



Perancangan Desain Konstruksi Dan Aplikasi Sistem Monitoring Ketinggian Level Air Sungai Pada Daerah Rawan Banjir

Design and Application of River Water Level Monitoring Systems in Flood-Prone Areas

Muliyadi Saputra, Muhammad Rasid Rida*

Universitas Sapta Mandiri, Indonesia

*Email: rasidrida@univsm.ac.id

How to Cite :

Saputra, M., Rida, M.R. 2025. Perancangan Desain Konstruksi Dan Aplikasi Sistem Monitoring Ketinggian Level Air Sungai Pada Daerah Rawan Banjir. *Sinta Journal*, 6.(2). 192-208. <https://doi.org/10.37638/sinta.6.2.193-208>

ARTICLE HISTORY

Received [25 October 2025]

Revised [04 November 2025]

Accepted [29 November 2025]

KEYWORDS

Banjir; Internet of Things; sistem monitoring

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring ketinggian air sungai berbasis Internet of Things (IoT) sebagai upaya mitigasi bencana banjir di Kabupaten Hulu Sungai Tengah, Kalimantan Selatan. Sistem dikembangkan untuk menggantikan metode pemantauan manual yang masih banyak digunakan oleh masyarakat dan Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD). Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dengan pendekatan studi kasus, meliputi tahapan analisis kebutuhan, perancangan sistem perangkat keras dan lunak, serta uji coba lapangan. Perangkat keras menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang terhubung dengan Firebase Realtime Database. Data ketinggian air ditampilkan melalui aplikasi mobile dengan indikator warna hijau (aman), kuning (siaga), dan merah (bahaya). Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara stabil dengan tingkat akurasi 98,3% dan waktu respons data sekitar 2–3 detik. Pengguna dapat memantau kondisi sungai secara real-time serta menerima notifikasi otomatis saat terjadi peningkatan signifikan pada tinggi muka air. Kebaruan (novelty) dari penelitian ini terletak pada integrasi sistem IoT dengan aplikasi mobile berbasis Firebase yang dirancang secara modular dan hemat energi, sehingga dapat diterapkan di daerah dengan keterbatasan infrastruktur. Kontribusi utama penelitian ini adalah menciptakan model

kolaborasi antara universitas, pemerintah daerah, dan masyarakat dalam membangun sistem peringatan dini berbasis komunitas. Sistem ini tidak hanya meningkatkan efisiensi pemantauan banjir, tetapi juga memperkuat kesadaran masyarakat terhadap mitigasi bencana dan membuka peluang inovasi teknologi tepat guna di wilayah pedesaan

ABSTRACT

This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based river water level monitoring system as a flood disaster mitigation effort in Hulu Sungai Tengah Regency, South Kalimantan. The system was developed to replace the manual monitoring methods still widely used by the community and the Regional Disaster Management Agency (BPBD). The research method used is descriptive qualitative with a case study approach, including the stages of needs analysis, hardware and software system design, and field testing. The hardware uses HC-SR04 ultrasonic sensors and NodeMCU ESP8266 microcontrollers connected to the Firebase Realtime Database. Water level data is displayed through a mobile application with green (safe), yellow (alert), and red (danger) color indicators. The test results show that the system is able to work stably with an accuracy rate of 98.3% and a data response time of around 2-3 seconds. Users can monitor river conditions in real-time and receive automatic notifications when there is a significant increase in water level. The novelty of this research lies in the integration of the IoT system with a Firebase-based mobile application that is modular and energy-efficient, so it can be applied in areas with limited infrastructure. The main contribution of this research is the creation of a collaborative model between universities, local governments, and communities in developing a community-based early warning system. This system not only improves the efficiency of flood monitoring but also strengthens public awareness of disaster mitigation and opens up opportunities for appropriate technological innovation in rural areas.

PENDAHULUAN

Bencana banjir merupakan salah satu permasalahan besar yang terus dihadapi dihadapi Indonesia dan memberikan dampak luas terhadap aspek sosial, ekonomi, serta lingkungan. Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), (BNPB), banjir menempati urutan teratas dalam daftar jenis bencana alam yang paling sering terjadi di Indonesia, dengan kecenderungan peningkatan frekuensi dan frekuensi dan skala dampak selama satu dekade terakhir. Salah satu wilayah yang memiliki tingkat kerawanan tinggi terhadap bencana banjir adalah Provinsi Kalimantan Selatan. Kondisi geografis provinsi ini yang sebagian besar berupa besar berupa dataran rendah menyebabkan sistem drainase alami tidak mampu

mengalirkan air secara optimal, terutama ketika terjadi curah hujan yang tinggi. Akibatnya, genangan air kerap meluas ke daerah permukiman penduduk, lahan pertanian, hingga infrastruktur publik.

Peristiwa banjir besar yang terjadi pada 12–17 Januari 2021 menjadi salah satu bukti nyata tingginya kerentanan wilayah ini terhadap bencana hidrometeorologis. Banjir yang melanda sepuluh kabupaten/kota di Kalimantan Selatan tersebut menyebabkan 24.379 rumah terendam, 39.549 warga mengungsi, serta 15 orang meninggal dunia. Kabupaten Hulu Sungai Tengah merupakan salah satu daerah yang terdampak paling parah, dengan total 11.200 jiwa mengungsi dan lebih dari 64.000 jiwa mengalami kerugian langsung. Faktor penyebabnya tidak hanya berasal dari kondisi alam, tetapi juga dipengaruhi oleh aktivitas manusia seperti penambangan batubara di daerah hulu, pembukaan hutan secara ilegal, serta perkembangan kawasan perkotaan tanpa perencanaan tata ruang yang memadai. Kombinasi antara faktor ekologis dan antropogenik tersebut menyebabkan kapasitas daya tampung sungai berkurang, sementara debit air permukaan meningkat drastis setiap kali terjadi hujan intensitas tinggi.

