

Perancangan *Platform IoT* Sebagai Sistem Peringatan Dini Banjir Menggunakan Algoritma *Fuzzy Logic* Di Perumahan Masnaga Bintara

Jeremiah Marvin Kapoyos¹, Joni Warta², Nurfiyah³

^{1,2,3}Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, Bekasi, Indonesia

Article Info

Article history:

Received Juli 15, 2025

Revised Agustus 20, 2025

Accepted Agustus 31, 2025

Kata Kunci:

Fuzzy Logic,
Sistem Peringatan Dini Banjir,
Internet of Things (IoT),
JSN-SR04T,
ESP8266

Keywords:

Fuzzy Logic,
Flood Early Warning System,
Internet of Things (IoT),
JSN-SR04T,
ESP8266

ABSTRAK

Banjir merupakan bencana alam yang kerap melanda wilayah urban di Indonesia, khususnya daerah yang memiliki sistem drainase yang kurang optimal. Salah satu wilayah terdampak adalah Perumahan Masnaga Bintara Jaya, yang mengalami beberapa kejadian banjir selama periode musim hujan. Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian ini bertujuan merancang sistem peringatan dini banjir berbasis *Internet of Things (IoT)* yang terintegrasi dengan algoritma *Fuzzy Logic* tipe Mamdani guna memberikan informasi secara *real-time* dan adaptif terhadap perubahan ketinggian air. Perancangan sistem dilakukan menggunakan sensor ultrasonik JSN-SR04T untuk mengukur ketinggian air, mikrokontroler NodeMCU ESP8266 sebagai pengolah dan pengirim data, serta *platform ThingSpeak* sebagai media penyimpanan dan visualisasi data. Data yang diperoleh diklasifikasikan ke dalam tingkat risiko menggunakan logika *fuzzy*, dengan kategori status “Aman”, “Siaga”, dan “Bahaya”. Hasil klasifikasi tersebut ditampilkan melalui *website* monitoring yang dapat diakses masyarakat secara langsung untuk mendukung kesiapsiagaan. Penelitian menggunakan metode prototipe dan diuji pada lokasi nyata dengan tujuan mengevaluasi kecepatan sistem dalam merespons kenaikan muka air serta akurasi klasifikasi risiko. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu mendeteksi dan memberikan notifikasi secara cepat dan tepat. Dengan pendekatan ini, masyarakat dapat mengambil tindakan lebih dini, sehingga risiko kerusakan dan korban dapat diminimalisir.

ABSTRACT

Flooding is a natural disaster that frequently impacts urban areas in Indonesia, especially regions with suboptimal drainage systems. One such area is the Masnaga Bintara Jaya Housing, which has experienced several flood events during the rainy season. To address this, this study aims to design an *Internet of Things (IoT)*-based flood early warning system integrated with a Mamdani-type *Fuzzy Logic* algorithm to provide *real-time* and adaptive information on water level changes. The system design uses the JSN-SR04T ultrasonic sensor to measure water height, the NodeMCU ESP8266 microcontroller for data processing and transmission, and the *ThingSpeak* platform for data storage and visualization. The obtained data is classified into risk levels using *fuzzy logic*, with status categories of “Safe,” “Alert,” and “Danger.” The classification results are displayed through a monitoring website, accessible to the public, to support preparedness. The study uses a prototype method and is tested in a real-world location to evaluate the system's responsiveness to rising water levels and the accuracy of risk classification. The testing results show that the system can detect and provide notifications quickly and accurately. With this approach, the

community can take early action, thereby minimizing the risk of damage and casualties.

This is an open access article under the [CC BY](#) license



Corresponding Author:

Joni Warta
Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya,
Bekasi, Indonesia
Email: joniwarta@dsn.ubharajaya.ac.id

1. PENDAHULUAN

Salah satu negara yang menerima curah hujan yang cukup tinggi adalah Indonesia. karena Indonesia merupakan bagian dari wilayah hutan hujan tropis yang membentang dari khatulistiwa hingga 15 derajat ke utara dan selatan, bencana banjir sering terjadi di Indonesia dan secara langsung berdampak pada daerah-daerah yang berada di dekat aliran sungai, sehingga banyak area pertanian, rumah, desa, dan perkebunan yang terkena dampak banjir ketika musim hujan tiba [1].

Menurut data yang tercantum dalam Buku Data Bencana Indonesia tahun 2024 yang dirilis oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), jumlah kejadian banjir yang terjadi di berbagai wilayah Indonesia sebanyak 1.420 kejadian. Dampak dari kejadian banjir ini sangat besar, dengan tercatat 208 orang meninggal dunia, 27 orang hilang, serta 10.920 orang mengalami luka atau sakit. Selain itu, 6.301.056 orang menderita dan mengungsi akibat bencana ini [2]. Angka-angka ini menggambarkan betapa seriusnya dampak banjir, yang tidak hanya mengancam keselamatan masyarakat, tetapi juga menyebabkan kerugian besar dalam hal kesehatan dan sosial. Banjir merupakan permasalahan yang kerap dialami di berbagai wilayah di Indonesia [3], terutama di kawasan perkotaan dengan sistem *drainase* yang kurang optimal. Contohnya adalah Kota Bekasi, salah satu wilayah Jabodetabek yang rawan terhadap bencana banjir [4]. Menurut laporan *Log Book* dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Bekasi [5], selama Triwulan I Tahun 2024, telah terjadi beberapa kejadian banjir dan genangan air yang tersebar di berbagai titik wilayah akibat tingginya curah hujan tinggi serta kenaikan muka air sungai. Dalam periode Januari – Maret 2024, tercatat sebanyak 34 kejadian banjir dan genangan yang terjadi di berbagai kecamatan, dengan ketinggian air berkisar antara 10 cm hingga 160 cm.

Banjir merupakan peristiwa tergenangnya area daratan yang seharusnya kering akibat meluapnya volume air [6]. Banjir umumnya disebabkan oleh curah hujan yang tinggi dan penumpukan sampah di saluran air. Penyebab banjir cukup kompleks dan beragam. Salah satu faktor utamanya yaitu sistem drainase yang kurang memadai, di mana kapasitas saluran air tidak mampu menampung debit air yang besar, terutama ketika hujan dengan intensitas tinggi terjadi [7]. sistem drainase yang kurang optimal serta tumpukan sampah yang menyumbat aliran air, sehingga mengakibatkan meluapnya air ke permukiman warga, infrastruktur jalan, dan fasilitas umum. Dampak banjir tidak hanya bersifat fisik, tetapi juga sosial dan ekonomi. Aktivitas ekonomi masyarakat menjadi terganggu, risiko penyakit berbasis air meningkat, serta kualitas lingkungan menurun akibat pencemaran dari limbah yang terbawa air banjir.

