

INTEGRASI *LONG RANGE (LORA) TECHNOLOGY* DAN *MESSAGE QUEUING TELEMETRY TRANSPORT (MQTT)* PADA APLIKASI MITIGASI BANJIR

Andi Kamaruddin¹, Husdi^{*2}, Yusuf Ksatria Ilham Andi Hasan³, Aril⁴

^{1,2,3,4}Universitas Ichsan Gorontalo, Gorontalo

Email: ¹andikamaruddin@unisan.ac.id, ²mr.husdi@unisan.ac.id ³YksatriaAH@gmail.com, ⁴ArilMn@gmail.com

^{*}Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 30 Maret 2026, diterima untuk diterbitkan: 11 Juni 2026)

Abstrak

Kota Gorontalo merupakan salah satu wilayah yang rentan terhadap bencana banjir akibat kondisi hidrologis yang dilalui oleh beberapa sungai besar. Data historis menunjukkan bahwa banjir yang terjadi pada Juli 2024 merupakan salah satu kejadian terparah dalam satu dekade terakhir. Berbagai sistem mitigasi banjir berbasis *Internet of Things (IoT)* telah dikembangkan, namun sebagian besar masih bergantung pada konektivitas internet sehingga kurang optimal diterapkan pada daerah yang memiliki keterbatasan jaringan komunikasi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi mitigasi banjir dengan mengintegrasikan teknologi *Long Range (LoRa)* dan *Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)* untuk mendukung transmisi data sensor secara *real-time* pada area yang memiliki maupun tidak memiliki akses internet. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan memanfaatkan sensor *ultrasonik waterproof*, *water flow sensor*, dan *piezo vibration sensor* yang terhubung pada arsitektur *LoRa-MQTT*. Pengujian dilakukan terhadap kemampuan sistem dalam membaca parameter banjir serta kualitas komunikasi data berdasarkan parameter *delay* dan *packet loss*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengirimkan data sensor pada jarak hingga 2000 meter dengan rata-rata *delay* sebesar 0,412 detik dan *packet loss* sebesar 0%. Sistem juga berhasil mengklasifikasikan kondisi banjir ke dalam status aman, waspada, dan bahaya berdasarkan hasil pembacaan sensor secara *real-time*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa integrasi *LoRa* dan *MQTT* mampu menyediakan komunikasi data yang andal, menjaga keutuhan data selama transmisi, serta mendukung sistem peringatan dini banjir yang dapat diakses melalui aplikasi web dan mobile.

Kata kunci: *LoRa, MQTT, Internet of Things, Mitigasi Banjir, Sistem Peringatan Dini.*

INTEGRATION OF *LONG RANGE (LORA) TECHNOLOGY* AND *MESSAGE QUEUING TELEMETRY TRANSPORT (MQTT)* IN BASED FLOOD MITIGATION APPLICATION

Abstract

Gorontalo City is one of the regions vulnerable to flood disasters due to its hydrological conditions, which are influenced by several major rivers flowing through the area. Historical data indicate that the flood event in July 2024 was among the most severe disasters recorded over the past decade. Various *Internet of Things (IoT)*-based flood mitigation systems have been developed; however, most of them rely heavily on internet connectivity, making them less effective in areas with limited communication network infrastructure. This study aims to develop a flood mitigation application by integrating *Long Range (LoRa)* technology and the *Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)* protocol to support real-time sensor data transmission in areas with and without internet access. The research employed an experimental method using a waterproof ultrasonic sensor, water flow sensor, and piezo vibration sensor integrated within a *LoRa-MQTT* architecture. System evaluation was conducted by measuring its capability to monitor flood-related parameters and assessing communication performance based on delay and packet loss metrics. The results show that the proposed system successfully transmitted sensor data over distances of up to 2,000 meters, achieving an average delay of 0.412 seconds and a packet loss rate of 0%. The system was also able to classify flood conditions into safe, alert, and danger levels based on real-time sensor readings. These findings demonstrate that the integration of *LoRa* and *MQTT* provides reliable data communication, ensures data integrity during transmission, and supports a flood early warning system accessible through both web and mobile applications.

Keywords: *LoRa, MQTT, Mitigation, Flood, Transmission*

1. PENDAHULUAN

Kota Gorontalo sebagai Ibukota Provinsi Gorontalo termasuk dalam wilayah yang sering dilanda banjir. Secara hidrologis, Kota Gorontalo dilintasi oleh tiga sungai besar yaitu Sungai Bone, Sungai Bulango, dan Sungai Tamalate (Abdul, Maryati and Koem, 2024). Data banjir yang terjadi di Kota Gorontalo selama satu dekade menunjukkan, banjir yang terjadi di bulan Juli kemarin merupakan banjir terparah. Hal ini dilandasi dengan temuan data historis banjir yang melanda di kota Gorontalo dari tahun 2014 sampai 2024.