Selama ini, kegiatan pemantauan ketinggian air sungai di wilayah tersebut masih dilakukan secara manual oleh petugas di lapangan. Proses ini tidak hanya memakan waktu, tetapi juga berisiko menimbulkan keterlambatan dalam penyampaian informasi kepada masyarakat dan pihak berwenang. Akibatnya, proses evakuasi sering kali tidak dapat dilakukan tepat waktu, sehingga meningkatkan potensi kerugian material dan korban jiwa. Dalam konteks inilah, penerapan teknologi digital, khususnya Internet of Things (IoT), menjadi solusi inovatif yang relevan. Teknologi IoT memungkinkan perangkat sensor dan sistem komunikasi saling terhubung dalam jaringan data yang dapat mengumpulkan, memproses, dan menampilkan informasi kondisi lapangan secara real-time melalui platform daring maupun aplikasi bergerak.

Sejumlah penelitian internasional telah membuktikan bahwa penerapan sistem pemantauan berbasis IoT mampu meningkatkan efektivitas mitigasi bencana. Misalnya, studi oleh Kumar et al. (2021) menunjukkan bahwa penggunaan sensor ultrasonik dengan konektivitas cloud dapat mempercepat waktu respons peringatan dini hingga 40% dibandingkan metode konvensional. Sementara itu, Gupta et al. (2020) menegaskan bahwa integrasi sistem IoT dengan basis data daring memungkinkan proses pengambilan keputusan lebih cepat dan akurat, terutama dalam konteks bencana hidrologis. Namun demikian, Tanty et al. (2023) menyoroti bahwa keberhasilan implementasi teknologi ini sangat bergantung pada kesiapan infrastruktur telekomunikasi, ketersediaan sumber energi, serta tingkat literasi digital masyarakat setempat. Oleh karena itu, penerapan IoT di daerah rural seperti Kabupaten Hulu Sungai Tengah memerlukan pendekatan yang sensitif terhadap konteks lokal, dengan mempertimbangkan aspek sosial, ekonomi, serta ketersediaan infrastruktur dasar.

Dalam upaya mendorong inovasi teknologi yang relevan dengan kebutuhan masyarakat lokal, penelitian ini menggunakan kerangka kolaboratif Triple Helix yang Helix yang menggabungkan peran universitas, pemerintah daerah, dan masyarakat. Menurut Carayannis dan Campbell (2019), model Triple Helix menekankan pentingnya

pentingnya sinergi antara akademisi sebagai pengembang pengetahuan, pemerintah sebagai regulator dan penyedia fasilitas, serta masyarakat atau industri sebagai pengguna akhir teknologi. Pendekatan ini terbukti efektif dalam mendorong inovasi berkelanjutan, terutama di wilayah yang memiliki keterbatasan sumber daya namun membutuhkan solusi teknologi tepat guna. Dalam konteks mitigasi bencana banjir, universitas berperan sebagai pusat riset dan pengembangan teknologi, pemerintah daerah menyediakan dukungan kebijakan dan infrastruktur, sementara masyarakat berfungsi sebagai pengguna sekaligus penjaga keberlanjutan sistem yang dibangun. Pendekatan kolaboratif ini tidak hanya memperkuat kapasitas lokal dalam mitigasi bencana, tetapi juga menumbuhkan budaya inovasi yang adaptif terhadap perubahan lingkungan (Etzkowitz, 2013; Rahmawati, 2025).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi sistem monitoring ketinggian air sungai berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat diterapkan di daerah rawan banjir Kabupaten Hulu Sungai Tengah. Sistem yang dikembangkan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 yang terhubung dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266, serta diintegrasikan dengan Firebase Realtime Database dan aplikasi mobile yang menampilkan data kondisi sungai secara langsung. Informasi ketinggian air disajikan dalam bentuk indikator visual dengan tiga status utama, yaitu aman, siaga, dan bahaya, yang dapat diakses baik oleh masyarakat maupun Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD). Dengan pendekatan berbasis teknologi ini, diharapkan sistem mampu memberikan informasi secara cepat, akurat, dan mudah diakses untuk meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat serta mempercepat proses pengambilan keputusan dalam menghadapi ancaman banjir.

Penelitian ini juga menjadi bentuk kontribusi nyata Universitas Sapta Mandiri dalam mendukung pembangunan daerah berbasis riset dan inovasi teknologi tepat guna. Hasil yang diperoleh diharapkan tidak hanya bermanfaat secara lokal, tetapi juga dapat direplikasi di wilayah lain dengan karakteristik geografis dan sosial ekonomi yang serupa. Dengan demikian, pengembangan sistem monitoring berbasis IoT ini diharapkan mampu menjadi model implementasi inovasi teknik sipil yang adaptif, inklusif, dan berorientasi pada peningkatan ketahanan masyarakat terhadap bencana hidrometeorologis di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan metode studi metode studi kasus untuk menganalisis proses perancangan dan implementasi sistem sistem monitoring ketinggian air sungai berbasis Internet of Things (IoT) di Kabupaten Kabupaten Hulu Sungai Tengah, Kalimantan Selatan. Pemilihan metode ini bertujuan bertujuan agar peneliti dapat menggambarkan secara mendalam dinamika teknis dan dan sosial yang terjadi dalam penerapan sistem di wilayah rawan banjir. Data dikumpulkan melalui wawancara dengan pihak Badan Penanggulangan Bencana Daerah Daerah (BPBD), observasi langsung di lapangan, serta studi dokumentasi dari berbagai berbagai sumber seperti laporan banjir dan literatur terkait pemanfaatan IoT untuk untuk mitigasi bencana (Sari, 2024; Rahmawati, 2025). Analisis dilakukan secara secara tematik dan kontekstual dengan mempertimbangkan kerangka Triple Helix yang

yang menekankan kolaborasi antara universitas, pemerintah, dan masyarakat dalam dalam menciptakan inovasi teknologi lokal (Carayannis & Campbell, 2019).

