
2.	130	133	3	Waspada	Akurat, desviiasi ringan
3.	110	118	8	Waspada	Pembacaan sedikit meleset
4.	90	92	2	Siaga	Akurat
5.	70	75	5	Siaga	Akurat
6.	50	49	1	Bahaya	Akurat
7.	30	55	25	Bahaya	Gagal baca, ada hambatan air
8.	25	0	-	Tidak terdeteksi	Sensor eror, kemungkinan kebel kendur
9.	100 ulang	90	1	Siaga	Akurat
10.	150 ulang	150	0	Aman	Akurat

Penjelasan data pengujian mencakup lima komponen utama, yaitu jarak aktual yang diukur secara manual sebagai acuan, hasil pembacaan dari sensor ultrasonik, selisih antara keduanya untuk menilai akurasi, status sistem yang menunjukkan tingkat kewaspadaan (Aman, Waspada, Siaga, atau Bahaya), serta keterangan

tambahan yang mencatat faktor lingkungan atau gangguan teknis yang memengaruhi hasil pengukuran.

Pengujian dan Validasi Sistem

Pengujian dan validasi sistem dilakukan untuk memastikan bahwa sistem peringatan dini banjir berbasis IoT

berfungsi sesuai tujuan, khususnya dalam konteks nyata di Desa Loireng. Proses ini mencakup evaluasi akurasi sensor ultrasonik, kecepatan pengiriman notifikasi Telegram, kestabilan koneksi, dan fungsionalitas keseluruhan sistem. Metodologi pengujian dilakukan secara sistematis melalui eksperimen lapangan dan simulasi terkontrol, termasuk pengujian sensor dengan pengukuran manual, pengujian notifikasi dalam

berbagai skenario ketinggian air, uji fungsional komponen sistem, serta validasi langsung di lokasi pemasangan. Setiap tahapan didokumentasikan dan dianalisis untuk menilai keandalan sistem. Hasil pengujian sensor menunjukkan tingkat akurasi yang baik meskipun terdapat beberapa gangguan minor, seperti cipratan air dan pantulan yang kurang sempurna, yang menjadi bahan evaluasi untuk pengembangan lebih lanjut.

Tabel 5. Hasil Pengujian Sensor

No.	Jarak Aktual (cm)	Pembacaan 1 (cm)	Pembacaan 2 (cm)	Pembacaan 3 (cm)	Rata-rata (cm)	Selisih (cm)	Status
1.	140	141	139	140	140.0	0.0	berhasil
2.	120	121	120	119	12.0	0.0	Berhasil
3.	100	99	100	100	99.7	0.3	Berhasil
4.	80	81	80	79	80.0	0.0	Berhasil
5.	60	64	62	63	63.0	3.0	Berhasil
6.	40	39	40	42	40.3	0.3	berhasil
7.	20	25	26	24	25.0	5.0	Gagal
8.	10	15	14	16	15.0	5.0	Gagal

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor HC-SR04 bekerja sangat baik dan stabil pada jarak di atas 40 cm, namun akurasinya menurun pada jarak di bawah 20 cm. Penurunan ini disebabkan oleh pantulan gelombang ultrasonik yang kurang optimal, gangguan lingkungan seperti percikan air, serta batas efektif sensor itu sendiri. Untuk mengatasi hal tersebut, disarankan penggunaan algoritma penyaring seperti *median filter* atau *moving average* guna mengurangi noise dan meningkatkan kestabilan data sebelum dikirim ke sistem notifikasi Telegram.

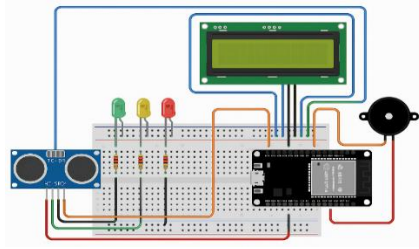
Validasi notifikasi Telegram menunjukkan bahwa sistem peringatan dini banjir mampu mengirim pesan secara otomatis dalam waktu rata-rata 2 detik ketika ketinggian air melebihi ambang batas, dengan tingkat keberhasilan pengiriman sebesar 83,3%. Dari enam skenario pengujian, lima notifikasi berhasil dikirim sesuai status air (aman, waspada, bahaya), sementara dua kegagalan terjadi akibat gangguan sinyal WiFi dan modul WiFi yang tidak aktif. Hasil ini menegaskan

bahwa sistem bekerja cukup baik namun masih memerlukan peningkatan pada stabilitas koneksi dan keandalan perangkat.

