

DETEKSI DINI BENCANA BANJIR DI PEMUKIMAN PERKOTAAN DENGAN TEKNOLOGI INTERNET OF THINGS (IOT)

Raihan Akmalano, Dian Budhi Santoso

Teknik Elektro, Universitas Singaperbangsa Karawang
Jl. HS.Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat
2110631160058@student.unsika.ac.id

ABSTRAK

Banjir merupakan salah satu bencana yang sering melanda kawasan perkotaan, menyebabkan kerugian material, kerusakan lingkungan, dan ancaman kesehatan. Masalah ini diperparah oleh kurangnya sistem peringatan dini yang efektif untuk mengantisipasi peningkatan volume air secara mendadak. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi dini berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu memantau ketinggian air secara real-time menggunakan sensor ultrasonik dan DHT22. Data lingkungan yang dikumpulkan diolah oleh mikrokontroler ESP32, kemudian disimpan dan dikelola melalui Firebase untuk memfasilitasi akses real-time oleh pengguna. Penelitian ini juga mengevaluasi kinerja sistem dalam berbagai kondisi lingkungan. Hasil pengujian menunjukkan akurasi tinggi pada deteksi ketinggian air hingga 179 cm, serta kemampuan sistem dalam memberikan peringatan dini secara cepat dan efisien melalui aplikasi berbasis Kodular. Penggunaan sistem ini diharapkan dapat mengurangi dampak buruk banjir, meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat, dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik di tingkat lokal dan regional.

Kata kunci : *Prototipe Deteksi Banjir, Sensor, Mikrokontroler, Internet of Things (IoT).*

1. PENDAHULUAN

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang paling sering terjadi di Indonesia, terutama di daerah perkotaan dengan curah hujan tinggi. Faktor penyebabnya tidak hanya perubahan iklim global tetapi juga aktivitas manusia, seperti pembuangan sampah ke saluran air dan sungai yang menghambat aliran air [1].

Kondisi ini diperburuk oleh kurangnya infrastruktur pengelolaan air yang memadai, mengakibatkan dampak serius seperti kerugian ekonomi, penyebaran penyakit, dan kerusakan lingkungan [2].

Sebelum adanya penelitian ini, masyarakat di daerah rawan banjir sering kali tidak memiliki cukup waktu untuk menyelamatkan barang berharga mereka, mengakibatkan kerugian material yang signifikan dan dampak psikologis akibat ketidaksiapan menghadapi bencana.

Teknologi Internet of Things (IoT) kini menawarkan solusi canggih untuk memantau kondisi lingkungan secara real-time. Dengan integrasi perangkat sensor dan pemantauan data, sistem berbasis IoT mampu memberikan peringatan dini yang efektif untuk mengurangi risiko banjir dan meminimalkan dampaknya [5].

Beberapa penelitian sebelumnya juga menunjukkan efektivitas IoT dalam mitigasi bencana, termasuk penggunaan algoritma pembelajaran mesin untuk memprediksi banjir [8].

Penelitian ini berfokus pada pengembangan prototipe sistem deteksi banjir berbasis IoT menggunakan sensor ultrasonik dan DHT22, yang terhubung dengan platform cloud Firebase untuk

penyimpanan dan pemantauan data real-time melalui aplikasi monitoring [3][4].

Tujuan utama dari penelitian ini adalah menciptakan sistem yang tidak hanya akurat dan andal dalam mendeteksi potensi banjir tetapi juga mampu memberikan peringatan dini yang praktis dan dapat diakses oleh masyarakat serta pihak terkait.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Internet of Things (IoT) Dalam Sistem Deteksi Banjir*

Internet of Things (IoT) telah menjadi teknologi yang andal dalam mendukung mitigasi bencana, termasuk banjir. IoT memungkinkan integrasi berbagai perangkat sensor untuk mengumpulkan data lingkungan secara real-time, seperti ketinggian air, suhu udara, dan kelembapan udara. Data ini kemudian diolah dan dikirimkan melalui platform berbasis cloud untuk memberikan peringatan dini kepada masyarakat dan pihak berwenang. Sistem ini tidak hanya meningkatkan akurasi deteksi banjir tetapi juga mempercepat respons terhadap potensi bencana [9].

Penggunaan sistem berbasis Internet of Things (IoT) dengan sensor ketinggian air telah terbukti efektif dalam mendeteksi potensi banjir secara real-time, seperti yang diterapkan pada prototipe sistem kontrol ketinggian air di Bendungan Kambaniru untuk memberikan peringatan dini kepada masyarakat. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa IoT mampu mengintegrasikan data dari berbagai sensor untuk analisis yang lebih komprehensif [7].