Secara teknis, sistem dirancang menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 yang terhubung dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan terintegrasi dengan Firebase Realtime Database sebagai penyimpanan data daring. Data hasil pengukuran ketinggian air ditampilkan secara real-time melalui aplikasi mobile yang dilengkapi indikator status aman, siaga, dan bahaya, serta fitur notifikasi peringatan dini dan laporan darurat ke BPBD. Proses pengembangan sistem dilakukan dengan menggunakan Spiral Model, yang mencakup tahap komunikasi kebutuhan pengguna, perencanaan sumber daya, analisis risiko, perancangan dan pengujian prototipe secara iteratif. Pendekatan ini memastikan sistem yang dihasilkan tidak hanya fungsional secara teknis, tetapi juga adaptif terhadap kondisi sosial dan infrastruktur daerah, sehingga dapat menjadi model inovasi teknologi tepat guna untuk mitigasi bencana banjir di kawasan pedesaan.

Desain Penelitian

Penelitian ini menghasilkan rancangan sistem monitoring ketinggian air sungai berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat memberikan informasi ketinggian air secara real-time untuk mendukung kesiapsiagaan masyarakat menghadapi bencana banjir di Kabupaten Hulu Sungai Tengah. Sistem ini dikembangkan sebagai respons terhadap keterbatasan metode pemantauan manual yang selama ini masih digunakan oleh masyarakat dan petugas Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD). Melalui pendekatan ini, peneliti berupaya menggabungkan aspek rekayasa teknologi dan aspek sosial masyarakat agar inovasi yang dihasilkan tidak hanya efektif secara teknis, tetapi juga aplikatif di lapangan. Target utama dari penelitian ini adalah menghasilkan prototipe perangkat monitoring berbasis sensor ultrasonik yang mampu mengukur perubahan tinggi muka air dengan akurasi tinggi dan menampilkan data tersebut pada aplikasi mobile yang mudah diakses oleh masyarakat umum.

Secara umum, sistem yang dirancang terdiri atas tiga komponen utama, yaitu perangkat keras (hardware prototype), perangkat lunak (software application), dan jaringan komunikasi data berbasis cloud. Komponen perangkat keras menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur jarak permukaan air terhadap posisi sensor. Hasil pengukuran dikirimkan melalui mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang memiliki modul Wi-Fi terintegrasi, kemudian data dikirimkan ke Firebase Realtime Database. Data ini selanjutnya ditampilkan dalam aplikasi mobile dalam bentuk angka dan grafik perubahan debit air. Sistem dilengkapi indikator visual berupa tiga warna hijau, kuning, dan merah untuk menunjukkan kondisi aman, siaga, dan bahaya. Desain ini bertujuan agar masyarakat dapat memahami kondisi sungai tanpa harus memiliki kemampuan teknis yang kompleks.

Metode Spiral dalam Perancangan Sistem

Proses pengembangan sistem dilakukan menggunakan pendekatan Spiral Model, yang memungkinkan perancangan dilakukan secara bertahap, mulai dari analisis

kebutuhan hingga pengujian lapangan. Model ini terdiri dari beberapa tahapan iteratif, iteratif, yaitu komunikasi dengan pengguna, perencanaan, analisis risiko, perancangan perancangan teknis (engineering), pembangunan dan uji coba (construction and release), analisis hasil, penyusunan laporan, dan publikasi.



Gambar 1. Metode Spiral Pengembangan Sistem.

Model spiral dipilih karena memberikan fleksibilitas tinggi dalam menyesuaikan rancangan dengan kebutuhan lapangan. Setiap tahap pengujian menghasilkan umpan balik yang digunakan untuk menyempurnakan sistem. Misalnya, penggunaan Firebase Realtime Database menggantikan platform ThingSpeak agar proses transmisi data lebih cepat dan sinkron, sementara mikrokontroler Arduino UNO diganti dengan NodeMCU ESP8266 karena lebih efisien dalam penggunaan daya dan konektivitas Wi-Fi.

Pendekatan spiral dianggap paling relevan untuk penelitian berbasis teknologi terapan seperti ini karena menggabungkan keunggulan dua model klasik dalam rekayasa perangkat lunak, yaitu Waterfall Model dan Prototyping Model. Jika model Waterfall bersifat linier dan tidak mudah menyesuaikan terhadap perubahan kebutuhan pengguna, maka Spiral Model memungkinkan proses revisi di setiap fase pengembangan berdasarkan hasil uji lapangan dan masukan pengguna. Dalam konteks sistem monitoring sungai, kondisi lapangan yang dinamis seperti variasi topografi, kelembapan udara, serta jarak antar sensor menuntut model pengembangan yang adaptif dan berorientasi pada evaluasi berulang.

Tahap pertama dalam Spiral Model adalah Customer Communication, yang dilakukan melalui wawancara dengan pihak Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) dan masyarakat bantaran sungai untuk memahami kebutuhan utama sistem. Pada fase ini diperoleh informasi bahwa masyarakat membutuhkan sistem yang mudah digunakan, tidak bergantung penuh pada sinyal internet, serta mampu memberikan peringatan dini dengan indikator visual yang jelas. Data kebutuhan pengguna ini kemudian dijadikan dasar untuk merancang spesifikasi teknis awal sistem.

Tahap kedua adalah Planning, yang meliputi perencanaan sumber daya, penjadwalan waktu, dan estimasi biaya. Tim peneliti merancang sistem dengan mempertimbangkan efisiensi biaya produksi dan kemudahan perawatan, sehingga

setiap komponen dipilih berdasarkan ketersediaan di pasar lokal. Tahap ini juga mencakup identifikasi kemungkinan risiko teknis, seperti gangguan koneksi Wi-Fi, keausan sensor, serta potensi gangguan daya listrik.

