



Perancangan Sistem Deteksi Banjir Berbasis IoT Untuk Peringatan Dini dengan Sistem Integrasi Web

Zharfan Maftuh Arrasyidy ¹, Abd. Hallim ^{2*}, dan Abdul Rahim ³

¹ Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur; Jl. Ir. H. Juanda No. 15, Kecamatan Samarinda Ulu, Kota Samarinda, Kalimantan Timur; e-mail : 2111102441182@umkt.ac.id

² Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur; Jl. Ir. H. Juanda No. 15, Kecamatan Samarinda Ulu, Kota Samarinda, Kalimantan Timur; e-mail : ah445@umkt.ac.id

³ Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur; Jl. Ir. H. Juanda No. 15, Kecamatan Samarinda Ulu, Kota Samarinda, Kalimantan Timur; e-mail : ar622@umkt.ac.id

* Corresponding Author : Abd. Hallim

Abstract: This study presents the development of an Internet of Things (IoT)-based flood detection and early warning system designed to improve the accuracy and response time of conventional flood monitoring methods. The system integrates a water level sensor and ESP32-CAM module, managed by an ESP32-WROVER microcontroller, to monitor water levels in real time. Data is transmitted wirelessly and visualized on a web platform built with PHP and MySQL. When water levels exceed a predefined threshold, the system automatically sends alerts via the Telegram messaging app. Testing shows high precision with a margin of error under 0.3 cm and notification delivery within three seconds. The system's ability to combine numerical data and live imagery enhances situational awareness and accessibility. Overall, the solution offers an efficient and innovative approach to flood risk mitigation using IoT technology.

Keywords: Internet of Things; Banjir; ESP32-CAM; Sensor Ketinggian Air; API Telegram

Abstrak: Banjir merupakan bencana alam yang berdampak besar terhadap kehidupan sosial, ekonomi, dan lingkungan masyarakat, khususnya di wilayah dengan curah hujan tinggi dan infrastruktur drainase yang buruk. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem deteksi banjir berbasis Internet of Things (IoT) yang terintegrasi dengan platform web serta sistem notifikasi real-time melalui aplikasi Telegram. Permasalahan utama yang ingin diselesaikan adalah keterlambatan dan ketidakakuratan sistem pemantauan banjir konvensional yang masih mengandalkan metode manual. Metode yang digunakan dalam penelitian ini mencakup penggabungan sensor ketinggian air dan modul kamera ESP32-CAM yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32-WROVER. Data hasil pemantauan dikirim secara nirkabel ke server dan ditampilkan melalui antarmuka web yang dirancang dengan PHP dan MySQL. Selain itu, sistem juga dirancang untuk mengirimkan peringatan otomatis ke Telegram saat ketinggian air melebihi ambang batas tertentu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi perubahan ketinggian air dengan deviasi kurang dari 0,3 cm, menyampaikan notifikasi dalam waktu kurang dari tiga detik, serta menampilkan data dan gambar secara real-time. Integrasi data numerik dan visual mendukung penyampaian informasi yang akurat dan mudah diakses oleh pengguna. Kesimpulannya, sistem ini terbukti efektif dalam mendeteksi potensi banjir dan memberikan peringatan dini kepada masyarakat secara cepat, serta dapat menjadi solusi inovatif dalam mitigasi bencana berbasis teknologi IoT.

Received: July 19, 2025

Revised: August 2, 2025

Accepted: August 14, 2025

Published: November 24, 2025

Curr. Ver.: November 24, 2025



Copyright: © 2025 by the authors.

Submitted for possible open
access publication under the
terms and conditions of the Creative
Commons Attribution (CC
BY SA) license
(<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

Kata kunci: Internet of Things; Banjir; ESP32-CAM; Sensor Water Level; Telegram API

1. Pendahuluan

Bencana banjir merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di berbagai wilayah, terutama di daerah dengan curah hujan tinggi dan sistem drainase yang kurang optimal. Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), banjir telah menyebabkan dampak besar dalam aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan, serta menimbulkan korban jiwa setiap tahunnya [13][5]. Dalam menghadapi tantangan ini, dibutuhkan suatu sistem yang

mampu mendeteksi banjir secara real-time dan memberikan peringatan dini kepada masyarakat agar dapat melakukan tindakan pencegahan [19][1].

Banjir memiliki dampak yang signifikan terhadap masyarakat, ekonomi, dan lingkungan. Menurut data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), kerugian ekonomi akibat banjir di Indonesia mencapai miliaran rupiah setiap tahunnya, dengan ribuan rumah dan infrastruktur yang rusak. Selain itu, banjir dapat menyebabkan pencemaran air dan tanah, serta mempercepat degradasi lahan akibat erosi, yang berdampak negatif pada ekosistem lokal [1].

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah membuka peluang baru dalam pengelolaan bencana, termasuk dalam mendeteksi banjir [2]. IoT memungkinkan perangkat sensor untuk mengumpulkan, mengolah, dan mengirimkan data ke platform berbasis web secara otomatis [6]. Dengan memanfaatkan sensor ketinggian air, kelembaban tanah, dan curah hujan, sistem deteksi banjir berbasis IoT dapat memberikan informasi yang lebih akurat dan cepat dibandingkan metode konvensional [3]. Selain itu, integrasi sistem ini dengan platform berbasis web memungkinkan informasi dapat diakses oleh pihak berwenang dan masyarakat secara real-time [20].

Internet of Things (IoT) dipilih sebagai solusi untuk pemantauan dan deteksi banjir karena keunggulannya yang signifikan dibandingkan dengan sistem konvensional atau semi-otomatis. Salah satu keunggulan utama IoT adalah kemampuannya untuk melakukan pemantauan secara real-time, yang memungkinkan pengumpulan data dari berbagai sensor dan pengiriman informasi secara langsung ke platform berbasis web untuk analisis dan tindakan cepat [Hasan]. Selain itu, IoT menawarkan akurasi dan kecepatan yang lebih baik dalam pengolahan data, sehingga peringatan dini dapat disampaikan dengan lebih tepat dibandingkan dengan metode manual yang bergantung pada pencatatan curah hujan atau pengamatan visual [7].

