

PERANCANGAN SISTEM MONITORING KETINGGIAN AIR UNTUK PENDETEKSI BANJIR SECARA DINI MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP32

1st Nuraini Jamilatus Savitri
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia
nurainisavitri@students.telkomuniversity.ac.id

Levy Olivia Nur
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia
levyolivia@telkomuniversity.ac.id

Sevierda Raniprima
Fakultas Teknik Elektro
Telkom University
Bandung, Indonesia
sevierda@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Banjir merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia dan berdampak signifikan terhadap kehidupan masyarakat. Salah satu penyebab utama banjir adalah meningkatnya ketinggian air secara tiba-tiba tanpa sistem peringatan dini yang efektif. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem yang mampu mendeteksi kenaikan tinggi air secara *real-time* dan memberikan informasi kepada masyarakat agar dapat mengambil tindakan pencegahan lebih awal. Pada tugas akhir ini dirancang sebuah sistem *monitoring* ketinggian air untuk pendeteksi banjir secara dini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai otak utama. Sistem ini dilengkapi dengan sensor ultrasonik untuk mengukur tinggi permukaan air dan terhubung ke internet melalui koneksi *Wi-Fi*. Data yang diperoleh dikirim ke platform IoT Blynk untuk ditampilkan secara *real-time* melalui aplikasi pada *smartphone*. Selain itu, sistem ini juga dirancang untuk mengaktifkan peringatan otomatis seperti *buzzer* atau notifikasi saat ketinggian air melewati batas tertentu. Sistem ini diimplementasikan dalam bentuk prototipe berbahan akrilik ukuran 30x20x20 cm yang mensimulasikan kondisi nyata perubahan ketinggian air. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perubahan ketinggian air dengan tingkat akurasi yang baik (MAPE sebesar 6,69%) dan mampu mengirimkan notifikasi secara *real-time* dengan jeda waktu kurang dari 3 detik. Sistem ini dapat menjadi solusi awal dalam mitigasi risiko bencana banjir, terutama di wilayah rawan banjir.

Kata kunci— Banjir, ESP32, Monitoring Air, IoT, Sensor Ultrasonik

I. PENDAHULUAN

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang paling sering terjadi di Indonesia dan memberikan dampak signifikan terhadap kehidupan sosial, ekonomi, dan keselamatan masyarakat. Data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) menunjukkan bahwa sepanjang 2020–2024 tercatat 15.016 kejadian bencana alam, dengan banjir menjadi kejadian terbanyak, yaitu 3.926 kasus. Banjir umumnya disebabkan oleh curah hujan tinggi, sistem drainase yang buruk, dan rendahnya daya serap tanah, terutama di wilayah perkotaan. Ketidadaan sistem peringatan dini yang efektif sering mengakibatkan keterlambatan tindakan evakuasi maupun mitigasi. Oleh karena itu, diperlukan teknologi yang mampu memantau

ketinggian air secara *real-time* dan memberikan notifikasi kepada masyarakat agar dapat mengambil langkah pencegahan sebelum banjir meluas. Kemajuan teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan integrasi sensor dan mikrokontroler untuk membangun sistem monitoring jarak jauh yang efektif. Berbagai penelitian sebelumnya telah mengembangkan perangkat pendeteksi banjir menggunakan sensor ultrasonik dan platform IoT, namun masih terdapat keterbatasan pada akurasi, waktu respon, dan fleksibilitas sistem. Penelitian ini bertujuan merancang prototipe sistem monitoring ketinggian air berbasis mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan platform IoT Blynk. Sistem ini menggunakan sensor ultrasonik untuk mengukur jarak permukaan air, dilengkapi indikator LED multi-level, *buzzer* peringatan, dan notifikasi otomatis melalui aplikasi *smartphone*. Hasilnya diharapkan mampu memberikan solusi yang cepat, akurat, dan mudah diimplementasikan sebagai sistem peringatan dini banjir di wilayah rawan.