Apabila tidak ditangani secara serius dan berkelanjutan, banjir berpotensi menimbulkan kerugian yang lebih besar di masa mendatang serta memperburuk kualitas hidup masyarakat di wilayah terdampak. Dampak banjir tidak hanya bersifat fisik, tetapi juga menyentuh berbagai aspek kehidupan sosial, ekonomi, dan psikologis. Secara umum, banjir dapat menyebabkan korban jiwa akibat

tenggelam, terbawa arus, atau tertimpa material yang terbawa banjir. Risiko cedera juga meningkat selama proses evakuasi, terutama pada kelompok rentan seperti anak-anak, lansia, dan penyandang disabilitas. Kerusakan terhadap aset fisik seperti rumah tinggal, bangunan, kendaraan, serta harta benda lainnya sering kali bersifat parah dan menimbulkan kerugian ekonomi yang signifikan bagi individu maupun komunitas.

Dalam banyak kasus, penduduk yang terdampak banjir harus mengungsi ke tempat yang lebih aman, yang dapat memicu tekanan emosional dan kelelahan fisik akibat kehilangan tempat tinggal serta lingkungan yang sudah lama mereka huni. Selain kerugian material dan psikologis, banjir juga berdampak pada sektor ekonomi yang lebih luas. Rusaknya infrastruktur ekonomi dan fasilitas produksi dapat mengakibatkan terganggunya aktivitas usaha, hilangnya lapangan pekerjaan, serta terhambatnya arus distribusi barang dan jasa. Kondisi ini secara langsung berkontribusi terhadap meningkatnya kerentanan ekonomi masyarakat pasca-bencana. Oleh karena itu, banjir tidak hanya menjadi masalah lingkungan semata, tetapi juga merupakan isu multidimensional yang memerlukan pendekatan mitigasi yang terintegrasi dan berkelanjutan [8].

Perumahan Masnaga juga menjadi salah satu wilayah yang terendam banjir, berdasarkan informasi dari Sekretaris RW.012 Masnaga, Perumahan Masnaga sudah mengalami 4 kejadian genangan dan banjir dari Januari – Maret 2025.

Jika masyarakat mempersiapkan diri untuk banjir di masa mendatang, dampak banjir dapat dikurangi. Salah satu caranya adalah dengan menyebarkan informasi ketinggian air sungai secara *real-time* [9]. Seiring dengan kemajuan teknologi, penyebaran informasi kini menjadi mudah dan cepat diakses melalui jaringan internet.

Dalam konteks kebencanaan, salah satu inovasi yang dapat dimanfaatkan adalah teknologi *Internet of Things (IoT)*. Menurut [10], *Internet of Things (IoT)* adalah konsep yang dirancang untuk memperluas keunggulan konektivitas internet dengan memungkinkan perangkat terus terhubung. *IoT* adalah konsep di mana objek fisik dilengkapi dengan sensor dan perangkat lunak agar dapat saling berkomunikasi dan bertukar data melalui jaringan internet [11]. Teknologi *Internet of Things (IoT)* dapat dimanfaatkan dalam sistem peringatan dini (*EWS*) banjir untuk mempercepat dan meningkatkan ketepatan dalam penyampaian informasi [12].

IoT mempermudah integrasi antara sensor fisik dan *platform* digital, *Platform IOT* adalah pusat kendali utama dari sistem *IoT*, yang memungkinkan sensor dan aktuator yang terhubung untuk dikendalikan dan dipantau dengan bantuan aplikasi [13]. sehingga data tinggi air dapat dikirim secara otomatis ke *cloud* dan diakses kapan saja oleh pengguna. Namun, hanya mengandalkan sensor belum cukup. Diperlukan pula sistem pengambilan keputusan cerdas yang mampu menginterpretasi data tinggi air dan mengklasifikasikan tingkat risiko secara adaptif. Di sinilah algoritma *Fuzzy Logic* berperan sebagai metode kecerdasan buatan yang mampu menangani ketidakpastian dan ambiguitas data sensor.

Logika *fuzzy* merupakan salah satu elemen penting dalam *soft computing* yang digunakan untuk mengubah masalah dari *input* menjadi *output* yang diinginkan [14]. Lebih dari itu, *Fuzzy Logic* membantu dalam proses pengambilan keputusan secara cerdas dan melakukan perhitungan yang lebih akurat dibandingkan pendekatan konvensional, karena mampu memodelkan logika manusia dalam menghadapi data yang tidak pasti atau tidak tegas. Dengan demikian, sistem menjadi lebih responsif, adaptif, dan relevan dalam konteks pemantauan serta peringatan dini banjir.

Dalam konteks sistem peringatan dini banjir, *Fuzzy Logic* digunakan untuk menangani ketidakpastian yang ada pada data ketinggian air yang diperoleh dari sensor. Dengan menggunakan fungsi keanggotaan, *Fuzzy Logic* dapat mengklasifikasikan data ketinggian air dalam kategori seperti "rendah", "menengah" dan "tinggi", meskipun data tersebut mungkin tidak jelas atau tegas. Hal ini memungkinkan sistem untuk menangani kondisi ambiguitas dan memberikan keputusan yang lebih fleksibel dan adaptif.

Selain itu, *Fuzzy Logic* menggabungkan aturan berbasis data yang diukur dan kondisi lingkungan untuk menentukan status risiko banjir. Dengan tahap defuzzifikasi, hasil yang diperoleh dari aturan *fuzzy* kemudian diubah menjadi nilai yang lebih konkrit, seperti status "Aman", "Waspada", atau "Bahaya". Pendekatan ini memungkinkan sistem memberikan peringatan dini yang lebih akurat dan tepat waktu, memberikan informasi yang lebih jelas bagi masyarakat yang berisiko.