Selanjutnya, tahap Risk Analysis berperan penting dalam memastikan sistem dapat beroperasi secara andal di lingkungan tropis yang ekstrem. Faktor risiko yang dianalisis meliputi kemungkinan korosi pada sensor akibat kelembapan tinggi, fluktuasi suhu, serta gangguan jaringan akibat cuaca buruk. Untuk mengatasi risiko tersebut, peneliti merancang pelindung sensor berbahan acrylic waterproof dan menambahkan lapisan silikon pada sambungan kabel guna mencegah kerusakan akibat rembesan air.

Tahap berikutnya adalah Engineering dan Construction, yang melibatkan proses perancangan teknis dan pengembangan prototipe. Pada fase ini, perangkat keras dan perangkat lunak diintegrasikan melalui sistem koneksi nirkabel berbasis Firebase. NodeMCU ESP8266 diprogram menggunakan Arduino IDE dengan protokol komunikasi HTTP, sedangkan antarmuka aplikasi dikembangkan menggunakan Android Studio. Setiap perubahan desain diuji secara lokal sebelum diterapkan pada sistem utama. Dengan demikian, setiap versi prototipe diuji terhadap respons sensor, kestabilan koneksi, serta keakuratan data yang dikirim.

Setelah proses perancangan dan uji teknis selesai, dilakukan tahap Construction and Release, yaitu pengujian sistem di lapangan dan pelatihan pengguna. Tahapan ini mencakup instalasi perangkat di lokasi uji coba di Sungai Barabai, pengamatan terhadap kinerja sistem selama beberapa hari, serta evaluasi bersama masyarakat dan BPBD. Berdasarkan hasil evaluasi awal, sistem menunjukkan tingkat respons data rata-rata 2–3 detik dan akurasi pembacaan sensor yang konsisten.

Tahap Evaluation dan Reporting dilakukan dengan cara menganalisis hasil pengujian lapangan menggunakan pendekatan analisis tematik. Masukan dari pengguna kemudian digunakan untuk memperbaiki beberapa aspek sistem, misalnya penyesuaian ambang batas status siaga dan bahaya sesuai karakteristik elevasi sungai. Fase ini ditutup dengan penyusunan laporan hasil penelitian dan publikasi ilmiah agar sistem dapat direplikasi di wilayah lain dengan kondisi geografis serupa.

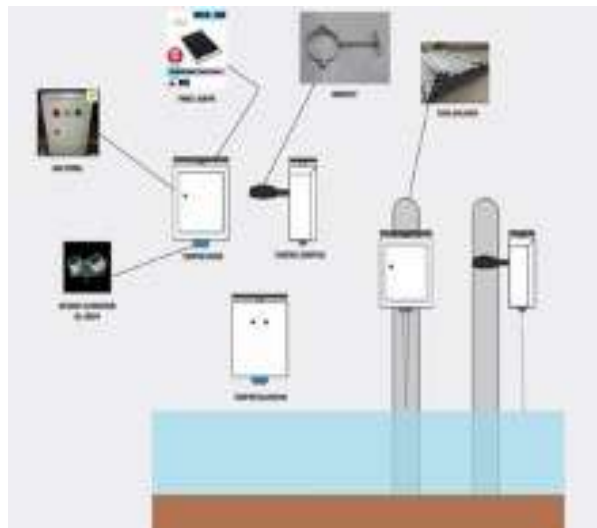
Keunggulan lain dari model spiral adalah kemampuannya menyeimbangkan aspek teknis dan manajerial dalam pengembangan sistem. Proses iteratif memungkinkan peneliti untuk tidak hanya fokus pada efisiensi alat, tetapi juga pada keterlibatan pengguna sejak tahap awal. Dengan demikian, hasil akhir sistem bukan hanya prototipe teknologi, melainkan solusi komprehensif yang siap diadopsi oleh masyarakat. Dalam konteks teknik sipil, penerapan model ini menggambarkan bagaimana prinsip rekayasa sistem dapat diintegrasikan dengan pendekatan sosial berbasis kebutuhan lapangan.

Secara keseluruhan, penggunaan Spiral Model memberikan kerangka kerja yang adaptif, kolaboratif, dan berorientasi pada pengguna. Pendekatan ini tidak hanya tidak hanya menjamin efisiensi teknis dalam perancangan perangkat monitoring air sungai, tetapi juga memastikan keberlanjutan sistem melalui keterlibatan aktif masyarakat dan institusi terkait pada setiap siklus pengembangan. Dengan hasil yang diperoleh dari tiap iterasi, model ini terbukti efektif dalam

dalam menghasilkan sistem yang fungsional, ekonomis, serta relevan dengan kondisi geografis dan sosial wilayah Kabupaten Hulu Sungai Tengah.

Rancangan Sistem Monitoring dan Komponen Teknis

Rancangan sistem terdiri atas tiga bagian utama, yaitu perangkat keras (hardware), basis data daring (database system), dan aplikasi pengguna (mobile app). Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mengukur jarak antara permukaan air dan sensor, dengan NodeMCU ESP8266 berperan sebagai pengendali utama yang mengirimkan data ke Firebase Realtime Database. Data yang diterima kemudian diolah dan ditampilkan dalam aplikasi mobile dengan tiga indikator warna yang menunjukkan tingkat bahaya banjir: hijau (aman), kuning (siaga), dan merah (bahaya).