II. KAJIAN TEORI

A. Sistem Monitoring

Sistem monitoring adalah mekanisme pengumpulan, pengolahan, dan penyajian data secara berkelanjutan untuk memantau kondisi atau variabel tertentu. Dalam konteks mitigasi bencana, sistem monitoring digunakan untuk mendeteksi parameter lingkungan yang berpotensi menimbulkan ancaman, sehingga memungkinkan pengambilan keputusan secara cepat dan tepat.

B. Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang dilengkapi modul *Wi-Fi* dan *Bluetooth*, menjadikannya ideal untuk aplikasi IoT. Perangkat ini memiliki hingga 48 pin GPIO yang mendukung berbagai fungsi seperti ADC, DAC, UART, SPI, dan touchpads. Pada penelitian ini, ESP32 digunakan sebagai pusat pemrosesan data dari sensor ultrasonik dan pengendali aktuator, sekaligus mengirimkan data ke platform Blynk secara *real-time*.

C. Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik bekerja dengan memancarkan gelombang suara frekuensi tinggi yang akan dipantulkan kembali oleh

objek di depannya. Waktu tempuh gelombang digunakan untuk menghitung jarak. HC-SR04 memiliki jangkauan efektif 2–400 cm dengan sudut deteksi sekitar 15°. Dalam penelitian ini, sensor digunakan untuk mengukur jarak antara permukaan air dengan titik referensi di prototipe.

D. Indikator LED dan Buzzer

LED (Light Emitting Diode) digunakan sebagai indikator visual status ketinggian air, dengan tiga warna: hijau (aman), kuning (siaga), dan merah (bahaya). Buzzer digunakan sebagai peringatan audio saat kondisi bahaya terdeteksi, guna menarik perhatian pengguna secara cepat.

E. Resistor

Resistor berfungsi menghambat arus listrik pada rangkaian, melindungi komponen seperti LED agar tidak rusak akibat kelebihan arus. Nilai resistor ditentukan berdasarkan kebutuhan arus pada komponen yang digunakan.

F. Platform Blynk

Blynk adalah platform IoT yang memungkinkan pengguna mengontrol dan memonitor perangkat keras melalui aplikasi smartphone. Data dari ESP32 dikirimkan ke cloud Blynk dan ditampilkan dalam bentuk antarmuka interaktif. Fitur push notification digunakan untuk mengirim peringatan langsung kepada pengguna saat ketinggian air mencapai ambang batas tertentu.

G. Evaluasi Akurasi Sensor

Kinerja sensor dievaluasi menggunakan metode Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Nilai MAPE < 10% dikategorikan sangat akurat, 10–20% akurat, 20–50% cukup buruk, dan > 50% tidak akurat.

III. METODE

A. Sistem Monitoring

Sistem monitoring adalah mekanisme pengumpulan, pengolahan, dan penyajian data secara berkelanjutan untuk memantau kondisi atau variabel tertentu. Dalam konteks mitigasi bencana, sistem monitoring digunakan untuk mendeteksi parameter lingkungan yang berpotensi menimbulkan ancaman, sehingga memungkinkan pengambilan keputusan secara cepat dan tepat.

B. Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang dilengkapi modul Wi-Fi dan Bluetooth, menjadikannya ideal untuk aplikasi IoT. Perangkat ini memiliki hingga 48 pin GPIO yang mendukung berbagai fungsi seperti ADC, DAC, UART, SPI, dan touchpads. Pada penelitian ini, ESP32 digunakan sebagai pusat pemrosesan data dari sensor ultrasonik dan pengendali aktuator, sekaligus mengirimkan data ke platform Blynk secara real-time.

C. Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik bekerja dengan memancarkan gelombang suara frekuensi tinggi yang akan dipantulkan kembali oleh objek di depannya. Waktu tempuh gelombang digunakan untuk menghitung jarak. HC-SR04 memiliki jangkauan efektif 2–400 cm dengan sudut deteksi sekitar 15°. Dalam penelitian ini, sensor digunakan untuk mengukur jarak antara permukaan air dengan titik referensi di prototipe.

D. Indikator LED dan Buzzer

LED (Light Emitting Diode) digunakan sebagai indikator visual status ketinggian air, dengan tiga warna: hijau (aman), kuning (siaga), dan merah (bahaya). Buzzer digunakan

sebagai peringatan audio saat kondisi bahaya terdeteksi, guna menarik perhatian pengguna secara cepat.

E. Resistor

Resistor berfungsi menghambat arus listrik pada rangkaian, melindungi komponen seperti LED agar tidak rusak akibat kelebihan arus. Nilai resistor ditentukan berdasarkan kebutuhan arus pada komponen yang digunakan.

F. Platform Blynk

Blynk adalah platform IoT yang memungkinkan pengguna mengontrol dan memonitor perangkat keras melalui aplikasi smartphone. Data dari ESP32 dikirimkan ke cloud Blynk dan ditampilkan dalam bentuk antarmuka interaktif. Fitur push notification digunakan untuk mengirim peringatan langsung kepada pengguna saat ketinggian air mencapai ambang batas tertentu.

G. Evaluasi Akurasi Sensor

Kinerja sensor dievaluasi menggunakan metode Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Nilai MAPE < 10% dikategorikan sangat akurat, 10–20% akurat, 20–50% cukup buruk, dan > 50% tidak akurat.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan prototipe sistem monitoring ketinggian air berbasis mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan platform Blynk untuk pemantauan dan notifikasi secara real-time. Sistem diuji dalam tiga skenario kondisi air: aman, siaga, dan bahaya, dengan total 15 kali pengujian pada setiap skenario.

Prototipe sistem monitoring ketinggian air untuk pendeteksi banjir berbasis mikrokontroler ESP32 berhasil direalisasikan dengan memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pengukur jarak permukaan air, LED indikator (hijau, kuning, merah) sebagai penanda visual, buzzer sebagai alarm suara, dan integrasi aplikasi Blynk untuk pemantauan jarak jauh secara real-time.

1. Hasil Implementasi Prototipe

Prototipe sistem dibuat menggunakan bahan akrilik berukuran 30×20×20 cm yang dilengkapi miniatur rumah, saluran masuk air, dan saluran pembuangan. Sensor ultrasonik HC-SR04 dipasang di bagian atas prototipe untuk mendeteksi ketinggian air, sedangkan mikrokontroler ESP32 mengolah data dan mengirimkan informasi ke aplikasi Blynk.



Gambar. Prototipe sistem monitoring ketinggian air

2. Hasil Pengujian Akurasi Sensor

Pengujian dilakukan untuk membandingkan hasil pembacaan sensor ultrasonik dengan pengukuran manual menggunakan penggaris. Akurasi dihitung menggunakan metode Mean Absolute Percentage Error (MAPE).

Tabel Hasil pengujian sensitivitas sensor ultrasonik

No	Sensor (cm)	Manual (cm)	Selisih (cm)
----	-------------	-------------	--------------

1	14	14	0
2	13	14	1
3	12	13	1
4	13	13	0
5	11	12	1
6	14	14	0
7	10	11	1
8	12	13	1
9	9	10	1
10	11	11	0
11	8	9	1
12	7	8	1
13	6	7	1
14	9	9	0
15	7	8	1

Berdasarkan hasil pengujian sensitivitas sensor ultrasonik sebanyak 15 kali, diperoleh bahwa rata-rata selisih antara pembacaan sensor dengan pengukuran manual adalah 0-1 cm. Hal ini menunjukkan bahwa sensor memiliki tingkat akurasi yang baik dengan toleransi kesalahan kecil yang masih dapat diterima dalam aplikasi alat pendeteksi banjir.