Meskipun IoT menawarkan banyak keuntungan, ada beberapa tantangan teknis yang perlu diatasi dalam implementasinya. Salah satunya adalah ketersediaan jaringan internet di lokasi rawan banjir. Di banyak daerah terpencil, akses internet yang terbatas dapat menghambat pengumpulan dan pengiriman data secara real-time [8]. Selain itu, konsumsi daya perangkat IoT juga menjadi perhatian, terutama di daerah yang mungkin mengalami pemadaman listrik selama bencana [7]. Penggunaan baterai dengan efisiensi tinggi dan solusi energi terbarukan dapat menjadi alternatif untuk mengatasi masalah ini [4].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem deteksi banjir berbasis IoT yang terintegrasi dengan platform web, sehingga masyarakat dapat memantau kondisi ketinggian air secara real-time dan menerima peringatan dini jika terjadi potensi banjir. Dengan demikian, diharapkan sistem ini dapat membantu mengurangi risiko dan dampak yang ditimbulkan oleh bencana banjir.

Namun, banyak daerah yang masih mengandalkan metode manual dalam pemantauan banjir, seperti pencatatan curah hujan secara periodik dan pengamatan visual terhadap kenaikan air sungai. Metode ini memiliki keterbatasan dalam hal kecepatan dan akurasi informasi, yang dapat menyebabkan keterlambatan dalam penanganan bencana. Oleh karena itu, pengembangan sistem deteksi banjir berbasis IoT dengan integrasi web diharapkan dapat menjadi solusi yang lebih efektif dan efisien dalam memberikan peringatan dini kepada masyarakat [16].

Dengan adanya sistem ini, data yang dikumpulkan oleh sensor dapat diolah secara otomatis dan ditampilkan melalui platform web yang mudah diakses. Peringatan dini dapat dikirimkan melalui notifikasi ke perangkat pengguna, sehingga masyarakat dapat segera mengambil tindakan pencegahan. Selain itu, pihak berwenang dapat menggunakan data ini untuk menganalisis pola kejadian banjir dan merancang kebijakan mitigasi yang lebih baik [12].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem deteksi banjir berbasis IoT dengan menggunakan sensor ketinggian air, kelembaban tanah, dan curah hujan. Mengembangkan

platform web yang dapat mengintegrasikan data dari perangkat IoT dan menyajikan informasi secara real-time. Mengevaluasi efektivitas sistem dalam memberikan peringatan dini dan meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat terhadap bencana banjir dan mengembangkan sistem notifikasi real-time melalui berbagai saluran komunikasi, seperti web, aplikasi mobile (misalnya Telegram), untuk memastikan masyarakat menerima peringatan dini dengan cepat.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem deteksi banjir berbasis IoT yang terintegrasi dengan platform web guna memberikan peringatan dini secara real-time. Sistem ini diharapkan dapat membantu mengurangi dampak banjir dengan meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dan pihak berwenang dalam menghadapi bencana.

2. Kajian Pustaka atau Penelitian Terkait

Penelitian mengenai sistem deteksi banjir berbasis Internet of Things (IoT) telah mengalami perkembangan pesat dalam beberapa tahun terakhir, seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan sistem mitigasi bencana yang efisien dan real-time. Beberapa studi sebelumnya telah mengusulkan pendekatan serupa dengan fokus dan hasil yang bervariasi.

Annur et al. (2021) mengembangkan sistem deteksi banjir menggunakan sensor ketinggian air yang terhubung ke platform monitoring berbasis web. Sistem tersebut mampu menampilkan data secara real-time, namun belum dilengkapi dengan integrasi aplikasi pesan instan sebagai media notifikasi. Selain itu, metode yang digunakan belum mencakup dokumentasi visual lapangan, sehingga pengguna tidak memperoleh gambaran kondisi sebenarnya di lokasi pemantauan. Wikantama dan Puspitasari (2023) dalam penelitiannya menekankan pentingnya integrasi data IoT dengan cloud computing untuk memungkinkan pengolahan dan penyimpanan data dalam skala besar. Mereka menggunakan sensor kelembaban tanah dan curah hujan untuk memperkaya data pemantauan. Namun demikian, keterbatasan dalam penyampaian informasi secara langsung kepada pengguna akhir menjadi celah dalam sistem tersebut, terutama dalam konteks kebutuhan respons cepat. Hanggara (2020) menggarisbawahi permasalahan koneksi internet di daerah rawan banjir sebagai salah satu hambatan utama dalam implementasi sistem IoT. Penelitiannya lebih menitikberatkan pada optimalisasi efisiensi energi dengan menggunakan baterai dan solar panel. Penelitian ini relevan dalam aspek ketahanan sistem, namun belum secara langsung menguji performa sistem pemantauan secara menyeluruh dalam kondisi lapangan. Dalam konteks metode notifikasi, Sitepu dan Azmi (2025) menyarankan penggunaan media sosial sebagai saluran penyebaran informasi bencana. Namun dalam penerapannya, mereka hanya mengandalkan sistem berbasis web dan SMS, yang kurang fleksibel dibandingkan penggunaan API pesan instan seperti Telegram.

Penelitian ini berbeda dari studi sebelumnya dalam beberapa aspek utama. Pertama, sistem yang dikembangkan tidak hanya mengandalkan satu jenis sensor, tetapi juga menggabungkan sensor water level dan kamera ESP32-CAM, sehingga menyediakan data numerik sekaligus dokumentasi visual. Kedua, integrasi sistem notifikasi real-time menggunakan Telegram Bot API memberikan keunggulan dalam hal kecepatan dan aksesibilitas informasi kepada masyarakat. Ketiga, sistem diuji secara menyeluruh mencakup sensor, web server, dan aplikasi notifikasi, menunjukkan keselarasan antar komponen sistem. Kesanjangan utama yang coba diisi oleh penelitian ini adalah belum adanya sistem deteksi banjir berbasis IoT yang menyajikan: 1) Pemantauan visual lapangan secara otomatis. 2) Integrasi notifikasi cepat via aplikasi modern (Telegram). 3) Tampilan real-time di antarmuka web yang mudah diakses oleh masyarakat umum maupun pihak berwenang.