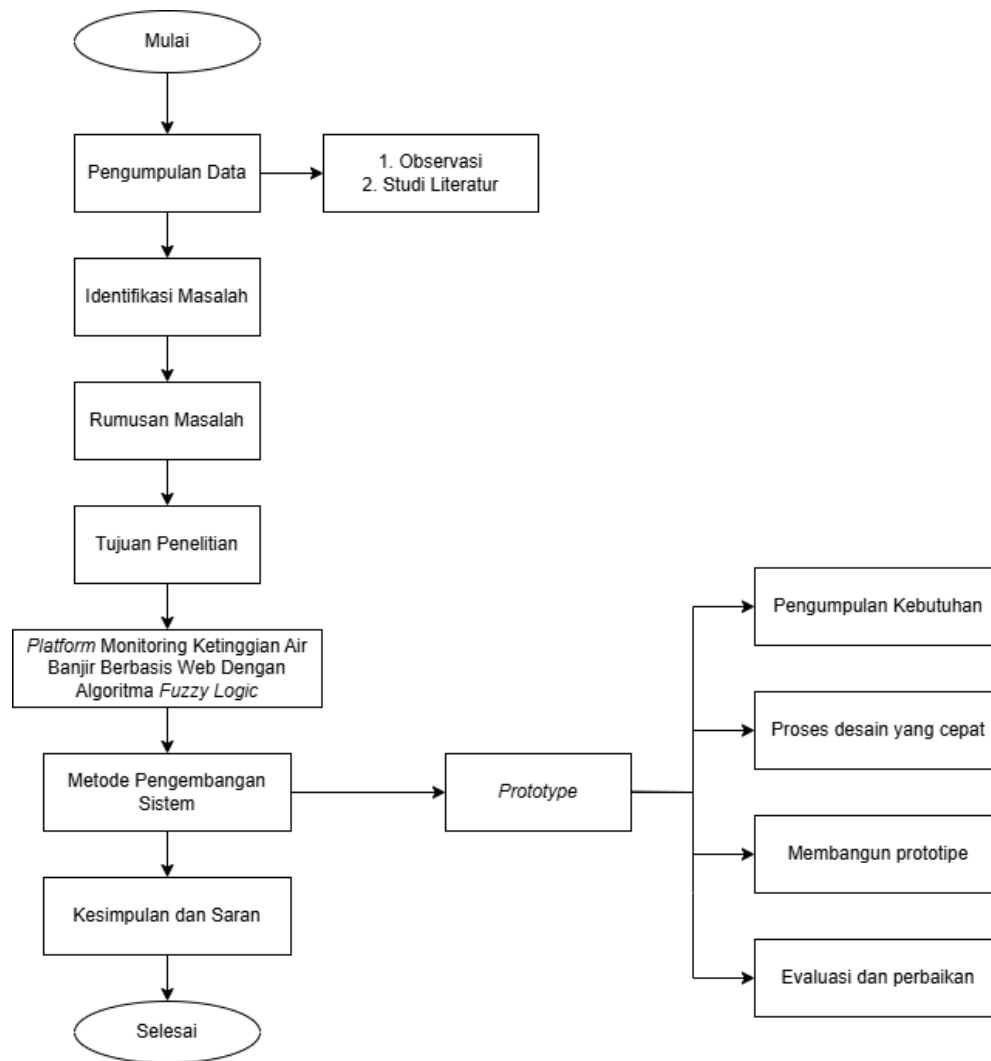
Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah merancang alat *monitoring* ketinggian air berbasis prototipe dengan *website* sistem peringatan dini banjir menggunakan Sensor Ultrasonik *JSN-SR04T*, *ESP8266* sebagai mikrokontroler, *LCD 16x2 I2C*, dan *buzzer* sebagai sistem peringatan. *ESP8266* akan mengirimkan data ke *platform ThingSpeak* sebagai *platform Internet of Things (IoT)*. *Thingspeak* adalah sebuah *platform online* yang membantu untuk membuat proyek-proyek berbasis *IoT* [15]. *ThingSpeak* berperan dalam mengumpulkan, menganalisis, dan memvisualisasikan data yang diperoleh dari Sensor Ultrasonik *JSN-SR04T* yang mengukur ketinggian permukaan air dalam satuan jarak. Jika permukaan air melebihi ambang batas tertentu, *buzzer* akan menyala sebagai sistem peringatan dini. Selain itu, untuk meningkatkan akurasi dalam pengambilan keputusan terkait potensi banjir, algoritma *Fuzzy Logic* akan digunakan untuk menganalisis data ketinggian air dan mengklasifikasikan tingkat risiko banjir secara adaptif. Sistem ini akan menampilkan status kondisi banjir dengan klasifikasi seperti aman, siaga, dan bahaya pada *website* yang dapat diakses secara oleh masyarakat.

Alat ini akan disimulasikan pada akuarium akrilik dan akan diuji dengan penyesuaian sesuai dengan karakteristik kondisi setempat pada lokasi yang berjarak sekitar 5 km dari titik observasi untuk mengevaluasi efektivitas pengiriman data, keakuratan klasifikasi risiko, serta kecepatan sistem peringatan dalam kondisi lingkungan nyata.

2. METODE

2.1 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian harus disusun secara sistematis dan tahap demi tahap untuk membantu dalam penyusunan penelitian ini. Kerangka penelitian ini berisi langkah-langkah yang akan diambil untuk menyelesaikan masalah. Berikut ini adalah kerangka penelitian yang digunakan:



Gambar 1. Kerangka Penelitian

2.2 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data merupakan langkah penting untuk memperoleh informasi yang relevan sebagai dasar dalam penelitian, khususnya untuk mendukung proses perancangan dan implementasi sistem. Dalam konteks penelitian ini, data dikumpulkan melalui observasi langsung di lokasi Perumahan Masnaga Bintara Jaya. Penulis menggunakan metode Observasi dan Studi Literatur untuk pengumpulan data yang sesuai dan menggunakan metode Prototipe dalam membuat alat. Hasil dari proses pengumpulan data tersebut digunakan untuk menunjang kegiatan penelitian yang berjudul "Perancangan Platform IoT Sebagai Sistem Peringatan Dini Banjir Menggunakan Algoritma Fuzzy Logic Di Perumahan Masnaga Bintara".

2.3 Observasi

Peneliti melakukan observasi langsung secara sistematis terhadap objek dan lokasi penelitian guna memperoleh data yang relevan dengan tujuan studi. Jenis observasi yang digunakan adalah observasi tidak terstruktur, karena metode ini memberikan fleksibilitas dalam menangkap berbagai aspek penting di lapangan tanpa dibatasi panduan yang kaku. Lokasi penelitian dipilih di Komplek Perumahan Masnaga Bintara Jaya, tepatnya pada sebuah aliran kali yang melintasi area tersebut. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada tingginya risiko genangan air saat musim hujan akibat sistem drainase yang kurang optimal, serta belum adanya sistem monitoring banjir berbasis teknologi yang