3. Respon Sistem Terhadap Ketinggian Air

Sistem dirancang untuk memberikan respon berbeda sesuai level ketinggian air. Respon ini meliputi nyala LED indikator, bunyi buzzer, notifikasi Blynk, dan pemutusan lampu rumah (LED putih).

Tabel pengujian MCB rumah

No	Jarak Air (cm)	Kondisi LED Putih
1	15	Menyala
2	14	Menyala
3	13	Menyala
4	12	Menyala
5	13	Menyala
6	14	Menyala
7	12	Menyala
8	7	Mati
9	8	Mati

10	6	Mati
11	5	Mati
12	6	Mati
13	8	Mati
14	5	Mati
15	6	Mati

Dari hasil pengujian, sistem yang dirancang memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan respon cepat terhadap perubahan ketinggian air. Integrasi ESP32 dengan platform Blynk memungkinkan pemantauan jarak jauh secara real-time, sehingga pengguna dapat segera mengambil tindakan pencegahan banjir.

Kinerja prototipe menunjukkan kesesuaian dengan penelitian terdahulu yang juga menggunakan sensor ultrasonik sebagai detektor ketinggian air, namun sistem ini memiliki keunggulan berupa notifikasi langsung ke smartphone dan kontrol otomatis terhadap beban listrik rumah (LED putih). Pengujian MAPE <10% membuktikan sistem mampu melakukan pengukuran presisi, sedangkan kecepatan notifikasi <3 detik memastikan informasi dapat diterima dengan cepat untuk mitigasi risiko banjir.

Prototipe sistem monitoring ketinggian air untuk pendeteksi banjir berbasis mikrokontroler ESP32 berhasil dibuat dengan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, LED indikator (hijau, kuning, merah), buzzer, dan aplikasi Blynk sebagai media monitoring jarak jauh. Sistem mampu menampilkan status level air secara real-time (aman, siaga, bahaya) serta mengirimkan notifikasi melalui aplikasi Blynk, baik dalam bentuk pop-up maupun bar, dengan delay rata-rata 1,95 detik. Pengujian sensitivitas sensor menunjukkan akurasi tinggi dengan MAPE sebesar 6,69%, MAE 0,667 cm, dan RMSE 0,8165 cm, sehingga layak digunakan untuk pemantauan tinggi air. LED indikator berfungsi sesuai skenario: hijau menyala pada jarak air 15–13 cm (aman), kuning pada 12–10 cm (siaga), dan merah pada <9 cm (bahaya) disertai buzzer dan pemadaman LED putih (simulasi MCB rumah).

Seluruh pengujian (15 kali tiap skenario) menunjukkan konsistensi kinerja sistem, baik pada respon LED, pengiriman notifikasi, maupun kontrol manual lampu melalui aplikasi Blynk. Sistem terbukti mampu memberikan peringatan dini yang andal, cepat, dan akurat untuk mitigasi risiko banjir.

Hasil pada pengujian delay dan responsivitas sistem didapatkan nilai rata-rata delay sistem adalah 1.95 detik dengan delay maksimum 2.47 detik. Delay ini disebabkan oleh proses pengiriman data dari sensor ke aplikasi Blynk dan merupakan nilai yang masih dapat diterima. Responsivitas alat dapat dikategorikan baik dan dapat diandalkan untuk sistem peringatan dini. Adapun penyebab delay system adalah sebagai berikut :

Frekuensi Pembacaan Sensor

Sensor ultrasonik HC-SR04 memiliki interval waktu antar pembacaan. Jika sistem membaca sensor setiap 500 ms – 1 detik, maka terjadi jeda sebelum perubahan kondisi terdeteksi. Semakin besar interval, semakin lambat respon.