Gambar 2. Rancangan Final dan Gambaran Sistem Kerja Prototipe

Perangkat keras dirancang agar tahan terhadap kondisi lapangan yang lembab dan dapat beroperasi menggunakan sumber daya rendah, seperti baterai isi ulang atau panel surya. Indikator visual berupa lampu LED dipasang pada unit sensor, sementara notifikasi digital dikirimkan langsung ke pengguna melalui aplikasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

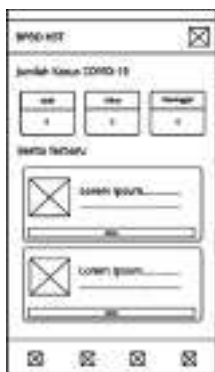
Rancangan Sistem

Rancangan sistem ini bekerja berdasarkan prinsip pengukuran jarak pantulan gelombang ultrasonik. Sensor HC-SR04 mengirimkan sinyal trigger ke permukaan air dan menerima kembali sinyal pantul (echo). NodeMCU ESP8266 kemudian menghitung waktu tempuh sinyal tersebut untuk menentukan ketinggian air menggunakan rumus konversi jarak berbasis waktu. Nilai ini diubah ke satuan sentimeter dan dikirimkan ke Firebase Realtime Database melalui koneksi Wi-Fi internal. Sistem pengiriman data berlangsung setiap beberapa detik untuk memastikan data ketinggian air selalu diperbarui secara real-time.

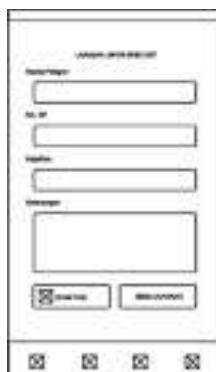
Arsitektur jaringan data sistem ditunjukkan dalam rancangan alur komunikasi berikut. Sensor dan mikrokontroler membentuk lapisan edge device, yang bertanggung jawab atas pengumpulan data primer di lapangan. Data yang dikirim melalui jaringan Wi-Fi masuk ke middleware berupa Firebase Realtime Database, yang berfungsi menyimpan dan menyinkronkan data antar pengguna. Lapisan teratas adalah antarmuka aplikasi mobile yang menampilkan data dalam bentuk grafik, teks, dan indikator warna. Rancangan arsitektur tiga lapis ini membuat sistem mudah diperluas untuk penambahan sensor lain seperti sensor curah hujan atau kelembapan tanah di masa depan.

Selain itu, sistem dirancang dengan mempertimbangkan efisiensi konsumsi energi. NodeMCU dilengkapi fitur deep sleep mode yang dapat diatur untuk mengurangi penggunaan daya hingga 80% saat tidak ada perubahan signifikan pada ketinggian air. Pengaturan ini penting terutama untuk lokasi yang jauh dari jaringan listrik dan bergantung pada sumber daya alternatif seperti panel surya mini 5V. Kombinasi antara perangkat hemat daya dan interval pengiriman data yang adaptif menjadikan sistem ini cocok untuk diterapkan di daerah rural dengan keterbatasan infrastruktur energi.

Salah satu keunggulan desain sistem ini adalah sifatnya yang modular. Setiap komponen sensor, mikrokontroler, dan modul komunikasi dapat dilepas dan diganti tanpa harus merancang ulang seluruh sistem. Hal ini mempermudah proses pemeliharaan dan perbaikan, terutama bagi pengguna non-teknis seperti petugas lapangan BPBD atau masyarakat setempat. Penggunaan NodeMCU ESP8266 juga memberikan fleksibilitas lebih dibanding Arduino UNO, karena mendukung over-the-air update (OTA), yang memungkinkan pembaruan perangkat lunak dilakukan tanpa harus mencabut alat dari lokasi pemasangan.



Gambar 3.A
Wireframe Fitur Home



Gambar 3.B
Wireframe Fitur Layanan
Lapor



Gambar 3.C. Wireframe
Fitur Pantau Sungai

Aplikasi ini memiliki tiga fitur utama, yaitu Pantau Sungai, Layanan Lapor, dan Informasi Kegiatan. Fitur Pantau Sungai menampilkan data grafik tinggi muka air sungai secara real-time, lengkap dengan indikator warna status status kesiapsiagaan. Fitur Layanan Lapor memungkinkan masyarakat melaporkan kondisi darurat atau kejadian banjir langsung ke BPBD, sedangkan Informasi Kegiatan

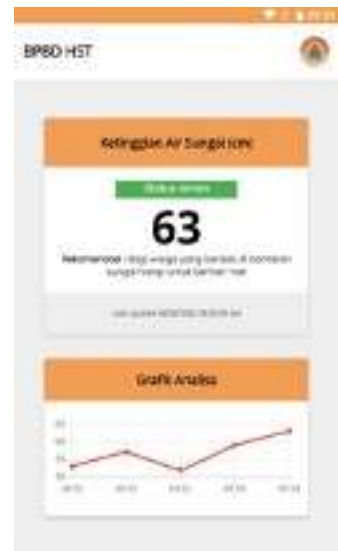
Kegiatan digunakan untuk menyebarkan informasi terkini mengenai kegiatan mitigasi bencana.