Dengan mengatasi kekurangan dari penelitian-penelitian sebelumnya, penelitian ini menawarkan solusi yang lebih holistik dan responsif dalam sistem peringatan dini banjir berbasis teknologi IoT.

3. Metode yang Diusulkan

Objek dari penelitian ini adalah sistem deteksi banjir berbasis IoT yang menggunakan sensor ketinggian air dan kamera untuk memantau kondisi lingkungan secara real-time. Data

dikirim ke platform web dan Telegram sebagai peringatan dini bagi masyarakat dan pihak berwenang.

Penelitian ini menggunakan berbagai alat dan bahan untuk mendukung proses pengembangan dan evaluasi. Berikut adalah rincian alat dan bahan yang digunakan adalah 1) Perangkat Keras (ESP32-WROVER-DEV: mikrokontroler dengan koneksi wi-fi untuk mengelola data sensor dan kamera, sensor water level: mengukur ketinggian air dan breadboard: media penyusunan rangkaian sistem. 2) Perangkat Lunak (Arduino IDE: Untuk pemrograman mikrokontroler, PHP, MySQL, XAMPP: Untuk pengembangan platform web, Telegram Bot API: Untuk notifikasi langsung ke pengguna, dan MQTT: Protokol komunikasi data IoT.

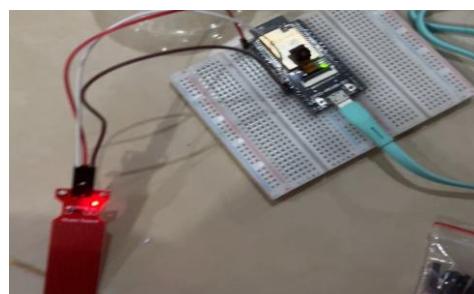
Prosedur penelitian ini terdiri dari lima tahap utama: 1) Analisis Kebutuhan Sistem: Mengidentifikasi masalah, mengumpulkan data, dan merumuskan kebutuhan sistem. 2) Spesifikasi Kebutuhan: Menentukan perangkat keras, perangkat lunak, dan infrastruktur pendukung. 3) Perancangan Sistem: Membuat arsitektur sistem, antarmuka pengguna, dan strategi pengolahan data. 4) Implementasi: Merakit sistem, membangun backend/frontend, dan menguji komunikasi antar komponen. 5) Pengujian dan Evaluasi: Menilai performa sensor, kestabilan data, dan efektivitas antarmuka serta notifikasi.s

Metode pengolahan data yang digunakan penulis adalah 1) Pengambilan Data: Sensor mengukur ketinggian air, kamera memantau kondisi visual. 2) Pengiriman Data: Menggunakan ESP32 via Wi-Fi dengan protokol HTTP. 3) Penyimpanan Data: Basis data MySQL untuk penyimpanan historis dan real-time. 4) Analisis dan Validasi: Data dianalisis untuk menentukan status banjir; validasi dilakukan terhadap akurasi sensor. 5) Visualisasi dan Notifikasi: Informasi ditampilkan di web dan dikirim ke Telegram jika terjadi potensi banjir.

4. Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini disajikan hasil dari pelaksanaan dan pengujian sistem deteksi banjir berbasis Internet of Things (IoT) yang dirancang untuk memberikan informasi ketinggian air secara waktu nyata (real-time). Sistem ini memanfaatkan sensor water level untuk mengukur tinggi muka air dan modul kamera ESP32-CAM untuk merekam kondisi visual di lokasi pemantauan. Pengolahan dan pengiriman data dilakukan oleh mikrokontroler ESP32-WROVER melalui koneksi jaringan nirkabel ke server lokal. Informasi yang dikirimkan kemudian disimpan dalam basis data dan ditampilkan pada antarmuka website. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan fitur notifikasi otomatis melalui aplikasi Telegram untuk menyampaikan peringatan kepada pengguna apabila ketinggian air telah melebihi ambang batas tertentu.

Pengujian sistem dilakukan dalam berbagai kondisi untuk menilai tingkat akurasi, responsivitas, dan stabilitas komponen yang digunakan. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu berfungsi sesuai dengan perancangan, seperti mendeteksi perubahan tinggi air secara bertahap, mengirimkan gambar hasil pemantauan, serta menyampaikan notifikasi secara cepat. Informasi yang ditampilkan pada website mencakup status tinggi air, grafik pemantauan, serta dokumentasi visual. Secara umum, implementasi sistem ini menunjukkan hasil yang positif dalam mendukung pemantauan kondisi banjir secara otomatis dan dapat menjadi saran peringatan dini yang efektif bagi masyarakat dan pihak terkait.



Gambar 1. Rangkaian Fisik Alat

Susunan komponen pada Gambar 1 memperlihatkan rangkaian utama dari sistem deteksi banjir berbasis Internet of Things (IoT) yang dirancang untuk memberikan peringatan dini terhadap potensi banjir. Komponen utama dalam sistem ini terdiri atas mikrokontroler ESP32-WROVER yang berperan sebagai pusat kendali dan pengolahan data. Mikrokontroler tersebut dihubungkan secara langsung dengan sensor water level yang digunakan untuk melakukan pengukuran tinggi permukaan air secara berkala. Sensor ini dipasang pada breadboard, yang digunakan sebagai media perakitan sementara untuk memudahkan proses pengujian dan pengembangan sistem.

Selain sensor, sistem juga dilengkapi dengan kamera ESP32-CAM yang berfungsi untuk mendokumentasikan kondisi visual di area pemantauan. Pengiriman data dari mikrokontroler ke server dilakukan melalui koneksi jaringan nirkabel (Wi-Fi), sehingga informasi berupa nilai ketinggian air dan citra visual dapat diteruskan ke platform pemantauan berbasis web secara waktu nyata. Informasi tersebut ditampilkan melalui antarmuka website, dan apabila ketinggian air melampaui ambang batas yang telah ditetapkan, sistem akan secara otomatis mengirimkan notifikasi kepada pengguna melalui aplikasi Telegram. Rangkaian alat disusun sedemikian rupa agar mendukung stabilitas operasional sistem dan memastikan seluruh komponen bekerja secara optimal dalam menjalankan fungsi pemantauan dan peringatan banjir secara terstruktur dan efisien.