Algoritma Pemrosesan Data

Program yang menangani pembacaan sensor hingga keputusan perubahan indikator (LED atau alarm) dapat mengalami delay jika:

Terlalu banyak perhitungan sebelum mengambil keputusan
Adanya kondisi filtering atau debounce untuk menghindari noise/pembacaan palsu

Delay pada Output Aktuator

Jika output sistem berupa LED, buzzer, atau relay, waktu aktual perubahan indikator bisa sedikit tertunda karena:

Waktu pemrosesan mikrokontroler
Kecepatan switching komponen

Kondisi Fisik Air

Perubahan permukaan air tidak langsung terbaca secara drastis, apalagi jika naik perlahan. Jika air bergelombang atau bergelembung, sensor mungkin memberikan pembacaan tidak konsisten, dan sistem menunggu kestabilan data (misalnya: rata-rata dari 3 pembacaan).

Keterlambatan Komunikasi Serial / Wi-Fi

Jika sistem juga mengirimkan data ke serial monitor, server, atau IoT (Blynk/MQTT/Database), waktu kirim data bisa menambah delay eksekusi logika utama. Dengan kecepatan respon yang memadai dan tingkat akurasi yang tinggi, sistem ini layak dikembangkan lebih lanjut untuk implementasi skala lapangan, misalnya dengan penambahan sumber daya cadangan (backup power), peningkatan proteksi perangkat dari cuaca ekstrem, dan perluasan jangkauan jaringan.

V. KESIMPULAN

Pembuatan alat ukur ketinggian permukaan air menggunakan sensor ultrasonik untuk pendeteksi dini banjir berhasil direalisasikan. Sensor HC-SR04 yang digunakan dalam prototipe pendeteksi ketinggian air memiliki tingkat akurasi yang sangat baik. Nilai MAE 0.667 cm, RMSE 0.8165 cm. Nilai-nilai ini tergolong kecil dan dapat dianggap layak untuk pemantauan tinggi air dan nilai MAPE hanya 6.69%, yang termasuk dalam kategori Sangat Akurat. Sensor ini bekerja dengan baik dalam mendeteksi tiga kondisi air, yaitu aman, siaga, dan bahaya, yang kemudian diterjemahkan melalui indikator LED (hijau, kuning, merah) serta buzzer sebagai peringatan tambahan saat kondisi bahaya terjadi. Dengan keberhasilan ini, sistem yang dibangun mampu menjadi solusi awal dalam mendukung upaya mitigasi banjir secara efektif.

Perancangan sistem monitoring berbasis aplikasi Blynk dengan mikrokontroler ESP32 berhasil dibuat untuk memantau ketinggian air secara real-time. Aplikasi Blynk dapat membaca data sensor, menampilkan status ketinggian air, dan memberikan notifikasi secara otomatis kepada pengguna dalam bentuk bar dan pop-up dengan delay rata-rata hanya 1.95 detik. Selain itu, fitur kontrol lampu (LED putih) juga dapat diaktifkan melalui aplikasi. Keberhasilan integrasi ini menunjukkan bahwa teknologi Internet of Things (IoT) mampu mendukung sistem monitoring jarak jauh yang efisien dan praktis untuk meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat terhadap potensi bencana banjir.