Gambar 4.A
Tampilan Home Aplikasi
Mobile



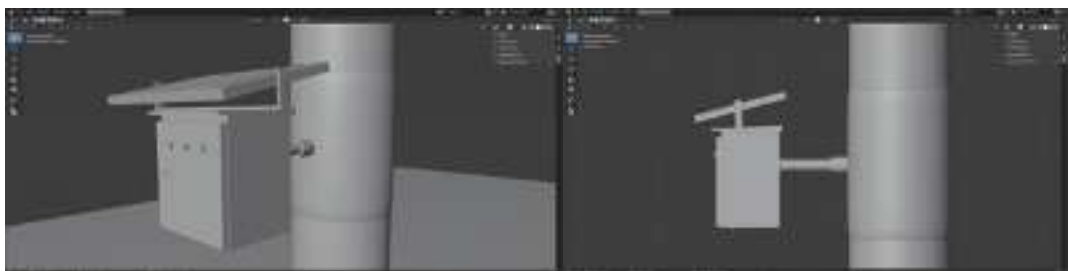
Gambar 4.B
Tampilan Fitur Layanan
Lapor



Gambar 4.C. Tampilan
Fitur Pantau Sungai

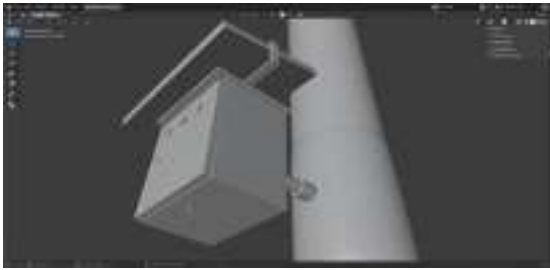
Desain dan Pengujian Prototipe

Hasil perancangan menunjukkan bahwa sistem mampu berfungsi dengan baik sesuai rancangan awal. Sensor ultrasonik mendeteksi jarak antara air dan sensor secara stabil dengan tingkat akurasi pengukuran $\pm 1,7\%$ dibandingkan metode manual. NodeMCU ESP8266 dapat mengirimkan data ke Firebase dengan jeda rata-rata 2–3 detik, yang cukup cepat untuk keperluan monitoring real-time.

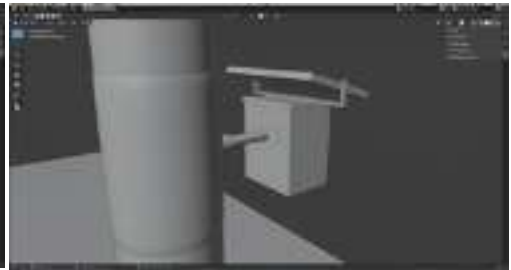


Gambar 5.A Model 3D Tampak Bawah
Samping Kiri

Gambar 5.B Model 3D Tampak Belakang
Samping Kanan



Gambar 5.C Model 3D Tampak Samping Kiri



Gambar 5.D. Model 3D Tampak Muka Samping Kiri

Pengujian lapangan dilakukan di Sungai Barabai selama tujuh hari berturut-turut. Sistem berhasil menampilkan perubahan tinggi muka air sungai secara kontinu dan memberikan notifikasi otomatis ketika status berubah dari aman menjadi siaga dan bahaya. Data juga disinkronkan dengan server Firebase tanpa kehilangan informasi meskipun koneksi internet sempat tidak stabil. Temuan ini menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara konsisten dalam kondisi lingkungan yang fluktuatif, serta memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai sistem peringatan dini (EWS) berbasis komunitas.

Manfaat Sosial dan Kolaborasi Institusional

Penerapan sistem ini memberikan dampak nyata terhadap peningkatan kesiapsiagaan masyarakat dan efisiensi koordinasi antara warga dan BPBD. Masyarakat merasa terbantu dengan indikator visual yang mudah dipahami serta aplikasi yang dapat diakses melalui ponsel pintar. Dari hasil survei terhadap 20 responden, sebanyak 85% menyatakan sistem ini mudah digunakan, sementara 90% menyebut indikator visual sangat efektif untuk memberikan peringatan dini.

Kolaborasi yang dilakukan antara universitas, pemerintah daerah, dan masyarakat memperkuat posisi Universitas Sapta Mandiri sebagai pusat inovasi teknologi daerah. Bentuk sinergi antaraktor dijelaskan dalam tabel berikut.

Tabel 1. Sinergi Universitas Sapta Mandiri dengan Pemangku Kepentingan Lokal

Aktor Terlibat	Bentuk Sinergi	Dampak Langsung terhadap Inovasi Lokal
Pemerintah Daerah	Dukungan kebijakan dan pendanaan bersama	Meningkatnya kolaborasi riset dan implementasi daerah
UMKM Lokal	Pembuatan komponen dan pelatihan digitalisasi	Terbentuknya UMKM berbasis teknologi sederhana
Masyarakat Bantaran Sungai	Penggunaan dan perawatan alat sensor	Efisiensi peringatan dini banjir
Komunitas Inovasi	Lokakarya inovasi sosial dan teknologi	Terciptanya solusi lokal berbasis kebutuhan masyarakat

(Sumber: Dokumentasi Lapangan dan Wawancara, 2025)

Model sinergi ini menunjukkan bahwa inovasi teknologi tidak hanya lahir dari lahir dari laboratorium, tetapi juga dari interaksi sosial dan kolaborasi lintas sektor. Hasil penelitian ini menguatkan teori Triple Helix yang menekankan peran

menekankan peran perguruan tinggi sebagai motor penggerak inovasi lokal yang kontekstual (Carayannis & Campbell, 2019; Etzkowitz, 2013).

Lebih jauh, kolaborasi tersebut menciptakan efek pengganda (multiplier effect) bagi perekonomian lokal. Melalui kerja sama dengan UMKM setempat dalam pembuatan komponen panel sensor, kotak mikrokontroler, dan pelindung sistem, masyarakat memperoleh peluang ekonomi baru yang memperkuat kemandirian daerah. Selain itu, keterlibatan mahasiswa dalam proses perakitan dan pengujian sistem membuka ruang pembelajaran praktis yang relevan dengan bidang teknik sipil dan teknologi lingkungan. Dengan demikian, proyek ini tidak hanya berfungsi sebagai penelitian akademik, tetapi juga sebagai sarana pemberdayaan masyarakat dan pendidikan vokasional berbasis teknologi terapan.

Pada tataran kelembagaan, hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa universitas di daerah mampu berperan sebagai katalis inovasi meskipun memiliki keterbatasan sumber daya. Universitas Sapta Mandiri, melalui integrasi riset terapan dan kolaborasi multipihak, berhasil memposisikan diri sebagai simpul pengetahuan (knowledge hub) yang menjembatani kebutuhan masyarakat dan kebijakan pemerintah daerah. Dengan dukungan kebijakan berkelanjutan, model kolaborasi ini berpotensi direplikasi oleh perguruan tinggi lain di wilayah non-metropolitan untuk memperkuat ekosistem inovasi berbasis konteks lokal.