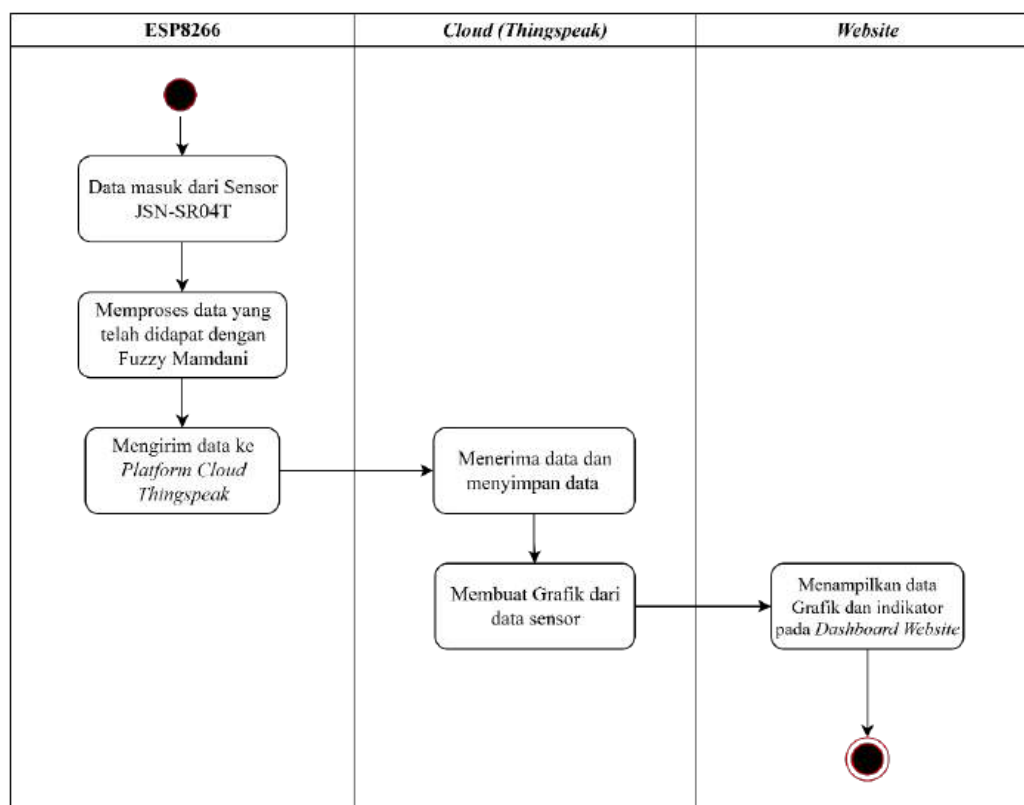
dapat memberikan peringatan dini. Kondisi ini menjadi dasar penting bagi peneliti untuk merancang *platform IoT* yang mampu memantau ketinggian air secara kontinu, yang kemudian diproses menggunakan algoritma *Fuzzy Logic* untuk memberikan peringatan dini kepada warga melalui notifikasi otomatis. Hal ini diharapkan dapat meminimalisir dampak banjir dan meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat terhadap bencana.

2.4 Metode Analisis

Penelitian ini diawali dengan proses pengumpulan data yang diambil dari *platform IoT* yang melakukan pemantauan secara *real-time*. Setelah data terkumpul, tahapan selanjutnya adalah melakukan analisis terhadap permasalahan yang ada serta merancang analisis terhadap sistem yang diusulkan. Di bawah ini disajikan hasil analisis permasalahan dan sistem usulan dalam penelitian ini.

2.5 Analisa Sistem Usulan

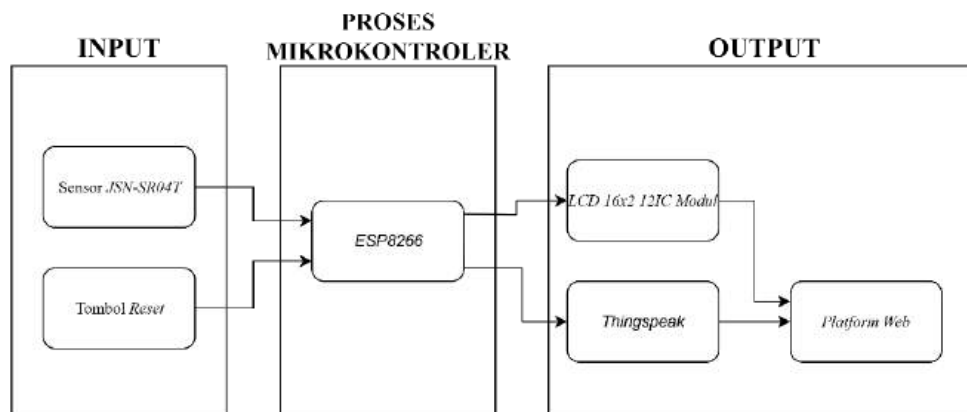
Pada analisis sistem usulan, penulis menggambarkan *platform monitoring* ketinggian air berbasis *website* yang akan diusulkan dan *tools* kebutuhan *monitoring* ketinggian air. Penulis menggunakan metode *fuzzy logic* untuk pengolahan data, jenis yang digunakan adalah *Fuzzy Logic* tipe Mamdani. ditunjukkan Gambar 2 mengenai flow dari sistem usulan:



Gambar 2. Sistem Usulan

2.6 Blok Diagram Monitoring Ketinggian Air

Blok diagram berfungsi untuk merepresentasikan gambaran komprehensif mengenai alur kerja sistem pemantauan ketinggian air berbasis *Internet of Things (IoT)*. Diagram ini memetakan interaksi antar komponen utama dalam sistem, mulai dari akuisisi data melalui sensor ultrasonik hingga transmisi data ke *platform cloud ThingSpeak*. Dengan menggunakan blok diagram, alur sistem dapat divisualisasikan secara lebih sistematis, sehingga mempermudah pemahaman sebelum proses implementasi dilakukan, pada Gambar 3 berikut ini:



Gambar 1. Blok Diagram *Monitoring Ketinggian Air*

Blok diagram ini menggambarkan alur kerja sistem secara terstruktur, terdiri atas tiga bagian utama: *input* (sensor ultrasonik), proses mikrokontroler (pengolahan data), dan *output* (transmisi data ke *platform cloud*). Komponen seperti modul ESP8266 berperan dalam komunikasi *IoT*, sementara *ThingSpeak* berfungsi sebagai antarmuka visualisasi data. Diagram ini menjadi dasar analisis sebelum implementasi untuk memastikan integrasi antar komponen berjalan optimal

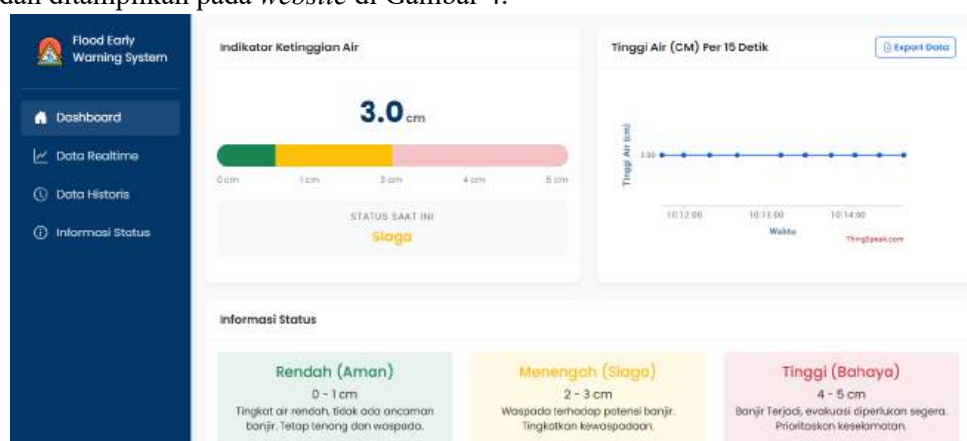
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Antarmuka Sistem

Tampilan antarmuka sistem merupakan halaman yang dirancang untuk menyajikan hasil pengukuran ketinggian air yang terintegrasi dalam sistem yang sedang dikembangkan. Halaman ini memungkinkan pengguna untuk memvisualisasikan hasil pengukuran dalam bentuk grafik dan data yang mudah dipahami.