Hal ini menunjukkan bahwa IoT bukan hanya solusi teknologi, tetapi juga alat strategis dalam mitigasi risiko banjir yang lebih efektif.

2.2. Mikrokontroler ESP32-S

ESP32-S adalah mikrokontroler utama yang bertindak sebagai pusat kendali sistem. Mikrokontroler ini memproses data dari sensor dan mengirimkannya ke platform Firebase secara real-time melalui konektivitas Wi-Fi. ESP32-S dipilih karena memiliki kemampuan pemrosesan yang tinggi, koneksi nirkabel yang stabil, dan konsumsi daya yang rendah. Dengan kecepatan clock hingga 240 MHz, ESP32-S mampu menangani data dari beberapa sensor secara simultan tanpa hambatan [10]

2.3. Sensor Ultrasonic HC-SR04

Sensor Ultrasonic HC-SR04 digunakan untuk mengukur ketinggian air berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara ultrasonik. Sensor ini bekerja dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik dan menghitung waktu tempuh pantulan gelombang tersebut untuk menentukan jarak. HC-SR04 memiliki jarak pengukuran efektif antara 2 cm hingga 400 cm dengan akurasi ± 3 mm. Batas ini memastikan deteksi yang akurat dalam berbagai kondisi lingkungan, sehingga ideal untuk memantau ketinggian air di lokasi rawan banjir [11].

2.4. Sensor DHT22

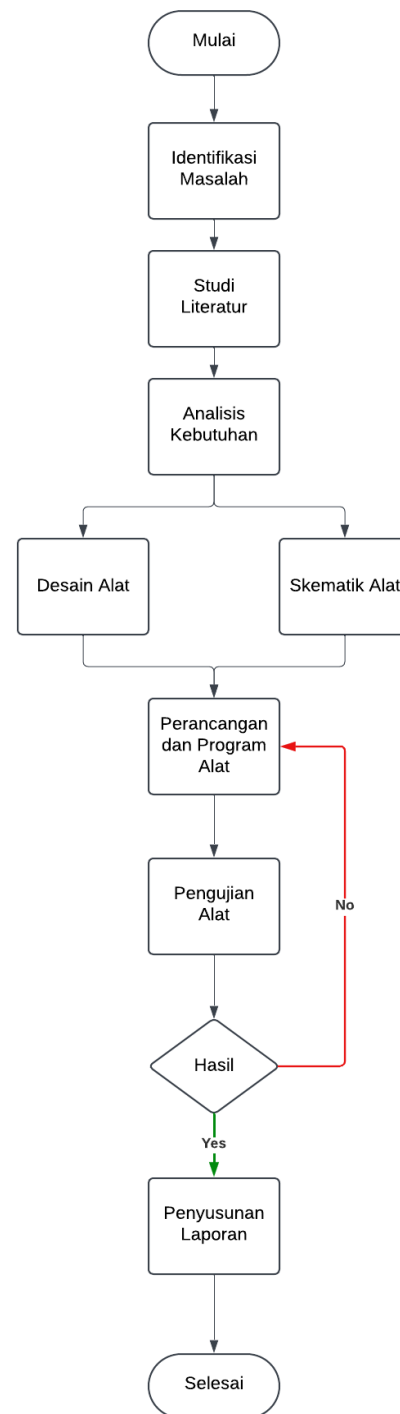
Sensor DHT22 berfungsi untuk memantau suhu dan kelembapan udara di sekitar sistem. Sensor ini memiliki rentang pengukuran suhu antara -40°C hingga 80°C dengan akurasi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ dan kelembapan antara 0% hingga 100% RH dengan akurasi $\pm 2\%$. Data dari DHT22 memberikan informasi tambahan yang penting untuk analisis kondisi lingkungan. Sensor ini dipilih karena stabilitas dan keandalannya dalam pengukuran jangka panjang [12].

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah langkah-langkah yang diambil dan dilakukan oleh peneliti untuk mengumpulkan informasi dan jawaban yang tepat untuk pertanyaan atau upaya untuk mengetahui sesuatu dapat dilihat pada gambar 1.