Tantangan dan Peluang Pengembangan Sistem

Implementasi sistem monitoring ketinggian air sungai berbasis Internet of Things (IoT) ini menghadapi sejumlah tantangan baik dari aspek teknis maupun nonteknis. Tantangan utama berkaitan dengan kondisi infrastruktur jaringan dan ketersediaan energi di wilayah pedesaan yang belum merata. Di beberapa titik bantaran Sungai Barabai, sinyal internet tidak stabil, menyebabkan data terkadang terlambat terkirim ke server Firebase. Selain itu, sistem masih bergantung pada sumber listrik konvensional sehingga operasionalnya terganggu ketika terjadi pemadaman. Kondisi tersebut menuntut penerapan sumber energi alternatif seperti panel surya berdaya rendah yang dapat mempertahankan fungsi alat secara berkelanjutan tanpa ketergantungan pada jaringan listrik utama.

Kendala lain muncul dari sisi sosial, yaitu rendahnya literasi digital di kalangan masyarakat pengguna. Sebagian warga masih belum terbiasa menggunakan aplikasi mobile sebagai alat pemantauan risiko, sehingga diperlukan pendampingan rutin untuk memperkenalkan cara membaca data ketinggian air dan menafsirkan indikator visual. Selain itu, faktor lingkungan seperti curah hujan ekstrem, suhu tinggi, dan kelembapan udara dapat memengaruhi performa sensor ultrasonik, terutama jika pelindung alat tidak dirancang dengan bahan yang tahan korosi. Dalam konteks ini, peningkatan kualitas desain mekanis menjadi salah satu prioritas pengembangan sistem agar lebih tahan terhadap kondisi tropis ekstrem.

Meskipun menghadapi berbagai kendala, sistem ini memiliki peluang pengembangan yang sangat besar, baik dalam konteks teknologi maupun sosial. Dari sisi teknologi, kemajuan konektivitas nirkabel seperti jaringan LoRaWAN dan NB-

dan NB-IoT membuka kemungkinan peningkatan jangkauan sistem hingga ke wilayah yang belum memiliki akses internet stabil. Integrasi sistem dengan Geographic Information System (GIS) juga dapat memperluas fungsionalitasnya menjadi peta risiko banjir spasial, sehingga informasi tinggi muka air tidak hanya disajikan dalam disajikan dalam bentuk angka, tetapi juga visualisasi berbasis lokasi. Melalui Melalui pendekatan ini, data dari berbagai titik pengukuran dapat dikompilasi menjadi menjadi basis data nasional untuk analisis hidrologi dan prediksi bencana yang lebih yang lebih akurat.

Dari sisi sosial, peluang pengembangan terletak pada meningkatnya kesadaran pemerintah daerah dan masyarakat terhadap pentingnya mitigasi berbasis teknologi. Dukungan regulasi dan program riset kolaboratif yang digerakkan oleh pemerintah daerah dapat memperkuat keberlanjutan sistem. Universitas Sapta Mandiri dapat berperan sebagai local innovation hub yang menyediakan pelatihan, riset terapan, dan transfer teknologi kepada masyarakat. Dengan melibatkan mahasiswa dalam proses perawatan dan pengembangan alat, universitas dapat menciptakan model pembelajaran berbasis proyek (project-based learning) yang relevan dan berdampak langsung bagi masyarakat.

Secara kelembagaan, potensi kolaborasi antarinstansi juga menjadi peluang besar untuk memperluas penerapan sistem ini. BPBD dapat mengintegrasikan hasil pemantauan dengan sistem peringatan dini nasional, sementara Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) dapat memanfaatkan data ketinggian air sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan infrastruktur pengendali banjir seperti tanggul, drainase, dan sistem retensi air. Di sisi lain, peluang kemitraan dengan sektor swasta dan lembaga donor lingkungan dapat membuka jalur pembiayaan untuk memperbanyak instalasi alat di berbagai lokasi strategis.

Secara umum, hasil analisis SWOT menunjukkan bahwa meskipun terdapat keterbatasan, sistem monitoring ini memiliki potensi besar untuk dikembangkan menjadi model nasional teknologi mitigasi banjir berbasis masyarakat. Rangkuman analisis disajikan pada tabel berikut.

Tabel 2. hasil analisis SWOT

Aspek	Tantangan Utama	Peluang Strategis
Infrastruktur	Keterbatasan jaringan dan listrik	Pemanfaatan panel surya & platform digital
SDM	Minimnya ahli teknologi di daerah	Pelatihan dosen dan mahasiswa
Geografis	Jarak dari pusat industri	Fokus pada teknologi tepat guna lokal
Kebijakan	Minimnya regulasi inovasi	Advokasi kebijakan berbasis riset
Sosial-Budaya	Literasi digital masyarakat rendah	Pemberdayaan mahasiswa sebagai agen inovasi

(Sumber: Analisis SWOT Penelitian Lapangan, 2025)

Temuan ini menunjukkan bahwa keterbatasan justru dapat menjadi pendorong inovasi lokal yang berkelanjutan. Melalui strategi adaptif dan kolaborasi lintas sektor, sistem ini dapat diperluas menjadi Smart Flood Management System yang terintegrasi

dengan Geographic Information System (GIS) dan sensor cuaca untuk analisis prediktif banjir.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan dan mengimplementasikan sistem monitoring ketinggian air sungai berbasis Internet of Things (IoT) yang efektif di wilayah rawan banjir Kabupaten Hulu Sungai Tengah, Kalimantan Selatan. Sistem yang menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, mikrokontroler NodeMCU ESP8266, dan Firebase Realtime Database ini terbukti efektif dalam memberikan data ketinggian muka air secara real-time melalui aplikasi mobile. Dengan adanya fitur indikator visual tiga warna dan notifikasi otomatis, sistem ini mampu meningkatkan kecepatan penyampaian informasi kepada masyarakat dan pihak BPBD. Pengujian menunjukkan bahwa sistem ini memiliki akurasi yang baik dan respons waktu yang cepat, serta dapat beroperasi dengan baik di lingkungan tropis. Selain inovasi teknologi, penelitian ini menunjukkan keberhasilan model kolaborasi antara universitas, pemerintah daerah, dan masyarakat, yang memperkuat pemberdayaan masyarakat dan pengawasan sungai, serta memperkuat jejaring kerja sama antarlembaga.