REFERENSI

- [1] Tarigan, J., & Betan, A. D. (2019). Sistem perancangan pendeteksi banjir secara dini. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(2), 63–67.
- [2] Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). (2023). *Data Bencana Indonesia*. <https://gis.bnpb.go.id/>
- [3] Pratama, N., Darusalam, U., & Nathasia, N. D. (2020). Perancangan sistem monitoring ketinggian air sebagai pendeteksi banjir berbasis IoT menggunakan sensor ultrasonik. *Jurnal Media Informasi Budidarma*, 4(1), 117. <https://doi.org/10.30865/mib.v4i1.1905>
- [4] Fahlevi, M. R., & Gunawan, H. (2021). Perancangan sistem pendeteksi banjir berbasis Internet of Things. *IT (Informatic Technology Journal)*, 8(1), 23–29. <https://doi.org/10.22303/it.8.1.2020.23-29>
- [5] Tarigan, J., & Bukit, M. (2021). Perancangan alat pendeteksi banjir mandiri berbasis SMS menggunakan sensor ultrasonik dan Arduino Uno. *Teknik Mesin*, 4(1), 1–7.
- [6] Saragih, B., & Bancin, C. (2020). Perancangan pengukur jarak secara wireless menggunakan sensor gelombang ultrasonik berbasis Arduino Uno ATmega 328 dengan tampilan di laptop. *Jurnal Teknologi Energi Universitas Darma Agung*, 9(2), 74–80. <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega328p>
- [7] Toby, M., Pratika, S., Piarsa, I. N., Agung, A. A. K., & Wiranatha, C. (2021). Rancang bangun wireless relay dengan monitoring daya listrik berbasis Internet of Things. *JITTER: Jurnal Ilmiah Teknologi dan Komputer*, 2(3).
- [8] Hendryady, D., & Syam, N. (2023). Prototype monitoring pendeteksi banjir menggunakan aplikasi Blynk berbasis ESP32. *Journal of System Information and Computer*, 1(1).
- [9] Mali, R. A., Tjahjono, G., Ray, F. F. G., & Fachmi, I. (2018). Rancang bangun alat pengukur jarak aman mobil pada area tempat parkir umum menggunakan sensor ultrasonic HC-SR04 dan Arduino Uno. *Jurnal Spektro*, 4(3), 1–7.
- [10] Kasau, M. I., & Irsal. (2019). Perancangan model sistem pencegah hubung pendek listrik ketika terjadi banjir menggunakan sensor elektroda. *Prosiding Seminar Ilmiah Sistem Informasi dan Teknologi Informasi*, 8(2), 232–242.

- [11] B. A. B. II. (n.d.). Gambar 2.1 Mikrokontroler Atmega 8535, 4–23.
- [12] International Organization for Standardization. (1994). *ISO 5725-1:1994 - Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 1: General principles and definitions*.
- [13] Hyndman, R. J., & Koehler, A. B. (2006). Another look at measures of forecast accuracy. *International Journal of Forecasting*, 22(4), 679–688.
- [14] Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2014). *Applied statistics and probability for engineers* (6th ed.). Wiley.
- [15] Lewis, C. D. (1982). *Industrial and business forecasting methods*. Butterworths.
- [16] Random Nerd Tutorials. (n.d.). *ESP32 pinout reference: Which GPIO pins should you use?* Retrieved July 23, 2025, from <https://randomnerdtutorials.com/esp32-pinout-reference-gpios/>
- [17] Electronics Tutorials. (n.d.). *Resistors*. Retrieved July 23, 2025, from https://www.electronics-tutorials.ws/resistor/res_1.html
- [18] Blynk IoT Platform. (n.d.). *Blynk dashboard & app*. Retrieved July 23, 2025, from <https://blynk.io/>
- [19] Scribd. (n.d.). *Wiring ESP32*. Retrieved July 23, 2025, from <https://www.scribd.com/document/883423410/Wiring-Esp32>
- [20] SriTu Hobby. (2024, February 15). *How to make a water level monitoring system with ESP32 board and Blynk* [Gambar]. Retrieved July 23, 2025, from <https://srituhobby.com/how-to-make-a-water-level-monitoring-system-with-esp32-board-and-blynk/>
- [21] Electronic Clinic. (n.d.). *Water level monitoring with ultrasonic sensor & ESP32 + Blynk* [Gambar]. Retrieved July 23, 2025, from <https://www.electronicclinic.com/water-level-monitoring-with-ultrasonic-sensor-a02yyuw-esp32-blynk/>
- [22] techstudycell. (n.d.). *IoT based water level controller using ESP32 Blynk* [Gambar]. Instructables. Retrieved July 23, 2025, from <https://www.instructables.com/IoT-Based-Water-Level-Controller-Using-ESP32-Blynk/>