3.1. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen berbasis IoT untuk memantau ketinggian air dan kondisi lingkungan menggunakan sensor ultrasonik dan sensor DHT22 yang terhubung dengan sistem kendali ESP32-S. Sistem ini dirancang untuk mengukur ketinggian air serta mendeteksi suhu dan kelembapan udara secara real-time, mengolah data, dan menyimpannya di Firebase. Data yang telah tersimpan dapat dimonitor secara langsung melalui aplikasi berbasis Kodular, yang berfungsi sebagai output monitoring real-time bagi pengguna.



Gambar 1. Flowchart penelitian

3.2. Analisis Data

Untuk mendeteksi dini bencana banjir di pemukiman perkotaan menggunakan komponen mikrokontroler ESP32-S dengan sensor ultrasonik dan DHT22, peneliti menerapkan teknik analisis deskriptif untuk mengumpulkan data. Teknik ini mempermudah penguraian komponen yang digunakan, baik perangkat keras (hardware) maupun perangkat lunak (software), yang disajikan dalam bentuk tabel berikut.

a. Perangkat Keras (Hardware)

Komponen elektronika yang digunakan dalam perancangan sistem deteksi dini bencana banjir berbasis IoT ini dapat dilihat pada tabel berikut:

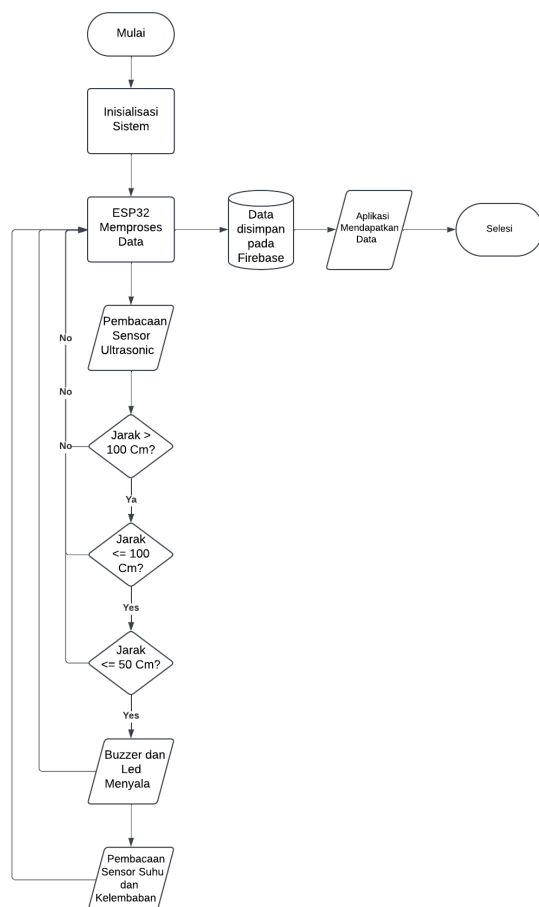
Tabel 1. Perangkat Keras yang Digunakan

No	Komponen
1	ESP32-S
2	Sensor Ultrasonic HCSR-04
3	DHT22
4	Buzzer
5	LED
6	Resistor 470Ω
7	Power Supply
8	Kabel Jumper
9	Project Board (Breadboard)

b. Perangkat Lunak (Software)

Perancangan perangkat lunak dilakukan untuk mengembangkan sistem yang sesuai dengan kebutuhan deteksi dini bencana banjir. Program dirancang menggunakan Arduino IDE sebagai platform utama untuk memprogram ESP32-S. Selain itu, Firebase digunakan sebagai basis data penyimpanan, sedangkan aplikasi berbasis Kodular dirancang sebagai antarmuka untuk memantau data secara real-time.

3.3. Diagram Alur Kerja Sistem



Gambar 2. Flowchart alur kerja sistem

Penelitian ini menggunakan sensor ultrasonik untuk memantau ketinggian air. Prinsip kerja sensor ultrasonik didasarkan pada waktu tempuh gelombang suara yang dipancarkan dan diterima kembali setelah memantul dari permukaan air [1].

Jarak dihitung menggunakan rumus:

$$s = \frac{v \cdot t}{2} \quad (1)$$

di mana:

- s : jarak antara sensor dan permukaan air (m),
- v : kecepatan suara di udara (343 m/s),
- t : waktu tempuh gelombang suara (s).