3.2 Halaman Utama *Dashboard Monitoring Ketinggian Air*

Setelah semua implementasi koneksi antara seluruh komponen alat dengan *Cloud platform* dengan *API Key* sudah terkoneksi, Berikut tampilan halaman *web* berhasil terkoneksi dengan *cloud platform* dan ditampilkan pada *website* di Gambar 4.



Gambar 4. Gambar Halaman *Web Monitoring*

Pada Gambar 4 Halaman utama dari *dashboard monitoring* ini, yang dibangun menggunakan *platform ThingSpeak*, menyajikan tampilan yang mudah diakses dan informatif untuk memantau ketinggian air. Pada halaman ini, dapat melihat data terkini mengenai ketinggian air dalam satuan sentimeter (cm) yang terintegrasi langsung dengan *platform IoT*.

3.3 *Button Export Data Data Ketinggian*

Pada Gambar 5, ditunjukkan grafik yang menampilkan data ketinggian air yang tercatat dalam interval waktu tertentu. Di pojok kanan grafik, terdapat tombol *Export Data* yang memungkinkan pengguna untuk mengunduh data ketinggian air yang telah tercatat pada *platform* tersebut.



Gambar 5. *Button Export Data* pada Grafik

Pada Gambar 5 di atas, di pojok kanan terdapat tombol *Export Data* yang memungkinkan pengguna untuk mengunduh data ketinggian air yang tercatat pada sistem *monitoring* dalam format *CSV*. Data ini disimpan pada *platform ThingSpeak* dan dapat diakses untuk analisis lebih lanjut.

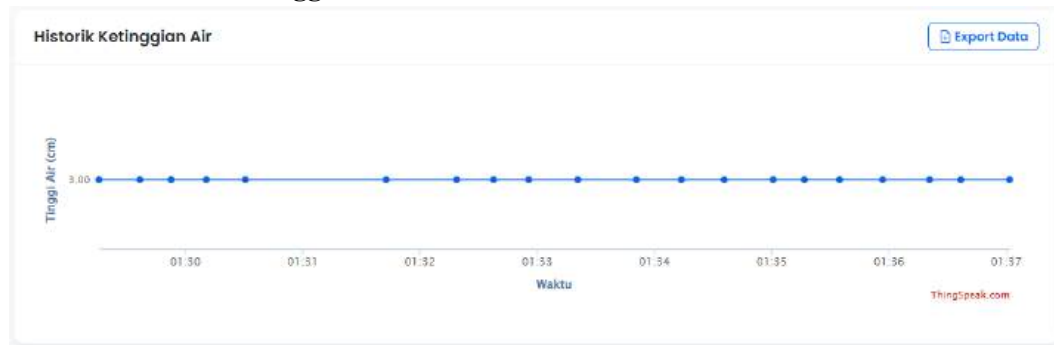
3.4 *Grafik Ketinggian Air*



Gambar 6. Tampilan Grafik *real-time* pada *Web*

Pada Gambar 6 Grafik ketinggian air selama 15 detik pada *dashboard* ini menampilkan pergerakan ketinggian air secara dinamis. Data yang ditampilkan pada grafik ini diambil langsung dari perangkat yang terhubung melalui *ThingSpeak*, yang menunjukkan nilai ketinggian air dalam satuan cm seiring berjalannya waktu. Pengguna dapat mengamati fluktuasi ketinggian air dengan mudah pada sumbu X (waktu) dan sumbu Y (ketinggian air), serta menerima informasi penting untuk segera bertindak jika level air menunjukkan tanda-tanda peningkatan yang signifikan.

3.5 Grafik Historik Ketinggian Air



Gambar 7. Tampilan Grafik Historik pada Web

Pada Gambar 7 Grafik historik pada *dashboard* ini memberikan gambaran mengenai tren perubahan ketinggian air dari waktu ke waktu, yang disimpan dan diolah oleh sistem *ThingSpeak*.

3.6 Informasi Status

Pada Gambar 8 menunjukkan Informasi status dari masing masing kategori seperti berikut:



Gambar 8. Informasi Status

Pada Gambar 8 menunjukkan status banjir dibagi menjadi empat kategori dengan masing-masing deskripsi yang membantu pengguna untuk mengambil keputusan selanjutnya.

3.5 Hasil Pengujian Perangkat

Setelah tahap implementasi perangkat keras selesai, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian terhadap sistem yang telah dibangun. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kinerja sistem berdasarkan parameter tertentu melalui perangkat lunak yang telah dikembangkan.

3.6 Hasil Simulasi Data Ketinggian Air

Tabel 1 menunjukkan data hasil pengukuran ketinggian air yang diperoleh dari simulasi pada Akuarium Akrilik setinggi 12cm, Panjang 20.5 cm dan lebar 10 cm dan data diperoleh melalui tombol *Export Data* yang ditampilkan pada grafik di Gambar 3.2 sebelumnya, yang memungkinkan pengguna untuk mengunduh data dalam format *CSV* dari *platform ThingSpeak*. Data yang diunduh mencakup rentang waktu dari 9 Juli 2025 pukul 02:39:51 hingga 9 Juli 2025 pukul 02:44:24, dan selanjutnya dapat diakses serta diolah menggunakan perangkat lunak *Excel*.

Tabel 1. Tabel Ketinggian air dari Sensor

created_at	Data Ke-	Tinggi Air
2025-07-09 02:39:51 WIB	1111	3
2025-07-09 02:40:11 WIB	1112	3
2025-07-09 02:40:41 WIB	1113	3
2025-07-09 02:41:05 WIB	1114	3

created_at	Data Ke-	Tinggi Air
2025-07-09 02:41:24 WIB	1115	3
2025-07-09 02:41:40 WIB	1116	3
2025-07-09 02:42:03 WIB	1117	3
2025-07-09 02:42:28 WIB	1118	3
2025-07-09 02:42:50 WIB	1119	3
2025-07-09 02:43:17 WIB	1120	3
2025-07-09 02:43:37 WIB	1121	3
2025-07-09 02:44:01 WIB	1122	3
2025-07-09 02:44:24 WIB	1123	3

Sumber: *Cloud Thingspeak* (Penulis, 2025)

Tabel 1 ini mencakup total 12 data sampel pengukuran ketinggian air yang tercatat pada interval waktu tertentu. Dengan menggunakan format *CSV* yang diimpor ke dalam Excel, analisis data dapat dilakukan dengan lebih efektif, memungkinkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai fluktuasi ketinggian air.