Analisis data pengujian menunjukkan bahwa sistem monitoring ketinggian air berbasis IoT memiliki performa yang cukup andal dan efektif. Sensor ultrasonik HC-SR04 menunjukkan akurasi tinggi dengan deviasi rata-rata kurang dari 1,5 cm dibandingkan pengukuran manual. Notifikasi Telegram berhasil terkirim dalam waktu rata-rata 2 detik pada 83,3% skenario pengujian, dengan kegagalan yang disebabkan oleh gangguan sinyal dan kendala perangkat. Meskipun koneksi internet mengalami fluktuasi, sistem tetap stabil dalam menjalankan fungsinya. Secara keseluruhan, sistem terbukti mampu bekerja otomatis, merespons perubahan ketinggian air dengan baik, dan memenuhi tujuannya sebagai sistem peringatan dini banjir.

Dokumentasi Implementasi Sistem di Lapangan

Karena memberikan bukti visual dan kondisi nyata saat sistem dipasang dan diuji di lapangan, dokumentasi implementasi sistem sangat penting untuk pengembangan sistem monitoring ketinggian air berbasis IoT. Implementasi dilakukan di Desa Loireng, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. Desa ini berada di dekat pesisir dan rawan banjir karena curah hujan yang tinggi. Sistem ditempatkan di lokasi yang strategis karena berada di dekat saluran air utama desa, yang dianggap paling rentan terhadap peningkatan debit air. Selain itu, informasi ini berfungsi sebagai referensi penting untuk pengembangan dan replikasi di tempat lain.



Gambar 6. sekema perakitan alat



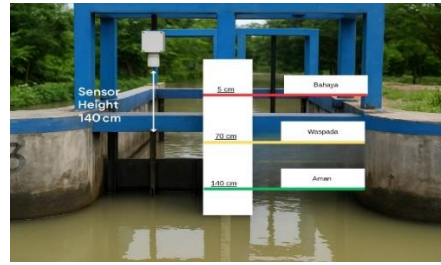
Gambar 7. perakitan alat



Gambar 8. sekema perakitan alat

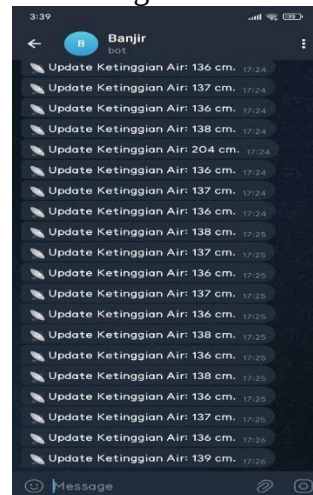


Gambar 9. pemasangan alat di lapangan



Gambar 10. pegambaran pembacaan alat di lapangan

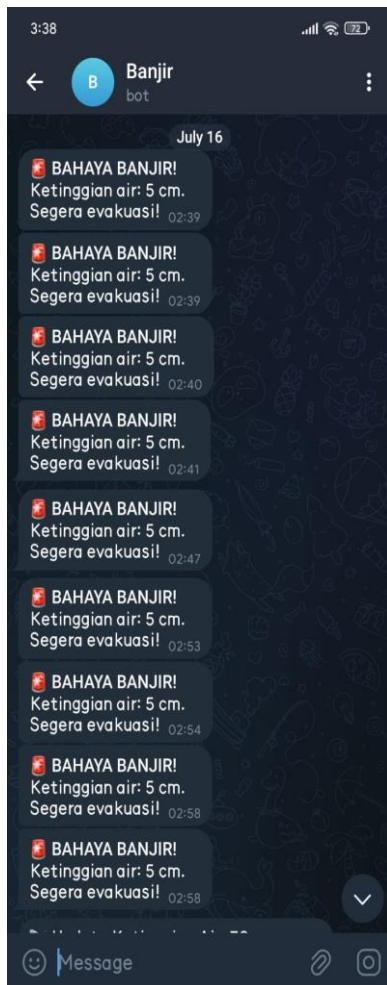
Telegram Bot berhasil di lokasi penelitian untuk mengujian sistem peringatan dini banjir berbasis Internet of Things (IoT) dan mengirimkan notifikasi secara otomatis melalui platform Telegram. Sistem dirancang menggunakan API Token yang terhubung melalui WiFi. Dokumentasi dalam bentuk tangkapan layar dari notifikasi Telegram.



