

Rancang Bangun Prototype Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis Mikrokontroler ESP32 dengan Teknologi Lora dan Platform Thingspeak

Atilah Alfusiah

Universitas Negeri Padang

Almasri

Universitas Negeri Padang

Titi Sri Wahyuni

Universitas Negeri Padang

Edidas

Universitas Negeri Padang

Alamat: Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Bar., Kec. Padang Utara, Kota Padang

Korespondensi penulis: atilahalfusiah@gmail.com

Abstract. *This study aims to design and develop a flood early warning system prototype based on the ESP32 microcontroller using LoRa communication technology and integration with the ThingSpeak platform as an Internet of Things (IoT) monitoring system. The system was developed to address the limitations of previous flood monitoring systems, which were constrained by limited communication range and the lack of real-time information delivery to the public. The development method used is the Waterfall model, consisting of requirement analysis, system design, implementation, and testing stages. The system consists of a transmitter unit equipped with an ultrasonic sensor, a water level sensor, and a water flow sensor used to detect water height and flow conditions. The sensor data is processed by the ESP32 microcontroller and transmitted via a LoRa module to the receiver unit. On the receiver side, the ESP32 is connected to the internet to send data to the ThingSpeak platform, enabling real-time monitoring in the form of graphs and flood status indicators. The results show that the system is capable of accurately detecting changes in water level and flow while providing a wider communication range compared to previous nRF-based systems. The integration of LoRa offers advantages in power efficiency and transmission distance, while the ESP32 ensures stable IoT connectivity. Therefore, this prototype can serve as an effective, fast, and accessible alternative flood early warning system to support disaster mitigation in flood-prone areas.*

Keywords: *ESP32, LoRa, Internet of Things*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun prototype sistem peringatan dini banjir berbasis mikrokontroler ESP32 dengan teknologi komunikasi LoRa serta integrasi platform ThingSpeak sebagai media pemantauan berbasis Internet of Things (IoT). Sistem ini dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan sistem monitoring banjir sebelumnya yang masih memiliki jangkauan komunikasi terbatas dan belum mampu menyediakan informasi secara real-time kepada masyarakat. Perancangan sistem menggunakan metode pengembangan perangkat lunak Waterfall yang meliputi analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, dan pengujian sistem. Sistem terdiri dari blok pengirim yang dilengkapi sensor ultrasonik, sensor water level, dan sensor water flow yang digunakan untuk mendeteksi kondisi ketinggian serta aliran air. Data hasil pembacaan sensor diproses oleh mikrokontroler ESP32 kemudian dikirim menggunakan modul LoRa menuju blok penerima. Pada sisi penerima, ESP32 terhubung dengan internet untuk mengirimkan data ke platform ThingSpeak sehingga informasi dapat dipantau secara real-time dalam bentuk grafik maupun status kondisi banjir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perubahan ketinggian dan aliran air secara akurat serta mengirimkan data dengan jangkauan komunikasi yang lebih luas dibandingkan sistem berbasis modul nRF sebelumnya. Integrasi LoRa memberikan keunggulan pada efisiensi daya dan jangkauan transmisi, sementara ESP32 mendukung konektivitas IoT yang stabil. Dengan demikian, prototype ini dapat menjadi solusi alternatif dalam sistem peringatan dini banjir yang lebih efektif, cepat, dan mudah diakses oleh masyarakat dalam upaya mitigasi bencana banjir di wilayah rawan.

Kata Kunci: ESP32, LoRa, Internet of Things

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki karakteristik iklim tropis dengan dua musim utama, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Tingginya intensitas curah hujan pada musim penghujan sering memicu terjadinya bencana hidrometeorologi, terutama banjir. Banjir menjadi salah satu bencana alam yang paling sering terjadi di Indonesia dan menimbulkan dampak yang signifikan terhadap kehidupan masyarakat, baik dari aspek sosial, ekonomi, kesehatan, maupun lingkungan. Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), banjir secara konsisten menempati urutan pertama sebagai bencana yang paling banyak terjadi setiap tahunnya di Indonesia. Kondisi tersebut diperparah oleh berbagai faktor antropogenik seperti buruknya sistem drainase, penyempitan daerah aliran sungai, alih fungsi lahan, serta rendahnya kesadaran masyarakat dalam menjaga kebersihan lingkungan sehingga meningkatkan risiko terjadinya banjir di berbagai wilayah (BNPB, 2022).