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa saran penting dapat dijadikan acuan untuk pengembangan lebih lanjut. Pertama, pemerintah daerah perlu memberikan dukungan kebijakan yang lebih kuat serta menyediakan infrastruktur pendukung, seperti jaringan internet di pedesaan dan sumber energi terbarukan (seperti panel surya), agar sistem dapat beroperasi secara berkelanjutan dan mencakup lebih banyak titik pemantauan. Kedua, BPBD Kabupaten Hulu Sungai Tengah disarankan untuk mengintegrasikan sistem ini ke dalam Early Warning System (EWS) daerah dan menyelenggarakan pelatihan berkala bagi masyarakat untuk memperkuat kesiapsiagaan terhadap bencana banjir. Ketiga, masyarakat perlu diberdayakan melalui peningkatan literasi teknologi dan pelibatan aktif dalam pemeliharaan perangkat agar sistem dapat digunakan secara maksimal. Terakhir, bagi peneliti selanjutnya, pengembangan sistem dapat diarahkan untuk mengintegrasikan multi-sensor dan memanfaatkan Geographic Information System (GIS) untuk analisis spasial dan prediksi potensi banjir yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. J. (2019). Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and how do knowledge, innovation and the environment relate to each other? *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development*, 1(1), 41–69.
- Etzkowitz, H. (2013). Innovation in Innovation: The Triple Helix of University-Industry-Government Relations. *Social Science Information*, 42(3), 293–337.
- Guerrero, M., Urbano, D., Cunningham, J., & Organ, D. (2016). Entrepreneurial universities in two European regions: A case study comparison. *The Journal of Technology Transfer*, 41(2), 570–596.

- Hamid, A. (2024). Peran dan kesiapan Universitas Sapta Mandiri dalam mendukung pembangunan inovasi daerah. *Habar Balangan*.
- Hasan, M., Rahman, M. M., & Islam, M. R. (2022). IoT-based flood monitoring and early warning system: A review. *Sensors and Actuators A: Physical*, 332, 113164. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2021.113164>
- Kumar, P., & Singh, A. (2023). Design of smart flood monitoring system using IoT and cloud technology. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 12(4), 97–104.
- Liang, X., Zhang, Y., & Xu, D. (2021). Wireless sensor networks for flood monitoring: Design and performance evaluation. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(5), 4012–4024. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.3030195>
- Nambisan, S., Wright, M., & Feldman, M. (2017). The digital transformation of innovation and entrepreneurship: Progress, challenges and key themes. *Research Policy*, 46(10), 1763–1776.
- Pratama, R. A., & Suryani, N. (2020). Implementasi teknologi Internet of Things (IoT) untuk sistem peringatan dini banjir. *Jurnal Rekayasa Sistem dan Industri*, 6(2), 89–96.
- Rahmawati, D. (2025). Inovasi teknologi tepat guna untuk mitigasi bencana berbasis masyarakat. *Jurnal Keteknikan dan Kebencanaan*, 10(1), 15–28.
- Rahmawati, R. (2025). Strategi Badan Perencanaan Pembangunan, Riset dan Inovasi Daerah dalam Membangun Ekosistem Inovasi di Kota Bogor. Skripsi, Universitas Nasional.
- Riyadi, S., & Handoko, T. (2021). Desain sistem sensor ultrasonik untuk pengukuran ketinggian air secara otomatis. *Jurnal Teknologi dan Kejuruan*, 45(2), 85–94.
- Sari, N. M. (2024). Kajian efektivitas penggunaan IoT dalam mitigasi banjir di daerah aliran sungai. *Jurnal Teknik Lingkungan Tropis*, 9(3), 112–120.
- Sari, Y. P. (2024). Implementasi inovasi daerah di Kabupaten Blitar: Studi kasus dan analisis strategi. *Jurnal Pradah*, 1(1).
- Setiawan, D., & Widodo, R. (2022). Analisis penggunaan panel surya mini pada sistem IoT berbasis NodeMCU. *Jurnal Energi dan Kelistrikan*, 18(1), 25–34.
- Situmorang, E., & Putri, D. (2023). Evaluasi kinerja sistem pemantauan air sungai berbasis IoT dengan NodeMCU ESP8266. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa*, 15(2), 56–64.
- Slametno. (2024). ITS Mandiri bertransformasi menjadi Universitas Sapta Mandiri sebagai upaya pengembangan pendidikan dan inovasi di Kabupaten Balangan. *Habar Balangan*.
- Suryana, M., & Wahyudi, H. (2021). Aplikasi Firebase Realtime Database untuk sistem monitoring berbasis web. *Jurnal Informatika Terapan*, 7(2), 105–113.
- Utami, F., & Saputra, A. (2020). Perancangan sistem peringatan banjir otomatis menggunakan mikrokontroler. *Jurnal Teknologi Elektro*, 9(1), 34–41.

Wulandari, A., & Nugraha, D. (2019). Kolaborasi perguruan tinggi dan pemerintah daerah dalam inovasi teknologi tepat guna. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Teknik*, 5(1), 55–63.