4.1 Tampilan Antarmuka Web

Antarmuka web pada sistem ini dirancang untuk menampilkan data hasil pengukuran sensor secara real-time. Halaman utama menampilkan informasi berupa status banjir (aman, waspada, atau bahaya), nilai ketinggian air, serta gambar dari kamera pemantauan. Selain itu, tersedia pula grafik pemantauan ketinggian air secara berkala dan log notifikasi yang pernah dikirimkan oleh sistem. Halaman ini dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman PHP dan dijalankan melalui server lokal menggunakan XAMPP. Data yang ditampilkan diperoleh langsung dari basis data MySQL, yang diisi oleh perangkat mikrokontroler secara otomatis. Gambar 2 tampilan antar muka web.

ID	Nilai Sensor	Status	Gambar Terkirim	Waktu
263	1155	Air Rendah.	Tidak	2025-07-07 02:51:42
262	3093	Banjir Sedang.	Gambar Terkirim Ke Telegram	2025-07-07 02:51:39
261	3201	Banjir Tinggi!	Tidak	2025-07-07 02:51:30
260	2636	Banjir Sedang.	Tidak	2025-07-07 02:51:27
259	1301	Air Rendah.	Tidak	2025-07-07 02:50:59
258	3184	Banjir Tinggi!	Tidak	2025-07-07 02:50:33
257	1467	Air Rendah.	Gambar Terkirim Ke Telegram	2025-07-07 02:50:31
256	0	Tidak ada air.	Tidak	2025-07-07 02:49:39
255	1654	Air Rendah.	Tidak	2025-07-07 02:49:35
254	2799	Banjir Sedang.	Tidak	2025-07-07 02:49:27
253	3189	Banjir Tinggi!	Gambar Terkirim Ke Telegram	2025-07-07 02:49:18
252	3041	Banjir Sedang.	Tidak	2025-07-07 02:49:11
251	3126	Banjir Tinggi!	Tidak	2025-07-07 02:48:55
250	2767	Banjir Sedang.	Tidak	2025-07-07 02:48:44
249	0	Tidak ada air.	Tidak	2025-07-07 02:48:18

Gambar 2. Tampilan Antar Muka Web

Pada gambar 2 ditampilkan pada antarmuka web menggambarkan hasil pemantauan ketinggian air yang diperoleh dari sistem deteksi banjir berbasis Internet of Things (IoT) secara waktu nyata. Setiap baris dalam tabel memuat data pembacaan sensor water level, status kondisi air, status pengiriman gambar melalui kamera ESP32-CAM, serta waktu pencatatan kejadian. Sistem secara otomatis mengelompokkan kondisi permukaan air ke dalam kategori

“Tidak Ada Air”, “Air Rendah”, “Banjir Sedang”, dan “Banjir Tinggi” berdasarkan rentang nilai yang telah ditentukan melalui proses kalibrasi sensor. Kolom “Gambar Terkirim” menunjukkan keberhasilan pengiriman dokumentasi visual ke aplikasi Telegram, yang hanya diaktifkan apabila nilai ketinggian air melampaui ambang batas tertentu. Data pada tabel tersusun secara kronologis sesuai waktu pencatatan, yang menunjukkan kemampuan sistem dalam melakukan pencatatan historis secara otomatis. Hal ini mencerminkan keberhasilan integrasi antara sensor, mikrokontroler, dan antarmuka web dalam mendukung pemantauan kondisi lingkungan secara responsif dan berkelanjutan.

4.2 Integrasi Sistem Notifikasi Telegram

Sistem notifikasi dikembangkan dengan memanfaatkan Telegram Bot API. Sistem akan mengirimkan pesan secara otomatis ke akun Telegram pengguna apabila tinggi air telah melewati ambang batas yang telah ditentukan sebelumnya. Format pengiriman pesan disusun dalam bentuk URL sesuai dengan struktur perintah API yang disediakan oleh Telegram. Pesan notifikasi berisi informasi status tinggi air dan waktu kejadian. Hal ini bertujuan agar masyarakat dan pihak terkait dapat menerima informasi peringatan secara cepat, tanpa harus selalu memantau website. Dengan adanya fitur ini, sistem menjadi lebih responsif dan praktis dalam memberikan informasi kondisi lingkungan secara langsung kepada pengguna.

4.3 Hasil Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan terhadap beberapa komponen utama sistem untuk memastikan bahwa sistem dapat berjalan sesuai dengan perencanaan. Hasil pengujian dijabarkan pada subbagian berikut:

4.3.1 Pengujian Sensor dan Mikrokontroler

Sensor water level diuji dengan cara mencelupkannya ke dalam air pada berbagai tingkat ketinggian dan membandingkan hasil pembacaan dengan pengukuran manual menggunakan penggaris skala. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor dapat membaca perubahan tinggi air dengan deviasi kurang dari 0,3 cm, yang masih dalam batas toleransi sistem.

Table 1. Data Hasil Pengujian Banjir

NO.	NILAI SENSOR	STATUS BANJIR	HASIL PENGUJIAN
1	0	Tidak Ada Air	 Sensor value: 0  Sensor Value: 0  Level Air: Tidak ada air.  Perubahan terdeteksi! Kirim notifikasi...
2	100-1900	Air Rendah	 Level Air: Air Rendah  Perubahan terdeteksi! Kirim notifikasi...  Respon Server: <input checked="" type="checkbox"/> Data berhasil disimpan!  Sensor Value: 675  Level Air: Air Rendah
3	2000-3000	Banjir Sedang	 Sensor Value: 2879  Level Air: Banjir Sedang.  Perubahan terdeteksi! Kirim notifikasi...  Respon Server: <input checked="" type="checkbox"/> Data berhasil disimpan!
4	3500-4095	Banjir Tinggi	 Sensor Value: 2908  Level Air: Banjir Tinggi!  Perubahan terdeteksi! Kirim notifikasi...  Respon Server: <input checked="" type="checkbox"/> Data berhasil disimpan!