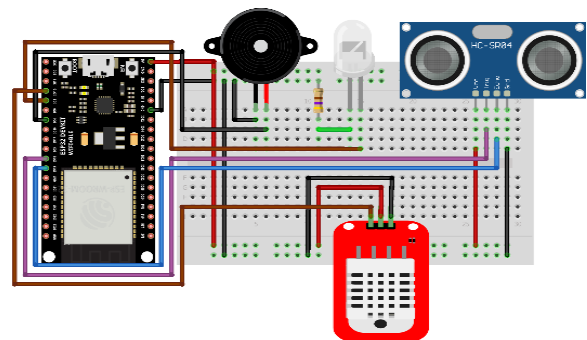
Sistem ini menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama untuk mengolah data dan mengirimkan informasi melalui koneksi Wi-Fi. Data yang dikumpulkan akan dikirim ke platform cloud, di mana pengguna dapat memantau ketinggian air secara real-time melalui aplikasi [5].

Lokasi penelitian dilakukan di wilayah yang rawan banjir, dengan pemasangan sensor di titik-titik strategis seperti saluran air dan sungai kecil [6].

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Perancangan

Alat ini telah dirancang sedemikian rupa untuk mendeteksi dini bencana banjir. Setelah melalui beberapa tahapan penelitian yang meliputi perancangan sistem, pembuatan rangkaian elektronika, pengembangan perangkat lunak, serta integrasi dan pengujian, maka sistem yang dihasilkan telah mencapai tujuan yang diharapkan. Sistem ini menggunakan teknologi berbasis IoT untuk memantau ketinggian air dan kondisi lingkungan secara real-time.



Gambar 3. Wiring diagram sistem monitoring banjir

Alat ini menggunakan ESP32-S sebagai otak utama dalam sistem, berfungsi untuk mengendalikan keseluruhan proses dan mengirimkan data ke server Firebase. Sensor Ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mendeteksi ketinggian air secara akurat, sementara Sensor DHT22 berfungsi mengukur suhu dan kelembapan udara di lingkungan sekitar. Sebagai perangkat notifikasi, Buzzer dipasang untuk memberikan peringatan dalam kondisi darurat, didukung oleh LED sebagai indikator visual yang memudahkan pemantauan status sistem. Untuk

memastikan arus listrik pada rangkaian LED tetap aman, digunakan Resistor 470 Ω . Power Supply memberikan suplai daya yang stabil ke seluruh komponen sistem, sementara Kabel Jumper digunakan untuk menghubungkan berbagai komponen dalam rangkaian. Seluruh komponen ini dirangkai menggunakan Project Board (Breadboard) sebagai media sementara selama proses perancangan dan pengujian. Kombinasi perangkat keras ini memungkinkan sistem bekerja secara optimal untuk mendeteksi dini potensi banjir.

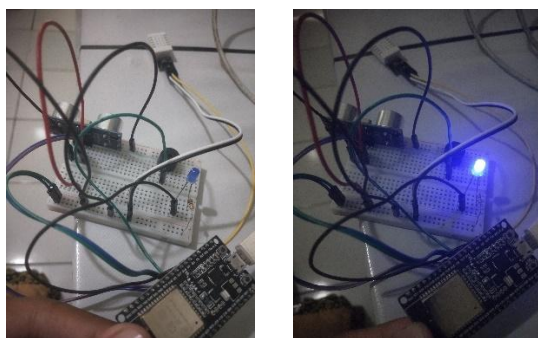
4.2. Implementasi Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam sistem deteksi dini bencana banjir ini disusun sedemikian rupa hingga menjadi suatu kesatuan yang terdiri dari beberapa komponen utama. ESP32-S berfungsi sebagai otak utama dalam sistem kontrol, bertugas memproses data dari sensor dan mengirimkannya ke server Firebase. Sensor Ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mendeteksi ketinggian air dengan akurasi tinggi, sementara Sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara di lingkungan sekitar, memberikan informasi tambahan terkait kondisi lingkungan.

Buzzer ditambahkan sebagai alat notifikasi berupa suara peringatan jika ketinggian air telah melewati ambang batas. LED digunakan sebagai indikator visual untuk memberikan status sistem secara langsung kepada pengguna. Resistor 470 Ω berfungsi membatasi arus listrik pada LED untuk mencegah kerusakan akibat arus berlebih.

Untuk suplai daya, Power Supply digunakan untuk memberikan tegangan dan arus listrik yang stabil kepada seluruh komponen. Kabel Jumper menghubungkan komponen-komponen secara elektrik, memastikan kelancaran komunikasi dan pengoperasian sistem. Seluruh perangkat keras dirangkai sementara pada Project Board (Breadboard) untuk mempermudah pengujian dan evaluasi rangkaian sebelum implementasi final.