3.7 Hasil Pengujian Sensor JSN-SR04T dengan Pengukuran Manual

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan apakah sensor *JSN-SR04T* berfungsi sesuai dengan kebutuhan sistem dengan pengukuran manual menggunakan penggaris. Data pada Tabel 3.2 didapatkan dari hasil simulasi pengujian.

Tabel 2. Tabel Pengujian Sensor JSN-SR04T

Created At	Data Ke-	Tinggi JSN	Tinggi Penggaris	Error	Error (%)
2025-07-09 02:39:51 WIB	1111	3	2.7	0.3	10%
2025-07-09 02:40:11 WIB	1112	3	2.7	0.3	10%
2025-07-09 02:40:41 WIB	1113	3	2.7	0.3	10%
2025-07-09 02:41:05 WIB	1114	3	2.8	0.2	7%
2025-07-09 02:41:24 WIB	1115	3	2.8	0.2	7%
2025-07-09 02:41:40 WIB	1116	3	2.8	0.2	7%
2025-07-09 02:42:03 WIB	1117	3	2.8	0.2	7%
2025-07-09 02:42:28 WIB	1118	3	2.9	0.1	3%
2025-07-09 02:42:50 WIB	1119	3	2.9	0.1	3%
2025-07-09 02:43:17 WIB	1120	3	2.9	0.1	3%
2025-07-09 02:43:37 WIB	1121	3	2.9	0.1	3%
2025-07-09 02:44:01 WIB	1122	3	3	0	0%
2025-07-09 02:44:24 WIB	1123	3	3	0	0%
Rata-Rata		3	2.838	0.162	5.38%

Sumber: *Cloud Thingspeak* (diolah) (Penulis, 2025)

Berdasarkan data yang ditunjukkan, nilai *error* rata-rata dari seluruh pengukuran adalah 0.162 cm, dengan persentase *error* rata-rata sebesar 5.38%. Hasil ini menggambarkan *error JSN-SR04T* dalam melakukan pengukuran yang dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut.

3.8 Hasil Pengujian LCD16x2 12IC Modul

Pada pengujian ini menggunakan data simulasi, yang dilakukan pada akuarium akrilik kecil. pengujian tampilan pada LCD 16x2 12IC modul digunakan untuk menampilkan statis ketinggian pada Gambar 3.6 berikut ini:



Gambar 9. Pengujian dengan Akuarium Akrilik

Gambar 9 di atas menunjukkan kategori yang ditentukan berdasarkan tingkat ketinggian air yang diukur oleh sistem. Setiap status menggambarkan tingkat kewaspadaan yang diperlukan untuk mitigasi risiko. Berikut ini adalah gambar dan penjelasan mengenai status yang ditampilkan pada LCD 16x2 I2C Modul:

1. Aman (0 - 1cm)

Pada gambar 10 Menunjukkan kondisi ketinggian air dalam batas aman, di mana tingkat ketinggian air tidak berisiko terhadap potensi banjir. Tampilan yang muncul pada LCD adalah status Aman, yang mengindikasikan bahwa kondisi air berada pada level yang stabil dan tidak memerlukan tindakan segera.



Gambar 10. LCD dengan Status Normal

2. Siaga (2 - 3 cm)

Pada gambar 11 Menunjukkan kondisi ketinggian air yang mulai meningkat. LCD menampilkan status Siaga, yang memberikan peringatan agar pengguna lebih waspada terhadap kemungkinan kenaikan tinggi air.



Gambar 11. LCD dengan Status Siaga

3. Bahaya (≥ 4 cm)

Pada Gambar 12 menunjukkan kondisi ketinggian air yang sudah mencapai level berbahaya, yang mengindikasikan ancaman banjir. LCD menampilkan status Bahaya, yang memicu tindakan mitigasi yang lebih cepat untuk mengurangi risiko.



Gambar 12. LCD dengan Status Bahaya

3.9 Hasil Pengujian Buzzer

Pengujian dilakukan dengan memberikan *input high*, ketika alat pertama kali menyala, *buzzer* dengan *delay* 500ms sebagai indikasi alat menyala. Ketika *input low* diberikan, *buzzer* tidak menghasilkan suara, menandakan bahwa sistem dalam kondisi aman. Selanjutnya, ketika dalam kondisi siaga, *buzzer* menyala dengan *delay* 100ms sebanyak dua kali, menandakan bahwa sistem dalam keadaan siaga. Namun, jika terjadi kondisi bahaya, *buzzer* langsung aktif tanpa *delay*. Hasil pengujian ini menggambarkan respons *buzzer* terhadap perubahan level *input*, yang dapat dilihat secara lebih jelas pada Tabel 3.3. Hasil ini menunjukkan sejauh mana *buzzer* dapat berfungsi dengan baik dalam memberikan sinyal sesuai dengan kondisi yang terpantau oleh sistem.

Tabel 3. Tabel Pengujian Buzzer

No.	Input	Status Buzzer	Status Ketinggian
1.	High	Buzzer Aktif	Siaga & Bahaya
2.	Low	Buzzer Tidak Aktif	Aman

3.10 Hasil Pengujian Metode Fuzzy Mamdani

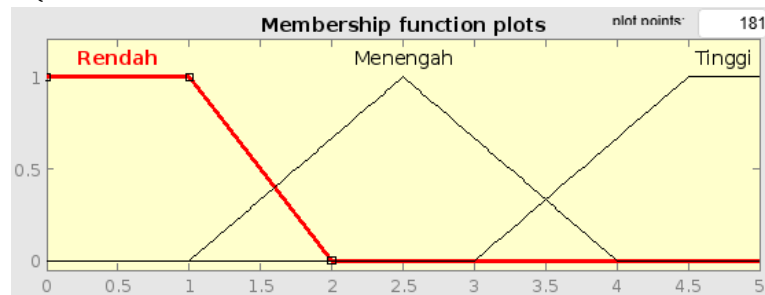
Berikut rincian perhitungan logika *fuzzy* untuk ketinggian air banjir, mengkategorikan ketinggian sebagai Normal, Siaga, dan Bahaya berdasarkan status yang sudah ditentukan oleh peneliti, perhitungan melibatkan penentuan derajat keanggotaan untuk setiap kategori status dan kemudian menerapkan proses defuzzifikasi untuk mendapatkan nilai akhir.