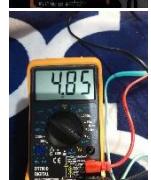
Tabel 1 menampilkan hasil pengujian sensor water level yang digunakan untuk mendeteksi ketinggian air dalam sistem deteksi banjir berbasis Internet of Things (IoT). Berdasarkan data yang diperoleh, sistem mampu mengklasifikasikan kondisi permukaan air ke dalam empat kategori, yaitu “Tidak Ada Air” pada nilai sensor 0, “Air Rendah” pada rentang

100–1900, “Banjir Sedang” pada rentang 2000–3000, dan “Banjir Tinggi” pada rentang 3500–4095. Pengujian dilakukan dengan mencelupkan sensor ke dalam media berisi air dengan level yang bervariasi untuk mensimulasikan kondisi ketinggian air yang berbeda. Hasil pembacaan sensor kemudian diolah oleh mikrokontroler ESP32 dan ditampilkan dalam bentuk nilai digital. Setiap kategori yang ditentukan merupakan hasil dari proses kalibrasi awal, yang bertujuan untuk menetapkan ambang batas status kondisi air secara sistematis. Data pada tabel ini menunjukkan bahwa sensor memiliki kemampuan dalam membedakan tingkat ketinggian air secara bertahap, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan sistem untuk mengirimkan peringatan dini apabila terjadi potensi banjir. Dengan demikian, pengujian ini menunjukkan bahwa sensor berfungsi secara efektif dalam mendukung akurasi dan keandalan sistem secara keseluruhan.

3.3.2 Kalibrasi Sensor

Kalibrasi sensor pada penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengamati kestabilan tegangan keluaran (output) yang dihasilkan oleh setiap sensor. Langkah ini penting guna memastikan bahwa nilai tegangan yang dibaca tetap berada dalam rentang yang konsisten dan tidak menunjukkan fluktuasi yang signifikan pada kondisi lingkungan yang serupa. Melalui proses ini, diperoleh gambaran mengenai kinerja sensor dalam mendeteksi perubahan kondisi fisik secara akurat dan stabil. Hasil dari kalibrasi ini digunakan sebagai dasar untuk menilai kelayakan sensor dalam mendukung sistem deteksi banjir secara keseluruhan.

Table 2. Kalibrasi Sensor

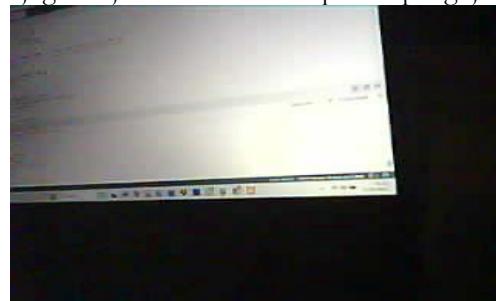
No.	Sensor	Parameter	Kondisi	Tegangan	Hasil Pengujian
1	Water Sensor	Tingkat ketinggian Air	Tidak Ada Air	3.04 V	
			Banjir Sedang	3.23 V	
			Banjir Tinggi	3.28 V	

Berdasarkan hasil pengujian yang ditampilkan pada Tabel 2 diketahui bahwa sensor water level menunjukkan perubahan tegangan keluaran yang konsisten terhadap variasi ketinggian air. Pada kondisi tidak ada air, sensor menghasilkan tegangan sebesar 3,04 V dengan hasil pengukuran pada multimeter sebesar 495. Ketika sensor diuji pada kondisi banjir sedang, tegangan keluaran meningkat menjadi 3,23 V dengan hasil pengukuran 485. Selanjutnya, pada kondisi banjir tinggi, tegangan naik menjadi 3,28 V, dengan nilai pengukuran 488. Perubahan nilai tegangan tersebut menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi perubahan ketinggian air secara bertahap dan stabil. Rentang perbedaan tegangan yang relatif kecil tetapi teratur ini mencerminkan sensitivitas sensor dalam merespons kondisi lingkungan. Nilai-nilai tegangan tersebut menjadi dasar dalam penetapan ambang batas yang digunakan sistem untuk menentukan status banjir, seperti aman, waspada, atau bahaya. Dengan hasil pengujian yang menunjukkan kestabilan tegangan serta respons sensor yang sesuai dengan perubahan kondisi air, dapat disimpulkan bahwa sensor water level telah terkalibrasi dengan baik dan layak digunakan dalam implementasi sistem deteksi banjir berbasis Internet of Things (IoT) ini. Tidak ditemukan adanya gangguan pada proses

pengukuran selama pengujian berlangsung, sehingga sensor dinilai berfungsi secara optimal dalam mendukung sistem peringatan dini yang dirancang.

4.3.3 Pengujian Kamera ESP32-CAM

Pengujian terhadap kamera ESP32-CAM menunjukkan bahwa perangkat mampu mengambil gambar meskipun jumlah dan kualitas gambar terbatas akibat suplai daya yang kurang optimal. Gambar yang berhasil diambil tetap dapat dikirim ke server dan ditampilkan pada halaman monitoring Telegram tanpa terjadi gangguan transmisi data. Koneksi antara kamera dan mikrokontroler juga berjalan stabil selama proses pengujian.



Gambar 3. Hasil Tangkapan ESP32CAM

Gambar 3 menunjukkan hasil tangkapan gambar yang diperoleh dari modul kamera ESP32-CAM yang digunakan dalam sistem pemantauan banjir. Kamera ini berfungsi untuk mendokumentasikan kondisi lingkungan secara visual, khususnya saat terdeteksi adanya peningkatan tinggi permukaan air berdasarkan pembacaan sensor. Gambar yang dihasilkan dikirimkan secara otomatis melalui jaringan nirkabel ke server, kemudian ditampilkan pada antarmuka website serta dikirimkan ke pengguna melalui notifikasi Telegram. Dokumentasi visual ini berperan sebagai pelengkap data numerik sensor, yang berguna untuk memberikan informasi tambahan mengenai situasi di lapangan secara lebih menyeluruh.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kamera dapat mengambil gambar dengan kualitas yang cukup baik, meskipun terdapat beberapa keterbatasan seperti pencahayaan sekitar dan ketersediaan daya yang dapat memengaruhi kejernihan hasil tangkapan. Meskipun demikian, keberadaan gambar visual ini memungkinkan pengguna untuk melakukan verifikasi terhadap kondisi sebenarnya di lokasi pemantauan, sehingga mendukung proses pengambilan keputusan dalam situasi darurat. Dengan demikian, integrasi antara data visual dan data sensor mendukung tercapainya sistem deteksi banjir yang responsif, informatif, dan dapat diandalkan dalam memberikan peringatan dini kepada pengguna.