Fenomena yang terjadi di lapangan menunjukkan bahwa sebagian besar masyarakat yang tinggal di daerah rawan banjir masih mengalami keterlambatan dalam memperoleh informasi mengenai kenaikan debit maupun ketinggian air sungai. Akibatnya, proses evakuasi sering dilakukan setelah kondisi banjir mencapai tingkat yang membahayakan sehingga menimbulkan kerugian material maupun korban jiwa. Sistem pemantauan yang masih dilakukan secara manual juga menyebabkan informasi yang diperoleh kurang akurat dan tidak dapat diakses secara real-time. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem peringatan dini (early warning system) yang mampu memantau kondisi lingkungan secara otomatis, akurat, dan berkelanjutan untuk mendukung upaya mitigasi bencana banjir.

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memberikan peluang besar dalam pengembangan sistem peringatan dini banjir yang lebih efektif. Teknologi IoT memungkinkan berbagai sensor terhubung melalui jaringan internet sehingga mampu melakukan pengumpulan, pengolahan, dan pengiriman data secara real-time. Pemanfaatan IoT dalam sistem monitoring banjir telah banyak dikembangkan karena mampu meningkatkan kecepatan penyampaian informasi dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dalam menghadapi potensi bencana. Selain itu, penggunaan mikrokontroler ESP32 semakin populer karena memiliki kemampuan pemrosesan data yang baik serta mendukung konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth dalam satu perangkat dengan biaya yang relatif rendah (Susila et al., 2023). Penelitian terbaru oleh (Hendrawati et al., 2025) menunjukkan bahwa integrasi beberapa sensor berbasis IoT menggunakan ESP32 mampu menghasilkan tingkat akurasi pengukuran yang tinggi dalam sistem peringatan dini banjir.

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem peringatan dini banjir berbasis IoT. Penelitian (Susila et al., 2023) mengembangkan prototype sistem peringatan dini banjir menggunakan sensor ultrasonik dan teknologi IoT yang mampu memberikan informasi status ketinggian air secara real-time melalui cloud database. Selanjutnya, (Fauzan & Nurdin, 2024) memanfaatkan ESP32 dan platform ThingSpeak sebagai media penyimpanan dan monitoring data ketinggian air berbasis smartphone. Penelitian (Utama & Kolago, 2024) mengembangkan alat ukur ketinggian air sungai berbasis IoT dengan fokus pada peningkatan akurasi sensor dalam mendeteksi perubahan muka air. Sementara itu, (Asrory et al., 2025) mengembangkan sistem peringatan dini banjir berbasis ESP32 dan MQTT yang mampu mengirimkan data dengan latensi rendah melalui aplikasi mobile. (Hendrawati et al., 2025) kemudian menyempurnakan sistem tersebut dengan mengintegrasikan berbagai sensor lingkungan dan metode logika fuzzy untuk meningkatkan akurasi prediksi risiko banjir.