1. Fungsi Keanggotaan *Fuzzy*

Derajat Keanggotaan (μ) untuk setiap kategori didefinisikan oleh rumus-rumus berikut:

a. Kategori Rendah (Aman) (dari 0 – 1 cm)

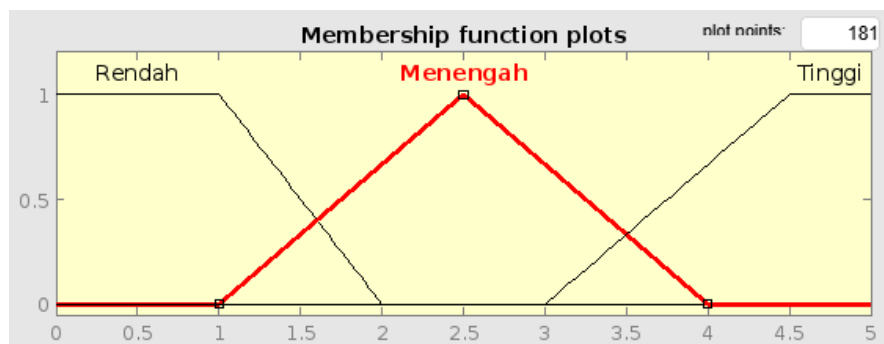
$$\mu_{Rendah}(x) = \begin{cases} 1 & \text{untuk } 0 \leq x \leq 1 \\ 0 & \text{untuk } x > 1 \end{cases} \quad (2.2)$$



Gambar 13. Hasil Fungsi Keanggotaan Rendah

b. Kategori Menengah (Siaga) (dari 2 – 3 cm)

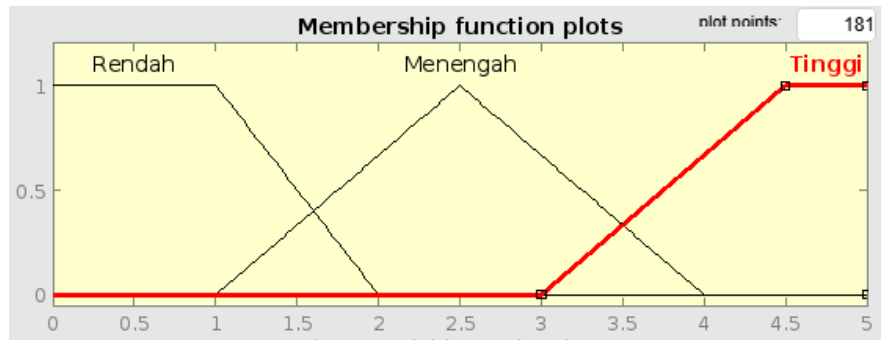
$$\mu_{Menengah}(x) = \begin{cases} 0 & \text{untuk } x < 2 \\ 1 & \text{untuk } 2 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{untuk } x > 3 \end{cases} \quad (2.1)$$



Gambar 14. Hasil Fungsi Keanggotaan Menengah

c. Kategori Tinggi (Bahaya) (dari 4-5 cm)

$$\mu_{Tinggi}(x) = \begin{cases} 0 & \text{untuk } x < 4 \\ 1 & \text{untuk } 4 \leq x \leq 5 \\ 0 & \text{untuk } x > 5 \end{cases} \quad (2.2)$$



Gambar 15. Hasil Fungsi Keanggotaan Tinggi

2. Rule Base

Sistem *fuzzy* ini mengandalkan sejumlah aturan (*rules*) untuk menentukan status berdasarkan pengukuran ketinggian air yang terpantau. Berikut adalah aturan yang diterapkan dalam sistem ini untuk mengklasifikasikan ketinggian air ke dalam status yang relevan seperti berikut:

- [R1] JIKA ketinggian RENDAH, MAKA status AMAN
- [R2] JIKA ketinggian MENENGAH, MAKA status SIAGA
- [R3] JIKA ketinggian TINGGI, MAKA status BAHAYA

3. Defuzzifikasi

Setelah mendapatkan keanggotaan *fuzzy* untuk setiap kategori *output*, dalam tahap ini harus menghitung rata-rata *output* dari rentang masing – masing *output* dengan rumus masing-masing kategori sebagai berikut:

- a. Status Aman (0 – 30)

Titik Tengah (Rata-Rata)

$$\text{Titik Tengah Aman} = \frac{0 + 30}{2} = 15 \quad (2.3)$$

- b. Status Siaga (30 – 70)

Titik Tengah (Rata-Rata)

$$\text{Titik Tengah Siaga} = \frac{30 + 70}{2} = 50 \quad (2.3)$$

- c. Status Bahaya (70 – 100)

Titik Tengah (Rata-Rata)

$$\text{Titik Tengah Bahaya} = \frac{70 + 100}{2} = 85 \quad (2.3)$$

Setelah menemukan nilai rata-rata *output* lalu di defuzzifikasi menggunakan metode *centroid* untuk menghasilkan *output* crisp dengan rumus beserta studi kasus berikut ini:

- a. Ketinggian 1 cm

$$\text{Output Crisp} = \frac{(0 \times 15) + (1 \times 50) + (0 \times 85)}{0 + 1 + 0} = \frac{50}{1} = 50 \quad (2.4)$$

- b. Ketinggian 2 cm

$$\text{Output Crisp} = \frac{(0 \times 15) + (1 \times 50) + (0 \times 85)}{0 + 1 + 0} = \frac{50}{1} = 50 \quad (2.4)$$

c. Ketinggian 3 cm

$$Output Crisp = \frac{(0 \times 15) + (1 \times 50) + (0 \times 85)}{0 + 1 + 0} = \frac{50}{1} = 50 \quad (2.4)$$

d. Ketinggian 4 Cm

$$Output Crisp = \frac{(0 \times 15) + (0 \times 50) + (1 \times 85)}{0 + 0 + 1} = \frac{85}{1} = 85 \quad (2.4)$$

e. Ketinggian 5 cm

$$Output Crisp = \frac{(0 \times 15) + (0 \times 50) + (1 \times 85)}{0 + 0 + 1} = \frac{85}{1} = 85 \quad (2.4)$$

Cantumkan keterbatasan penelitian seperti potensi error sensor, gangguan jaringan IoT, dan kendala lingkungan.

3.11 Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Penggunaan sensor JSN-SR04T meskipun cukup akurat, tetap memiliki potensi error sebesar 5,38% yang dapat memengaruhi keakuratan hasil pengukuran, terutama pada kondisi air yang bergelombang atau terdapat gangguan eksternal. Selain itu, sistem yang dibangun berbasis *IoT* sangat bergantung pada kestabilan jaringan internet, sehingga apabila terjadi gangguan koneksi, proses pengiriman data ke *platform cloud* dapat terhambat dan informasi yang ditampilkan tidak sepenuhnya *real-time*.