4.3.4 Pengujian Website

Web server berbasis XAMPP dan sistem basis data MySQL diuji untuk memastikan kemampuan dalam menerima, menyimpan, dan menampilkan data dari mikrokontroler. Hasil pengujian menunjukkan bahwa data yang dikirim oleh perangkat dapat ditampilkan secara real-time di antarmuka web, dan tersimpan dengan baik dalam database. Table 3 hasil pengujian website monitoring banjir dapat dilihat pada link berikut:

Table 3. Hasil Pengujian Website Monitoring Banjir

NO.	NILAI SENSOR	STATUS BANJIR	HASIL PENGUJIAN		
1	16	Tidak Ada Air	16	Tidak ada air.	Gambar Terkirim Ke Telegram 2025-07-07 02:42:20
2	1467	Air Rendah	1467	Air Rendah.	Gambar Terkirim Ke Telegram 2025-07-07 02:50:31

3	2032	Banjir Sedang	2032	Banjir Sedang.	 Gambar Terkirim Ke Telegram	2025-07-07 02:23:03
4	3189	Banjir Tinggi	3189	Banjir Tinggi.	 Gambar Terkirim Ke Telegram	2025-07-07 02:49:18

Tabel 3 merupakan hasil pengujian sistem monitoring banjir berbasis web yang menampilkan data pembacaan dari sensor ketinggian air. Nilai yang tercantum pada kolom "Nilai Sensor" merupakan angka digital hasil konversi dari tegangan analog yang dihasilkan oleh sensor. Berdasarkan nilai tersebut, sistem secara otomatis mengklasifikasikan kondisi air ke dalam beberapa kategori, yaitu "Tidak Ada Air", "Air Rendah", "Banjir Sedang", dan "Banjir Tinggi". Hasil pengujian menunjukkan bahwa data sensor berhasil dikirimkan dan ditampilkan pada antarmuka website tanpa mengalami gangguan. Keberhasilan ini menunjukkan bahwa sistem telah mampu menjalankan proses pembacaan sensor, pengolahan data, serta penyajian informasi pada platform monitoring secara real-time sesuai dengan perancangan.

4.3.5 Pengujian Notifikasi Telegram

Fitur notifikasi Telegram diuji dengan cara menaikkan tinggi air secara bertahap hingga melewati ambang batas. Sistem berhasil mengirimkan pesan otomatis ke Telegram dalam waktu kurang dari tiga detik setelah kondisi bahaya terdeteksi. Pesan yang diterima sesuai dengan format yang ditentukan dan menampilkan informasi yang dibutuhkan oleh pengguna.



Gambar 4. Notifikasi Telegram

Gambar 4 memperlihatkan hasil pengujian fitur notifikasi yang dikirimkan melalui aplikasi Telegram sebagai bagian dari sistem peringatan dini dalam pemantauan banjir. Fitur ini dirancang untuk memberikan informasi kepada pengguna secara otomatis ketika ketinggian air telah mencapai atau melebihi ambang batas yang telah ditentukan berdasarkan pembacaan sensor water level. Notifikasi yang dikirimkan berisi informasi mengenai status ketinggian air dan dokumentasi visual berupa gambar yang diperoleh dari kamera ESP32-CAM. Informasi tersebut bertujuan untuk memberikan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai kondisi aktual di lokasi pemantauan.

Pengiriman notifikasi dilakukan melalui koneksi internet yang diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32 dan layanan Telegram Bot. Berdasarkan hasil pengujian, sistem berhasil mengirimkan pesan peringatan dalam waktu singkat dengan tingkat keterlambatan yang rendah. Notifikasi dapat diterima oleh pengguna secara langsung pada aplikasi Telegram tanpa perlu membuka website monitoring. Keberadaan fitur ini memberikan nilai tambah dalam hal kecepatan penyampaian informasi serta kemudahan akses, sehingga sistem dapat mendukung proses pengambilan keputusan secara cepat dan responsif dalam menghadapi potensi bencana banjir.

4.4 Implementasi Alat

Implementasi sistem deteksi banjir berbasis Internet of Things (IoT) dilakukan dengan merealisasikan rancangan perangkat keras dan perangkat lunak yang telah disusun sebelumnya ke dalam bentuk sistem yang dapat beroperasi secara nyata. Sistem ini terdiri dari mikrokontroler ESP32-WROVER sebagai pusat pengendali yang terhubung dengan sensor water level untuk mengukur ketinggian air serta modul kamera ESP32-CAM untuk merekam kondisi visual di area pemantauan. Mikrokontroler mengolah data dari sensor, kemudian mengirimkan informasi tersebut ke server menggunakan koneksi Wi-Fi. Data yang diterima akan disimpan dalam basis data dan ditampilkan melalui antarmuka web berbasis PHP yang dapat diakses secara real-time. Selain itu, ketika ketinggian air mencapai ambang batas tertentu, sistem secara otomatis mengirimkan notifikasi peringatan melalui aplikasi Telegram yang dilengkapi dengan dokumentasi visual. Proses implementasi dilakukan pada papan breadboard sebagai media perakitan sementara guna memastikan kestabilan sistem sebelum diterapkan pada lingkungan sebenarnya. Hasil implementasi menunjukkan bahwa seluruh komponen mampu bekerja secara terintegrasi untuk mendukung fungsi pemantauan dan peringatan dini terhadap potensi banjir.