Hasil implementasi dari perangkat keras sistem deteksi dini bencana banjir dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. Tampak Alat

4.3. Hasil Pengujian Alat

Untuk memastikan performa sistem deteksi dini berbasis IoT, dilakukan berbagai skenario pengujian yang mencakup beberapa aspek penting. Pengujian pertama adalah pengujian sensor ultrasonik HC-SR04, yang bertujuan untuk mengukur ketinggian air pada berbagai level hingga jarak maksimal 400 cm dengan akurasi ± 3 mm. Pengujian kedua adalah pengujian sensor DHT22 untuk memantau suhu dan kelembapan udara dalam kondisi lingkungan yang bervariasi, dengan akurasi masing-masing $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ dan $\pm 2\%$ RH. Pengujian ketiga mencakup pengujian buzzer dan LED untuk memastikan notifikasi visual dan suara berfungsi dengan baik pada berbagai kondisi. Selanjutnya, dilakukan pengujian database Firebase untuk memastikan data dari sensor dapat dikirim, disimpan, dan diakses secara real-time tanpa kehilangan informasi. Pengujian kelima adalah pengujian aplikasi monitoring untuk memastikan aplikasi dapat menampilkan data real-time dan memberikan notifikasi dengan respons cepat. Akhirnya, pengujian keseluruhan sistem dilakukan untuk mengevaluasi integrasi dan stabilitas sistem selama satu jam operasi tanpa gangguan.

Hasil dari masing-masing skenario pengujian yang telah dijelaskan di atas akan diuraikan secara rinci pada pembahasan berikut. Penjabaran ini mencakup evaluasi performa sistem untuk setiap aspek pengujian, guna memastikan bahwa sistem bekerja sesuai dengan tujuan penelitian.

4.4. Pengujian Sensor Ultrasonic HC-SR04

Sebelum menyajikan hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04, perlu dijelaskan bahwa sensor ini digunakan untuk mengukur jarak ketinggian air dengan memanfaatkan prinsip pantulan gelombang ultrasonik. Sensor ini bekerja dengan cara memancarkan gelombang suara ultrasonik ke permukaan target, kemudian menangkap pantulan gelombang tersebut untuk menghitung jarak berdasarkan waktu tempuhnya. Pengujian dilakukan untuk memastikan performa sensor dalam mendeteksi objek pada berbagai jarak dengan akurasi yang optimal. Berikut ini adalah hasil pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 yang telah dilakukan.

Tabel 2. Pengujian HC-SR04

Pengujian	Jarak Sensor	Hasil Deteksi
Ke-1	20 Cm	Terdeteksi
Ke-2	45 Cm	Terdeteksi
Ke-3	66 Cm	Terdeteksi
Ke-4	90 Cm	Terdeteksi
Ke-5	150 Cm	Terdeteksi
Ke-6	179 Cm	Terdeteksi

Setelah menjalankan pengujian sensor sebanyak enam kali, didapatkan hasil yang menggambarkan performa sensor ultrasonik HC-SR04 dalam mendeteksi objek pada berbagai jarak. Pada pengujian pertama, sensor berhasil mendeteksi objek dengan jarak sekitar 20 cm. Pengujian kedua menunjukkan

bahwa sensor mampu mendeteksi objek pada jarak sejauh 45 cm. Selanjutnya, pada pengujian ketiga dan keempat, sensor tetap berhasil mendeteksi objek pada jarak masing-masing 66 cm dan 90 cm. Pada pengujian kelima, sensor menunjukkan kinerja yang baik dengan mendeteksi objek pada jarak sekitar 150 cm. Akhirnya, pada pengujian keenam, sensor tetap dapat mendeteksi objek pada jarak yang lebih jauh, yaitu sekitar 179 cm. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor ultrasonik memiliki performa yang konsisten dalam mendeteksi objek pada berbagai jarak.

4.5. DHT22

Sebelum menyajikan hasil pengujian sensor DHT22, penting untuk menjelaskan bahwa sensor ini digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara di sekitar area sistem. Sensor DHT22 dikenal memiliki tingkat akurasi yang baik, dengan kemampuan membaca suhu dalam rentang -40°C hingga 80°C dan kelembapan dalam rentang 0% hingga 100% RH. Pengujian dilakukan untuk memastikan sensor mampu memberikan data lingkungan secara akurat dan stabil dalam berbagai kondisi.