Meskipun berbagai penelitian tersebut telah berhasil mengembangkan sistem monitoring dan peringatan dini banjir berbasis IoT, masih terdapat beberapa keterbatasan. Sebagian besar penelitian hanya menggunakan satu atau dua parameter pengukuran, seperti ketinggian air atau curah hujan, sehingga informasi yang diperoleh belum cukup komprehensif dalam menggambarkan kondisi banjir secara menyeluruh. Selain itu, banyak penelitian yang masih mengandalkan komunikasi Wi-Fi atau MQTT yang memiliki keterbatasan jangkauan terutama pada daerah terpencil atau lokasi sungai yang jauh dari akses internet. Beberapa sistem juga belum mengintegrasikan sensor water flow untuk mengukur kecepatan aliran air yang merupakan salah satu parameter penting dalam analisis potensi banjir. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan penelitian (research gap) terkait pengembangan sistem peringatan dini banjir yang mampu mengintegrasikan multi-sensor dengan teknologi komunikasi jarak jauh berdaya rendah dan mendukung monitoring berbasis cloud secara real-time.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini menawarkan kebaruan berupa pengembangan prototype sistem peringatan dini banjir berbasis Internet of Things yang mengintegrasikan sensor ultrasonik, sensor water level, dan sensor water flow dengan mikrokontroler ESP32 serta teknologi komunikasi LoRa (Long Range). Penggunaan LoRa dipilih karena memiliki jangkauan komunikasi yang lebih luas dan konsumsi daya yang rendah dibandingkan Wi-Fi maupun Bluetooth sehingga lebih sesuai diterapkan pada wilayah pemantauan banjir yang luas dan jauh dari pusat jaringan komunikasi. Data hasil pengukuran kemudian dikirimkan ke platform ThingSpeak untuk menampilkan informasi secara real-time melalui perangkat komputer maupun smartphone. Dengan integrasi multi-sensor dan komunikasi LoRa, sistem yang dikembangkan diharapkan mampu meningkatkan akurasi pemantauan kondisi air, memperluas jangkauan komunikasi data, serta mendukung upaya mitigasi bencana banjir secara lebih efektif dan efisien.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa sistem (*engineering research*) untuk merancang dan membangun prototype sistem peringatan dini banjir berbasis mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan teknologi komunikasi LoRa dan platform Internet of Things (IoT) ThingSpeak. Metode pengembangan yang digunakan adalah model Waterfall karena memiliki tahapan yang sistematis dan terstruktur, meliputi analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, pengujian, dan analisis hasil (Fauzan, 2024). Pada tahap analisis kebutuhan dilakukan identifikasi permasalahan sistem pemantauan banjir konvensional serta kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan. Selanjutnya, tahap perancangan dilakukan dengan menyusun arsitektur sistem yang terdiri atas blok pengirim (*transmitter*) dan blok penerima (*receiver*), lengkap dengan diagram blok, flowchart, dan skematik rangkaian sebagai dasar implementasi sistem.

Tahap implementasi dilakukan dengan merakit perangkat keras yang terdiri atas ESP32, modul LoRa, sensor ultrasonik HC-SR04, sensor *water level*, dan sensor *water flow*, kemudian melakukan pemrograman menggunakan Arduino IDE agar sistem dapat membaca, mengolah, serta mengirimkan data ke ThingSpeak secara real-time (Hardiyanto & Imaduddin, 2025). Setelah itu, dilakukan pengujian terhadap kinerja sensor, komunikasi LoRa, dan integrasi sistem dengan platform IoT untuk memastikan seluruh komponen bekerja dengan baik. Tahap terakhir adalah analisis hasil pengujian yang bertujuan untuk mengevaluasi tingkat keberhasilan sistem

berdasarkan akurasi sensor, kecepatan pengiriman data, kestabilan komunikasi LoRa, serta efektivitas sistem dalam mendukung peringatan dini banjir berbasis IoT.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Implementasi Sistem

Hasil penelitian ini berupa prototype sistem peringatan dini banjir berbasis ESP32 yang terintegrasi dengan sensor ultrasonik, sensor water level, sensor water flow, komunikasi LoRa, dan platform ThingSpeak. Sistem bekerja dengan dua blok, yaitu transmitter dan receiver.



Transmitter bertugas membaca data sensor dan mengirimkan data melalui LoRa, sedangkan receiver menerima data dan meneruskannya ke ThingSpeak untuk ditampilkan secara real-time (Alliyu, 2023).

Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian dilakukan untuk melihat kemampuan sensor dalam membaca jarak permukaan air.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

No	Jarak Air ke Sensor (cm)	Kondisi Air	Status
1	>20 cm	Tinggi	Bahaya
2	<20cm	Sedang	Siaga
3	50 cm	Normal	Aman

Sensor ultrasonik menunjukkan respon yang baik terhadap perubahan ketinggian air. Semakin kecil jarak, semakin tinggi potensi banjir.

Hasil Pengujian Sensor Water Level

Sensor ini digunakan sebagai pembanding untuk memastikan akurasi deteksi ketinggian air.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Water Level

No	Level Air	Nilai Analog	Kondisi
1	Rendah	200–350	Aman
2	Sedang	351–650	Waspada

Nilai analog meningkat seiring naiknya permukaan air, menunjukkan sensor bekerja stabil sebagai pendukung sensor utama.

Hasil Pengujian Sensor Water Flow

Sensor ini digunakan untuk mendeteksi debit aliran air.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Water Flow

No	Debit Air (L/min)	Frekuensi Pulsa	Kondisi
1	< 0,7 L/min	Rendah	Normal
2	>0,7 L/min	Sedang	Siaga
3	≥ 1 L /min	Tinggi	Bahaya

Semakin besar aliran air, semakin tinggi pulsa yang dihasilkan sensor, menunjukkan potensi peningkatan debit banjir.

Hasil Pengujian Komunikasi LoRa

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui jangkauan dan keberhasilan pengiriman data.

Tabel 4. Hasil Pengujian Komunikasi LoRa

No	Jarak (Meter)	Kondisi
1	1m	Terhubung
2	3 m	Terhubung
3	5 m	Terhubung
4	7 m	Terhubung
5	10 m	Terhubung

LoRa Pada pengujian awal digunakan antenna bawaan modul LoRa berupa antenna hitam fleksibel yang terpasang pada modul. Hasil pengujian menunjukkan bahwa komunikasi data hanya dapat berlangsung dengan baik pada jarak sekitar 1-3 meter. Ketika jarak diperbesar melebihi batas tersebut, data tidak lagi diterima oleh *receiver* dan koneksi komunikasi terputus. Jarak yang dihasilkan pada pengujian awal ini tergolong sangat pendek jika dibandingkan dengan kemampuan teoritis modul LoRa SX1278 yang dirancang untuk komunikasi jarak jauh.

Untuk meningkatkan kualitas komunikasi, antenna bawaan kemudian diganti menggunakan antenna sederhana yang dibuat dari kawat tembaga berdiameter 0,5 mm dengan panjang sekitar 17 cm dan dipasang secara vertikal. Setelah dilakukan penggantian antenna, hasil pengujian menunjukkan adanya peningkatan jangkauan komunikasi. Data masih dapat diterima dengan baik hingga jarak sekitar 14 meter. Namun ketika jarak diperbesar lebih dari 14 meter, komunikasi kembali terputus sehingga data tidak dapat diterima oleh *receiver*.

Hasil Integrasi ThingSpeak (IoT)

Sistem berhasil mengirimkan data ke platform ThingSpeak secara real-time.

Tabel 5. Delay Pengiriman Data ke Cloud

No	Kondisi Jaringan	Delay (Detik)	Status Update
1	Stabil	2–3 detik	Real-time
2	Normal	4–6 detik	Stabil
3	Lemah	7–10 detik	Terlambat

Integrasi ESP32 dengan ThingSpeak berjalan baik. Data dapat ditampilkan dalam bentuk grafik monitoring ketinggian air.

Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian, sistem peringatan dini banjir yang dibangun telah bekerja sesuai dengan rancangan. Ketiga sensor mampu memberikan data yang saling melengkapi untuk menentukan kondisi air. Sensor ultrasonik memberikan data utama ketinggian air, sensor water level sebagai verifikasi kondisi, dan sensor water flow sebagai indikator tambahan terhadap

potensi banjir bandang. Penggunaan ESP32 memungkinkan pemrosesan data lebih cepat serta integrasi langsung dengan internet. Sementara itu, LoRa terbukti mampu mengirim data dengan jangkauan jauh dan konsumsi daya rendah (Aliyyu, 2023). Dibandingkan sistem sebelumnya berbasis nRF, LoRa memiliki keunggulan signifikan dalam hal jangkauan dan stabilitas komunikasi. Sistem yang dibangun mampu:

- a. Mendeteksi ketinggian air secara real-time
- b. Mengukur debit aliran air
- c. Mengirim data melalui LoRa.
- d. Menampilkan data pada ThingSpeak secara online

Dengan demikian, prototype ini efektif sebagai sistem peringatan dini banjir berbasis IoT (BNPB, 2022).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa prototype sistem peringatan dini banjir berbasis ESP32, LoRa, dan ThingSpeak berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik serta mampu menjalankan fungsi pemantauan kondisi air secara real-time. Sistem memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04, sensor water level, dan sensor water flow YF-S201 untuk mendeteksi ketinggian serta laju aliran air secara lebih akurat dan komprehensif sebagai indikator potensi banjir. ESP32 terbukti efektif dalam mengolah dan mengirimkan data, sementara teknologi LoRa mampu mendukung komunikasi jarak jauh dengan konsumsi daya rendah dan tingkat keberhasilan transmisi yang baik. Integrasi dengan platform ThingSpeak memungkinkan data ditampilkan secara real-time melalui perangkat yang terhubung internet sehingga memudahkan proses pemantauan dan pengambilan keputusan dalam mitigasi bencana. Secara keseluruhan, sistem ini layak digunakan sebagai model awal pengembangan sistem monitoring dan peringatan dini banjir berbasis IoT. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan dilakukan implementasi pada kondisi lapangan yang sebenarnya, penambahan sensor seperti sensor curah hujan, penerapan jaringan LoRaWAN, pengembangan dashboard web atau aplikasi mobile, integrasi notifikasi otomatis, penggunaan sumber daya mandiri seperti panel surya, serta penerapan metode kalibrasi dan filtering data guna meningkatkan akurasi, keandalan, dan efektivitas sistem dalam mendukung mitigasi bencana banjir.

DAFTAR PUSTAKA

- Alliyu, A. (2023). Kajian Risiko Bencana Banjir Di Indonesia. *Jurnal Kebencanaan Indonesia*.
- Asrory, I. A., Shifa, M., Sya'roni, M. A. I., & Jati, B. P. (2025). Perancangan dan Implementasi Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis IoT dengan ESP32, MQTT, dan Aplikasi Kodular. *Uranus: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Sains Dan Informatika*. <https://doi.org/https://doi.org/10.61132/uranus.v3i3.1056>
- Fauzan, M., & Nurdin. (2024). *Implementasi ThingSpeak sebagai Database pada Alat Deteksi Banjir Menggunakan ESP32*. <https://doi.org/https://doi.org/10.31294/conten.v4i1.3596>
- Hardiyanto, F., & Imaduddin, I. (2025). Perancangan water level sensor module menggunakan MQTT over WiFi dan serial communication. *Jurnal RIGGS*.
- Hendrawati, T. D., Wicaksana, F. A., Kumaran, I., & Abdillah, M. D. (2025). Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Integrasi Multi-Sensor dan Logika Fuzzy. *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*. <https://doi.org/https://doi.org/10.31544/jtera.v10.i2.2025.131-140>

- Susila, M. T. A., Firdaus, I. N., Chuzairi, M. F., & Rahmawati, D. (2023). Flood Early Warning System Prototype Based on Ultrasonic Sensor and Internet of Things. *Jurnal Rekayasa Elektrika (JRE)*.
<https://doi.org/s://doi.org/10.17529/jre.v19i3.33147>
- Utama, Y. A. K., & Kolago, D. P. (2024). Desain dan Analisis Akurasi Alat Ukur Ketinggian Air di Sungai untuk Sistem Peringatan Dini Banjir Berbasis IoT. *Infotronik : Jurnal Teknologi Informasi Dan Elektronika*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.32897/infotronik.2024.9.1.3018>