Gambar 5. Proses Pengecekan Ketinggian Air

Gambar 5 memperlihatkan proses pengecekan ketinggian air yang dilakukan pada sistem deteksi banjir berbasis Internet of Things (IoT) dengan memanfaatkan sensor water level dan modul mikrokontroler ESP32-CAM. Dalam pengujian ini, sensor water level ditempatkan pada wadah berisi air (menggunakan potongan botol plastik) untuk mensimulasikan kondisi genangan, sedangkan modul ESP32-CAM terpasang pada breadboard yang dirakit secara rapi dan terhubung dengan sensor melalui kabel jumper. Sensor akan membaca ketinggian air dalam bentuk sinyal analog, yang kemudian dikonversi menjadi data digital oleh mikrokontroler. Mikrokontroler selanjutnya memproses dan mengirimkan data tersebut ke server secara nirkabel melalui koneksi Wi-Fi untuk ditampilkan pada platform web monitoring. Jika ketinggian air melebihi ambang batas yang telah ditentukan, sistem akan secara otomatis mengirimkan notifikasi peringatan melalui aplikasi Telegram. Proses ini menggambarkan bagaimana seluruh komponen sistem bekerja secara sinergis dalam memantau kondisi lingkungan secara real-time, dan menunjukkan bahwa konfigurasi awal yang ditampilkan pada gambar telah berfungsi sebagai prototipe aktif yang siap diuji lebih lanjut dalam skenario nyata.

4.5 Implementasi Website

Implementasi website pada sistem deteksi banjir berbasis Internet of Things (IoT) ini berfungsi sebagai media antarmuka yang menampilkan informasi hasil pemantauan ketinggian air secara waktu nyata. Website dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman PHP, basis data MySQL, dan dijalankan melalui server lokal menggunakan XAMPP. Data yang ditampilkan pada halaman website diperoleh dari sensor water level yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32, yang selanjutnya dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi dan disimpan dalam basis data untuk kemudian ditampilkan dalam bentuk angka, grafik pemantauan, serta dokumentasi visual dari kamera ESP32-CAM. Informasi yang tersaji meliputi status kondisi air seperti "Tidak Ada Air", "Air Rendah", "Banjir Sedang", dan "Banjir Tinggi", yang diklasifikasikan berdasarkan nilai sensor yang telah ditentukan. Selain menyajikan data pemantauan, website ini juga terintegrasi dengan sistem notifikasi melalui aplikasi Telegram, yang secara otomatis akan mengirimkan peringatan apabila kondisi air melebihi batas yang telah ditentukan. Dengan demikian, keberadaan website ini menjadi bagian penting dalam sistem peringatan dini yang mendukung kemudahan akses informasi bagi masyarakat dan pihak berwenang secara cepat, akurat, dan efisien.



Gambar 6. Tampilan Website Monitoring

Gambar 6 memperlihatkan tampilan notifikasi peringatan dini yang dikirimkan melalui aplikasi Telegram sebagai bagian dari sistem deteksi banjir berbasis Internet of Things (IoT). Notifikasi ini dihasilkan secara otomatis oleh sistem ketika sensor mendeteksi bahwa ketinggian air telah melampaui ambang batas yang telah ditetapkan. Pesan yang dikirimkan mencakup informasi berupa status kondisi air serta dokumentasi visual dari kamera ESP32-CAM untuk memberikan gambaran nyata dari lokasi pemantauan.

Pesan dikirimkan melalui koneksi internet menggunakan Telegram Bot API yang telah terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32. Pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengirimkan notifikasi dalam waktu singkat dengan tingkat keterlambatan yang sangat rendah. Informasi yang disampaikan dalam pesan dapat diterima langsung oleh pengguna melalui perangkat seluler tanpa harus mengakses halaman website monitoring.

Fitur notifikasi ini dirancang untuk memberikan kemudahan dan kecepatan dalam penyampaian informasi kepada masyarakat dan pihak berwenang, sehingga mereka dapat segera merespons kondisi yang berpotensi menimbulkan bencana. Dengan adanya integrasi antara data numerik sensor, dokumentasi visual, dan sistem pengingat otomatis, sistem ini diharapkan mampu meningkatkan efektivitas peringatan dini serta mendukung pengambilan keputusan secara lebih cepat dan tepat.

5. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi banjir berbasis Internet of Things (IoT) yang terintegrasi dengan platform web dan notifikasi melalui Telegram. Sistem menggunakan sensor water level dan modul kamera ESP32-CAM untuk memantau tinggi air dan kondisi visual secara real-time. Hasil pengujian menunjukkan bahwa: 1) Sensor mampu mendeteksi perubahan tinggi air dengan deviasi kurang dari 0,3 cm. 2) Kamera ESP32-CAM berfungsi baik dalam mengirimkan dokumentasi visual. 3) Data berhasil ditampilkan secara real-time pada antarmuka web. 4) Notifikasi Telegram dikirim dalam waktu kurang dari tiga detik saat kondisi bahaya terdeteksi.

Tujuan utama penelitian adalah menciptakan sistem peringatan dini banjir yang akurat dan real-time. Temuan yang diperoleh secara langsung mendukung tujuan ini: 1) Sistem mampu memberikan informasi aktual kepada masyarakat dan pihak berwenang. 2) Integrasi IoT dengan web dan aplikasi Telegram menjadikan sistem responsif serta mudah diakses. Dengan demikian, temuan ini memperkuat hipotesis bahwa IoT dapat menjadi solusi efektif untuk pemantauan bencana banjir yang lebih cepat dan akurat dibandingkan metode konvensional.

Kontribusi penelitian ini cukup signifikan, antara lain: 1) Memberikan solusi nyata untuk deteksi dan peringatan dini banjir yang dapat direplikasi pada wilayah rawan banjir lainnya. 2) Meningkatkan literatur teknologi IoT dalam mitigasi bencana alam. 3) Menyediakan dasar bagi pengembangan sistem monitoring lingkungan berbasis sensor dan integrasi media sosial. 4) Dari sisi praktis, sistem ini berpotensi menurunkan risiko korban dan kerugian material akibat banjir dengan memberikan waktu lebih bagi masyarakat untuk merespons.

Keterbatasan dan saran penelitian selanjutnya penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan seperti ketergantungan pada koneksi internet untuk pengiriman data dan notifikasi, yang mungkin tidak stabil di daerah terpencil, kualitas tangkapan kamera masih dipengaruhi oleh pencahayaan dan suplai daya yang tidak optimal dan prototipe masih diuji pada lingkungan simulasi, belum diuji dalam kondisi lapangan nyata.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah 1) Menerapkan sistem pada lingkungan sebenarnya untuk evaluasi performa dalam kondisi bencana nyata. 2) Menambahkan sistem backup daya seperti solar panel untuk menjaga operasional saat pemadaman listrik. 3) Mengintegrasikan lebih banyak jenis sensor, seperti curah hujan dan kelembapan tanah, untuk meningkatkan akurasi prediksi banjir.