Tabel 3. Pengujian DHT22

Pengujian	Suhu	Kelembapan	Keterangan
Ke-1	33.8°C	70%	Terdeteksi
Ke-2	28°C	77%	Terdeteksi
Ke-3	23°C	80%	Terdeteksi
Ke-4	35.6°C	68%	Terdeteksi
Ke-5	37.4°C	66.7%	Terdeteksi
Ke-6	30.9°C	71%	Terdeteksi

Data ini menunjukkan suhu dan kelembapan yang diukur oleh sensor DHT22 pada beberapa percobaan. Hasil pengukuran digunakan untuk memberikan informasi kondisi lingkungan sekitar secara real-time, yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung sistem deteksi dini bencana banjir.

4.6. Buzzer dan LED

Sebelum menyajikan hasil pengujian buzzer dan LED, perlu dijelaskan bahwa kedua komponen ini berperan sebagai indikator sistem. Buzzer digunakan untuk memberikan notifikasi berupa suara peringatan dalam situasi darurat, seperti ketika ketinggian air telah melewati ambang batas. Sementara itu, LED berfungsi sebagai indikator visual untuk menunjukkan status sistem, seperti apakah sistem dalam kondisi normal atau siaga. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa buzzer dan LED dapat bekerja sesuai dengan logika yang telah dirancang dalam sistem.

Tabel 4. Pengujian Buzzer dan LED

Pengujian	Jarak yang Terukur	Status Buzzer	Status LED
Ke-1	120 Cm	Mati	Mati
Ke-2	95 Cm	Berkedip	Berkedip
Ke-3	55 Cm	Berkedip	Berkedip
Ke-4	50 Cm	Nyala	Nyala
Ke-5	10 Cm	Nyala	Nyala
Ke-6	190 Cm	Mati	Mati

Data ini menunjukkan bahwa LED dan buzzer berfungsi sesuai dengan logika sistem. Pada jarak lebih dari 100 cm, keduanya mati sebagai tanda bahwa kondisi aman. Saat jarak berada di antara 50-100 cm, LED dan buzzer aktif dalam mode berkedip (menyala 2 detik, mati 2 detik) sebagai tanda siaga. Ketika jarak mendekati atau kurang dari 50 cm, keduanya menyala terus-menerus untuk memberikan peringatan bahaya kepada pengguna.

4.7. Pengujian Database

Firebase digunakan sebagai platform penyimpanan dan pengelolaan data secara real-time. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa data dari sensor dapat dikirim, disimpan, dan diakses melalui Firebase tanpa kendala.

Tabel 5. Pengiriman Data Sensor ke Firebase

No	Jarak	Suhu	Kelembapan	Status
1	150 Cm	30°C	70%	Aman
2	100 Cm	29°C	64.5%	Siaga
3	67 Cm	33°C	66.2%	Siaga
4	50 Cm	27°C	75%	Banjir
5	42 Cm	28°C	78%	Banjir
6	20 Cm	26.5°C	77%	Banjir

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa data yang dihasilkan oleh sensor, meliputi jarak, suhu, kelembapan, dan status, dapat dikirim dan disimpan di Firebase dengan baik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh data berhasil dikirim dan disimpan tanpa kehilangan, dengan setiap perubahan pada data sensor langsung tercatat di Firebase secara akurat. Hal ini membuktikan bahwa sistem mampu mengirimkan data ke database secara konsisten, mendukung fungsi monitoring berbasis IoT yang dirancang, serta siap digunakan untuk pemantauan real-time melalui aplikasi monitoring.

4.8. Pengujian Aplikasi

Pengujian aplikasi monitoring dilakukan untuk memastikan bahwa data yang dikirimkan ke Firebase dapat ditampilkan dengan benar dan aplikasi dapat berjalan sesuai dengan desain fungsionalitasnya. Aspek yang diuji meliputi tampilan data real-time, notifikasi, responsivitas, stabilitas, dan kemudahan penggunaan. Berikut adalah hasil pengujian aplikasi monitoring:

Tabel 6. Pengujian Aplikasi Berbasis Kodular

No	Aspek Uji	Deskripsi Pengujian	Hasil Uji	Keterangan
1	Tampilan Data Real Time	Memastikan data pada firebase dan aplikasi sesuai	Berhasil	Data diperbarui setiap perubahan di Firebase.
2	Notifikasi Aman, Siaga dan Bahaya	Memastikan hasil sesuai ketika jarak Aman, Siaga, Banjir.	Berhasil	Informasi ditampilkan pada Aplikasi
3	Responsivitas Aplikasi	Memastikan aplikasi dapat menerima data dengan delay maksimal 2 detik setelah perubahan di Firebase.	Berhasil	Delay berkisar 1-2 detik.
4	Stabilitas Aplikasi	Menguji aplikasi selama 1 jam untuk memastikan tidak ada crash atau lag.	Berhasil	Tidak ditemukan error atau lag selama pengujian.