Gambar 11. notifikasi ketinggian air ketika aman



Gambar 12. notifikasi ketinggian air ketika waspada



Gambar 13. notifikasi ketinggian air ketika bahaya

Evaluasi terhadap sistem peringatan dini banjir berbasis IoT menunjukkan bahwa sistem ini memiliki sejumlah kelebihan, seperti responsif terhadap perubahan ketinggian air, pengiriman notifikasi cepat melalui Telegram, konsumsi daya rendah, kemudahan pemantauan jarak jauh, serta biaya pembuatan yang relatif terjangkau. Namun, sistem juga memiliki kekurangan, antara lain ketergantungan pada koneksi internet, potensi gangguan sensor akibat kondisi lingkungan, ketiadaan sumber daya cadangan, serta belum tersedianya fitur penyimpanan data historis. Untuk pengembangan ke depan, disarankan integrasi baterai dan panel surya, penambahan fitur logging data, penggunaan sensor tambahan, perluasan kanal notifikasi, serta peningkatan desain perangkat agar lebih tahan terhadap cuaca ekstrem.

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring ketinggian air berbasis Internet of Things (IoT) dengan memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04, Arduino Uno, dan integrasi notifikasi otomatis melalui Telegram Bot. Sistem dirancang menggunakan pendekatan prototyping, yang memungkinkan penyempurnaan sistem secara bertahap berdasarkan masukan pengguna di lapangan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik mampu mendeteksi ketinggian air secara akurat dengan deviasi rata-rata kurang dari 1,5 cm pada rentang optimal di atas 40 cm. Notifikasi melalui Telegram berhasil dikirim dalam waktu rata-rata 2 detik dengan tingkat keberhasilan 83,3%, meskipun terdapat kendala pada kestabilan koneksi WiFi dan kondisi perangkat. Implementasi sistem di Desa Loireng, wilayah rawan banjir rob, menunjukkan bahwa sistem mampu berfungsi secara real-time, berjalan otomatis tanpa intervensi manual, dan memberikan peringatan yang tepat waktu. Oleh karena itu, sistem ini layak digunakan sebagai solusi peringatan dini banjir skala lokal dengan biaya rendah, praktis, dan mudah direplikasi di wilayah lain yang memiliki karakteristik serupa.

DAFTAR PUSTAKA

- Ammar, H., Ali, M., & Khan, M. (2020). IoT based flood monitoring system using ESP8266 and ultrasonic sensor. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 14(8), 111–123. <https://doi.org/10.3991/ijim.v14i08.13258>
- Durov, P. (2019). Why Telegram is the Messaging App of the Future. *Telegram Blog*.
- Elgazzar, K., Khalil, H., Alghamdi, T., Badr, A., Abdelkader, G., Elewah, A., & Buyya, R. (2022). Revisiting the Internet of Things: New Trends, Opportunities and Grand Challenges.

- arXiv preprint arXiv:2211.11523.
<https://arxiv.org/abs/2211.11523>
- Fauzi, A., & Fadli, F. (2021). Implementasi sistem pemantauan ketinggian air menggunakan IoT dan Telegram notifikasi. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer (JTIK)*, 7(1), 37–45.
<https://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JTIK/article/view/2212>
- Hadiyanto, E., & Utami, N. W. (2023). Monitoring Ketinggian Air Menggunakan Sensor Ultrasonik dan NodeMCU Berbasis IoT. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 8(1), 22–30.
<https://doi.org/10.31294/jtek.v8i1.18452>
- Narang, R. (2022). *Internet of Things and Embedded Systems: Design Principles and Applications*. Springer.
- Rizal, F., & Amalia, N. R. (2021). Telegram sebagai Alternatif Komunikasi Aman dan Efisien di Era Digital. *Jurnal Ilmu Komunikasi*, 13(2), 119–130.
- Shaik, K. N., Rahman, M. M., & Prakash, A. (2021). An IoT-based flood monitoring system using ultrasonic sensors and Telegram bot. In M. S. Khan et al. (Eds.), *Recent Trends in Communication and Intelligent Systems* (pp. 289–298). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-981-16-1260-7_25
- Wijaya, I., & Siagian, R. C. (2024). Development of an early warning system using social media for flood disaster. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 8(2), 277–283.
<http://jurnal.iaii.or.id/index.php/RESTI/article/download/5087/909>
- Wibowo, D. R., & Nugroho, R. A. (2021). Penggunaan Sensor Ultrasonik HC-SR04 untuk Sistem Kendali Otomatis Pintu Gerbang. *Jurnal Teknik Elektro*, 13(2), 54–59.
- <https://doi.org/10.29303/jte.v13i2.245>
- Yuandi, T. (2022). [Tidak ditemukan dalam daftar pustaka yang kamu lampirkan. Harap dicek ulang atau ditambahkan sumber lengkapnya.]
- Zafeiriou, S. (2023). ESP32 vs ESP8266: Which Microcontroller is Right for Your Project? Retrieved from <https://stevezafeiriou.com/esp32-vs-esp8266/>