Daftar Pustaka

- [1] M. A. Azis, I. Lammada, M. F. P. Putra, and M. I. Fadhilah, "Spend (Sistem peringatan dini banjir menggunakan water level sensor dengan Arduino Uno)," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 8, no. 4, pp. 4457–4464, 2024.
- [2] S. A. Bando, D. Darlis, and S. Aulia, "Implementasi Perangkat Deteksi Dini Banjir di Perumahan Permata Buah Batu dengan Teknologi Internet of Things (IoT)," *eProceedings of Applied Science*, vol. 2, no. 3, 2016.
- [3] N. R. Dzaki, "Rancang bangun prototype alat kontrol ketinggian air menggunakan metode fuzzy logic berdasarkan tingkat kelembapan tanah berbasis internet of things," *Bachelor's thesis, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta*, 2024.
- [4] M. Hasan, S. Kom, and M. Kom, "Penerapan Sistem Informasi Berbasis AI untuk Analisis Data Real-time," *Takaza Innovatix Labs*, 2024.
- [5] A. Iskandar, "Analisis Dampak Bencana Banjir Terhadap Eksistensi Kehidupan Sosial Ekonomi Masyarakat," *Jurnal Sosial Humaniora*, vol. 15, no. 1, 2024.
- [6] M. A. Kamal, "Implementasi logika fuzzy Mamdani pada prototipe sistem penanganan dini banjir perumahan menggunakan perangkat Internet of Things," *Bachelor's thesis, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta*, 2024.
- [7] S. P. Lesmana, A. P. S. B. Merah, D. Hermawati, and N. Puspitasari, "Dampak Implementasi IoT pada Sistem Smart Home untuk Efisiensi Energi dan Keamanan di Kota Berkembang," in *Proc. Seminar Nasional Amikom Surakarta*, vol. 2, pp. 1265–1278, Dec. 2024.
- [8] A. Maftuh, A. A. Al-Amin, and A. F. Rohman, "Manajemen pendidikan berbasis teknologi: Mengoptimalkan efisiensi dan efektivitas," *STUDIA ULUMINA: Jurnal Kajian Pendidikan*, vol. 1, no. 1, pp. 44–55, 2024.
- [9] R. Mugi, N. Musriatun, and S. A. Rian, "Perancangan Sistem Informasi dengan PHP dan MySQL untuk Pendaftaran Sekolah di Masa Pandemi," *Comput. Sci.*, vol. 2, pp. 50–58, 2022.
- [10] G. A. Pangestu and M. Y. Asyhari, "Sistem Keamanan Rumah Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Notifikasi Bot Telegram untuk Pendekripsi Gerak," *J. Teknol. dan Inform.*, vol. 4, pp. 1–14, 2024.
- [11] L. Perdanasari, A. A. Kurniasari, T. D. Puspitasari, B. Etikasari, D. T. Utomo, J. Jumiatun, and O. Y. Mahendra, "Pengukuran Karakteristik Lahan Berbasis Internet of Things," *JTIM: J. Teknol. Inf. dan Multimed.*, vol. 3, pp. 169–175, 2021, doi: 10.35746/jtim.v3i3.170.
- [12] A. Prayoga, E. R. Dalimunthe, N. U. Putri, and A. Zain, "Perancangan Prototipe Pendekripsi Banjir Menggunakan Sensor Ultrasonik A02YYUW Berbasis Telegram dan Web," *Angkasa: J. Ilm. Bid. Teknol.*, vol. 16, p. 143, 2024, doi: 10.28989/angkasa.v16i2.2437.
- [13] E. Puspitonti and M. Karmilah, "Kajian Kerentanan Sosial Terhadap Bencana Banjir," *Kajian Ruang*, p. 177, 2021.
- [14] I. P. Sari, A. Syahputra, N. Zaky, R. U. Sibuea, and Z. Zakhir, "Perancangan Sistem Aplikasi Penjualan dan Layanan Jasa Laundry Sepatu Berbasis Website," *Blend Sains: J. Tek.*, vol. 1, pp. 31–37, 2022, doi: 10.5621/blendsains.v1i1.67.
- [15] N. S. H. Suryawan, N. D. Adinda, S. Erlansyah, A. Damari, and M. R. Adam, "Pengembangan Website Sistem Penggajian (SIMPEG) Di PDAM Batiwakkal Berau," *J. Suara Pengabdi*, vol. 45, no. 2, pp. 77–84, 2023, doi: 10.56444/pengabdian45.v2i4.1269.
- [16] M. J. Sitepu and F. Azmi, "Rancang Bangun Monitoring Ketinggian Air Berbasis IoT untuk Deteksi Dini Banjir pada Bendungan Sungai Deli," *J. Teknol. Inform.*, vol. 10, pp. 1–8, 2025.
- [17] O. Sudana, A. Paramartha, A. Wirdiani, and D. Rusjyantini, "Design and Implementation of Telegram Bot for Integrated Hospital Information System," *JST: J. Sains dan Teknol.*, vol. 11, pp. 165–174, 2022, doi: 10.23887/jstundiksha.v11i1.41304.
- [18] E. Susanto, M. Malian, and T. Sutabri, "Implementasi Machine Learning Pengenalan Wajah Menggunakan Metode Fisherface," *JUSIKOM: J. Sist. Komput. Musirawas*, vol. 8, pp. 61–67, 2023, doi: 10.32767/jusikom.v8i1.2060.
- [19] A. Syahri and R. U. Sari, "Sistem Penanggulangan dan Peringatan Dini Banjir Berbasis IoT," *J. Teknol. Inf.*, vol. 10, pp. 136–142, 2025, doi: 10.52643/jti.v10i2.5662.
- [20] P. T. Wikantama and R. Puspitasari, "Perancangan Perangkat Pengukur Ketinggian Banjir dengan ESP32 dan Telegram Berbasis IoT," *Elektrise: J. Sains dan Teknol. Elektro*, vol. 13, pp. 107–114, 2023, doi: 10.47709/elektrise.v13i02.3108.