Berdasarkan hasil pengujian, aplikasi monitoring berfungsi dengan baik dan memenuhi kriteria yang telah ditetapkan. Data sensor yang dikirim ke Firebase dapat ditampilkan secara real-time di aplikasi dengan jeda waktu yang minim. Selain itu, fitur notifikasi berjalan sesuai dengan kondisi yang ditentukan, dan aplikasi menunjukkan performa yang stabil tanpa kendala teknis.

Hasil ini menunjukkan bahwa aplikasi monitoring dapat diandalkan untuk mendukung sistem deteksi dini berbasis IoT, memberikan kemudahan kepada pengguna dalam memantau data lingkungan secara efisien.

4.9. Pengujian Keseluruhan

Pengujian secara keseluruhan dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem secara menyeluruh, mulai dari pengukuran data oleh sensor hingga pengiriman data ke Firebase dan pemantauan data di aplikasi monitoring. Tabel berikut merangkum hasil pengujian dari setiap bagian sistem untuk memastikan bahwa semua komponen bekerja secara terintegrasi dan sesuai dengan harapan.

Tabel 7. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

No	Aspek Uji	Deskripsi Pengujian	Hasil Uji	Keterangan
1	Pengukuran Data Sensor	Memastikan sensor mengukur jarak, suhu, dan kelembapan dengan akurat	Berhasil	Data pengukuran sesuai dengan kondisi nyata.
2	Pengiriman Data ke Firebase	Memastikan data yang diukur dikirim dan disimpan dengan baik di Firebase.	Berhasil	Data terkirim tanpa kehilangan dan tercatat akurat.
3	Tampilan Data di Aplikasi Monitoring	Memastikan aplikasi menampilkan data secara real-time dan tanpa delay signifikan	Berhasil	Data tampil dengan akurat dan responsif.
4	Notifikasi Aman, Siaga dan Bahaya	Memastikan notifikasi muncul ketika kondisi jarak kritis tercapai	Berhasil	Notifikasi muncul sesuai dengan logika yang diatur.
5	Responsivitas Sistem	Memastikan seluruh sistem bekerja dalam waktu yang singkat dan tanpa lag.	Berhasil	Sistem berjalan stabil tanpa lag atau error.
6	Stabilitas Sistem Selama Pengujian	Menguji sistem selama durasi 1 jam untuk melihat apakah ada gangguan	Berhasil	Tidak ada crash atau gangguan pada sistem.

Berdasarkan hasil pengujian yang terstruktur pada tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa sistem berfungsi dengan baik dan stabil. Semua komponen, mulai dari sensor, pengiriman data ke Firebase, hingga aplikasi monitoring, bekerja secara efektif tanpa kendala yang signifikan. Data yang diukur oleh sensor berhasil dikirim dan ditampilkan secara real-time dengan notifikasi yang sesuai. Sistem ini menunjukkan kinerja yang optimal, mendukung tujuan utama pemantauan kondisi secara otomatis dan efisien.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem deteksi dini bencana banjir berbasis IoT yang dirancang menggunakan ESP32-S, sensor ultrasonik HC-SR04, dan DHT22 menunjukkan kinerja optimal. Sensor ultrasonik mampu mendeteksi ketinggian air hingga 179 cm dengan akurasi ± 3 mm, sementara sensor DHT22 mencatat suhu antara 23°C hingga 37.4°C dan kelembapan 66.7% hingga 80%. Sistem ini memberikan notifikasi yang sesuai melalui