Keterbatasan lain terletak pada kondisi lingkungan di lapangan yang dapat memengaruhi kinerja perangkat, misalnya perubahan cuaca ekstrem, genangan lumpur, maupun hambatan fisik di sekitar sensor. Faktor-faktor ini berpotensi mengurangi efektivitas sistem dalam mendeteksi ketinggian air secara konsisten. Oleh karena itu, pengembangan dan pengujian lebih lanjut masih diperlukan agar sistem dapat beroperasi lebih stabil dalam berbagai kondisi lingkungan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan pengembangan prototipe perangkat pengukur ketinggian air yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan bahwa perangkat yang dikembangkan mampu mengukur ketinggian air secara real-time dengan tingkat akurasi yang baik dan menampilkannya melalui *platform* ThingSpeak berbasis *web*. Informasi yang dihasilkan dapat menjadi indikator awal potensi banjir serta membantu masyarakat dalam mengambil keputusan. Dengan menggunakan sensor JSN-SR04T yang memiliki error 5,38% dan diproses menggunakan Logika *Fuzzy*, sistem berhasil mengklasifikasikan kondisi air dalam tiga kategori: Aman, Siaga, dan Bahaya. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dapat berfungsi tidak hanya sebagai alat ukur, tetapi juga sebagai platform pemantauan dan peringatan dini banjir yang bermanfaat bagi masyarakat.

Meskipun demikian, pengembangan lebih lanjut tetap diperlukan agar sistem semakin optimal. Sensor dengan akurasi lebih tinggi seperti A02YYUW dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan keandalan pengukuran, sementara integrasi tambahan berupa buzzer atau LCD dapat memperkuat fungsi peringatan langsung di lapangan. Dari sisi transmisi data, penggunaan ThingSpeak versi berbayar dengan pembaruan tiap detik akan lebih efektif dibanding versi gratis yang terbatas pada 15 detik. Selain itu, sistem perlu diuji di berbagai wilayah dengan kondisi hidrologi berbeda dan dalam jangka waktu yang lebih panjang untuk menilai konsistensi, daya tahan, serta efektivitasnya menghadapi kondisi lingkungan ekstrem. Dengan pengembangan tersebut, sistem diharapkan dapat menjadi platform peringatan dini banjir yang lebih akurat, responsif, dan andal dalam mendukung mitigasi bencana.

REFERENSI

- [1] R. D. Windiasmoro, "Rancang Bangun Prototype Sistem Monitoring Pintu Air Otomatis Pengendali Banjir Berbasis Internet of Things," *J. Tek. Elektro*, vol. 13, no. 1, pp. 41–48, 2024.
- [2] Badan Nasional Penanggulangan Bencana, "Data Bencana Indonesia 2024," Pusat Data Informasi dan Komunikasi Kebencanaan, 2025.
- [3] D. Safitri, R. A. M. Putra, and F. Dewantoro, "Analisis Pola Aliran Banjir Pada Sungai Cimadur, Provinsi Banten Dengan Menggunakan Hec-Ras," *J. Infrastructural Civ. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 19–30, 2022.
- [4] P. Oktavia and A. N. A. Oktavia, "Kajian Kerentanan Wilayah Kecamatan Jatiasih Berdasarkan Analisis Manajemen Bencana," *J. Potensi*, vol. 3, no. 2, 2023.
- [5] BPBD Kota Bekasi, "Log Book BPBD Bekasi." Accessed: Apr. 29, 2025. [Online]. Available: <https://bpbd.bekasikota.go.id/id/permohonaninformasi>
- [6] R. Lulang, F. S. Leuwol, and M. A. Lasaiba, "Dampak Banjir Terhadap Penduduk di Desa Batu Merah Kecamatan Sirimau Kota Ambon," *J. Geogr. Lingkung. Kesehat.*, vol. 2, no. 1, pp. 47–53, 2024.
- [7] R. Nuhun, L. Welenodo, L. A. T. MZ, A. Fajri, Fharuddin, and S. Sakti, "Analisis Penyebab Banjir dan Penanganan Infrastruktur Beserta Estimasi Biaya (Studi Kasus: Jalan Dr. Sam Ratulangi Menuju Rumah Sakit Jantung Provinsi Sulawesi Tenggara)," *J. Ilm. Ecosyst.*, vol. 24, no. 3, pp. 563–583, 2024.
- [8] C. L. Rohmat, O. Nurdiawan, I. Ali, A. R. Dikananda, A. H. Luthfi, and E. Rohayati, "Implementasi Alat Pemantau Debit dan Ketinggian Air Sungai Berbasis Internet of Things Untuk Penanggulangan Banjir," *J. Comput. Syst. Informatics*, vol. 5, no. 1, pp. 136–143, 2023, doi: 10.47065/josyc.v5i1.4518.
- [9] I. A. Fadillah et al., "Monitoring Ketinggian Air Banjir Berbasis Android Menggunakan Nodemcu ESP8266 pada Sungai Pesanggrahan, Cipulir Village," *2nd Semin. Nas. Mhs. Fak. Teknol. Inf.*, vol. 2, pp. 544–552, Apr. 2023.
- [10] S. Anamika, J. Warta, and P. Kustanto, "Sistem Monitoring pH, Suhu, dan Pakan Otomatis pada Budidaya Lobster Air Tawar Berbasis IoT," *J. Inf. Inf. Secur.*, vol. 3, no. 2, pp. 137–148, 2022.
- [11] E. Prastyo and Siswanto, "Penerapan Fuzzy Logic untuk Sistem Deteksi Banjir Menggunakan Mikrokontroler ESP32-CAM dan Notifikasi Telegram," *J. Ticom Technol. Inf. Commun.*, vol. 11, no. 2, pp. 75–80, 2023, doi: 10.70309/ticom.v11i2.85.
- [12] R. C. Siagian and I. K. K. A. Wijaya, "Development of an Early Warning System Using Social Media for Flood Disaster," *J. Resti*, vol. 5, no. 158, pp. 169–180, 2026.
- [13] T. Domínguez-Bolaño, O. Campos, V. Barral, C. J. Escudero, and J. A. García-Naya, "An overview of IoT architectures, technologies, and existing open-source projects," *Sensors*, vol. 20, 2022.
- [14] U. Athiyah, A. P. Handayani, M. Y. Aldean, P. N. Prasetya, and R. Ramadhani, "Sistem Inferensi Fuzzy: Pengertian, Penerapan, dan Manfaatnya," *J. Dinda*, vol. 1, no. 2, pp. 73–76, 2021.
- [15] M. Chisom, P. Kanene, and C. Bala, "Monitoring Health Using IoT and Thingspeak," *Int. J. Inf. Process. Commun.*, vol. 10, no. 1, pp. 107–118, 2020.