buzzer dan LED, di mana keduanya mati pada jarak lebih dari 100 cm, berkedip pada jarak 50–100 cm, dan menyala terus-menerus pada jarak kurang dari 50 cm. Pengujian Firebase membuktikan bahwa data ketinggian air, suhu, dan kelembapan berhasil dikirim, disimpan, dan diakses secara real-time tanpa kehilangan data, sementara aplikasi monitoring berbasis Kodular mampu menampilkan data real-time dengan jeda waktu 1–2 detik, memberikan notifikasi yang sesuai, serta menunjukkan stabilitas selama satu jam operasi tanpa gangguan. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan penambahan sensor curah hujan dan tekanan atmosfer, penerapan machine learning untuk prediksi banjir, serta peningkatan interaktivitas aplikasi dan implementasi sistem dalam skala lebih luas guna mendukung mitigasi risiko banjir yang lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. T. A. Susila, I. N. Firdaus, M. F. Chuzairi, and D. Rahmawati, "Flood Early Warning System Prototype Based on Ultrasonic Sensor and Internet of Things," *Jurnal Rekayasa Elektrika*, vol. 19, no. 3, Sep. 2023, doi: <https://doi.org/10.17529/jre.v19i3.33147>.
- [2] Ryan Dika Pratama, S. Samsugi, and Jaka Sembiring, "Alat Deteksi Ketinggian Air Menggunakan Sensor Ultrasonik Dengan Database," vol. 3, no. 1, pp. 45–55, Sep. 2022, doi: <https://doi.org/10.33365/jtikom.v3i1.1878>.
- [3] Henni Simanjuntak and Tamaji Tamaji, "Desain Dan Pembuatan Alat Pendeteksi Ketinggian Air Sungai Berbasis Arduino Uno," *Seminar Nasional Ilmu Terapan*, vol. 4, no. 1, pp. C–51, 2020, Accessed: Dec. 8, 2024. [Online]. Available: <https://ojs.widyakartika.ac.id/index.php/sniter/article/view/202>
- [4] Ilmuddin Ilmuddin and P. A. Putra, "Perancangan Prototipe Pendeteksi Banjir Berbasis Internet Of Things (IoT)," *Tolis Ilmiah Jurnal Penelitian*, vol. 4, no. 2, Nov. 2022, doi: <https://doi.org/10.56630/jti.v4i2.246>.
- [5] A. Farabi and Andini Sintawati, "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*, vol. 5, no. 2, pp. 99–106, May 2024, doi: <https://doi.org/10.52465/josce.v5i2.293>.
- [6] Angga Debby Frayudha, "Road Flood Warning Detection Using Wireless Sensors and Fuzzy Logic to Support Gresik Smart City," *Matics Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (Journal of Computer Science and Information Technology)*, vol. 16, no. 2, pp. 108–121, Sep. 2024, doi: <https://doi.org/10.18860/mat.v16i2.28380>.
- [7] Imaniaro Manutede, R. Leo, and None Hawu Yogia Pradana Uly, "Design and Development of a Prototype Water Level Control System for Early Flood Detection Based on The Internet of Things: a Case Study of Kambaniru Dam," *Journal of Artificial Intelligence and Engineering Applications (JAIEA)*, vol. 4, no. 1, pp. 35–41, Oct. 2024, doi: <https://doi.org/10.59934/jaiea.v4i1.542>.
- [8] Iswanto Suwarno, Alfian Ma'arif, N. M. Raharja, Adhianty Nurjanah, Jazaul Ikhsan, and Dyah Mutiarin, "IoT-based Lava Flood Early Warning System with Rainfall Intensity Monitoring and Disaster Communication Technology," *Emerging Science Journal*, vol. 4, pp. 154–166, Dec. 2021, doi: <https://doi.org/10.28991/esj-2021-sp1-011>.
- [9] N. Tiwari, Prajakta Khairnar, Divya Salunke, P. Chavan, and Vaishnavi Pabalkar, "IoT Based Flood Monitoring and Alerting System," *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, vol. 12, no. 2, pp. 1624–1628, Feb. 2024, doi: <https://doi.org/10.22214/ijraset.2024.58675>.
- [10] M. N. Nizam, None Haris Yuana, and None Zunita Wulansari, "MIKROKONTROLER ESP 32 SEBAGAI ALAT MONITORING PINTU BERBASIS WEB," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 6, no. 2, pp. 767–772, Oct. 2022, doi: <https://doi.org/10.36040/jati.v6i2.5713>.
- [11] Heru Purwanto, M. Riyadi, Destiana Widi Widi Astuti, and A. Wijaya, "KOMPARASI SENSOR ULTRASONIK HC-SR04 DAN JSN-SR04T UNTUK APLIKASI SISTEM DETEKSI KETINGGIAN AIR," *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, vol. 10, no. 2, pp. 717–724, 2019, doi: <https://doi.org/10.24176/simet.v10i2.3529>.
- [12] Fitri Puspasari, Trias Prima Satya, Unan Yusmaniar Oktiawati, Imam Fahrurrozi, and Hristina Prisyanti, "Analisis Akurasi Sistem sensor DHT22 berbasis Arduino terhadap Thermohygrometer Standar," *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, vol. 16, no. 1, pp. 40–40, Feb. 2020, doi: <https://doi.org/10.12962/j24604682.v16i1.5776>.