Inhides (Biahimo, 2024) mengumpulkan sebaran data terkait kejadian banjir yang melanda kota Gorontalo pada bulan juli 2024 silam. Hasil temuan menunjukkan, jumlah keluarahan yang tergenang banjir pada bulan juli kemarin mencapai 46 keluarahan. Angka ini tergolong sangat tinggi, bila dibandingkan dengan kejadian banjir di tahun 2017 yang hanya merendam 5 keluarahan.

Bencana banjir yang terjadi dari tahun ke tahun di Kota Gorontalo memerlukan antisipasi untuk pengurangan risiko bencana banjir. Salah satu upaya untuk mengurangi risiko bencana adalah melalui kegiatan mitigasi bencana. Mitigasi bencana perlu dilaksanakan secara rutin dan berkelanjutan (sustainable) karena merupakan bagian dari proses pengurangan risiko bencana yang dilakukan secara komprehensif dengan melibatkan berbagai pihak guna meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat terhadap potensi bencana (Ramadhan Pancasilawan, Sawitri Budi Utami, Asep Sumaryana, Slamet Usman Ismanto, 2020). Sehingga diperlukan Mitigasi bencana untuk mengurangi kerugian dari bencana, baik itu korban jiwa atau kerugian harta benda

Salah satu inovasi teknologi yang bisa digunakan untuk mitigasi banjir adalah Teknologi Internet of Things (IOT). Dengan Teknologi IOT dapat memonitor kondisi air dan memberikan peringatan dini melalui pembacaan sensor. G. Lima dkk dengan judul “*LoRa Technology Propagation Models for IoT Network Planning in the Amazon Regions*” menjelaskan bahwa penggunaan Technology *LoRa* pada IOT efektif dalam kondisi lingkungan yang rumit di wilayah Amazon (Lima *et al.*, 2024).

Penelitian yang dilakukan oleh Achmad Auliyaa Zulfikri dkk. tentang sistem monitoring tempat sampah berbasis IoT menggunakan protokol MQTT dan melakukan analisis QoS terhadap performa komunikasi data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa MQTT memiliki tingkat reliability yang tinggi serta delay yang rendah sehingga layak diterapkan pada sistem monitoring real-time berbasis IoT (Syafurudin *et al.*, 2025). Selanjutnya Ahmad Aiman, Abd Muttalib, dkk dengan judul *River Monitoring System for Headwater Phenomena Using LoRa Communication* (Aiman Bin *et al.*, 2024) Penelitian ini melakukan pemantauan dan pengumpulan data yang

dikomunikasikan dengan *LoRa-RFM*. Sistem ini terdiri dari tiga sensor yaitu sensor aliran air, sensor ultrasonik dan sensor getaran piezo. Semua sensor ini akan menghasilkan data ketika perilaku sungai berubah dalam kecepatan aliran dan getaran puing-puing di sungai. Seluruh sistem akan dikontrol oleh Arduino UNO R3 sebagai mikrokontroler proyek ini. Data yang dikumpulkan akan disimpan di kartu SD untuk penelitian lebih lanjut.

1.1 Long Range (LoRa) Technology

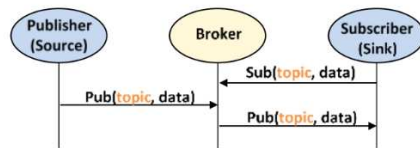
LoRa (Long Range) adalah teknologi komunikasi nirkabel yang dirancang khusus untuk mengirimkan data jarak jauh dengan konsumsi daya yang sangat rendah. Teknologi ini bekerja pada frekuensi radio tak berlisensi, seperti 433 MHz, 868 MHz, atau 915 MHz, tergantung regulasi di tiap negara. Dengan karakteristiknya, *LoRa* mampu menjangkau area hingga beberapa kilometer bahkan lebih dari 10 km di ruang terbuka, sehingga sangat cocok digunakan untuk perangkat Internet of Things (IoT) yang membutuhkan komunikasi efisien tanpa boros energi. (Aiman Bin *et al.*, 2024) (Santoso and Syahputra, 2024) Penggunaan *LoRa* biasanya dipadukan dengan protokol *LoRaWAN* (*LoRa Wide Area Network*) agar dapat menghubungkan banyak perangkat sensor ke sebuah gateway dan server pusat. Teknologi ini sangat ideal untuk aplikasi yang hanya membutuhkan pengiriman data kecil, misalnya monitoring suhu, kelembaban, lokasi, atau status perangkat. *LoRa* sudah banyak diterapkan dalam berbagai bidang, seperti smart city (lampu jalan, parkir pintar), pertanian (sensor kelembaban tanah), pelacakan aset, hingga sistem peringatan dini bencana.

1.2 Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) adalah protokol komunikasi ringan yang digunakan untuk mengirim dan menerima data antar perangkat, terutama dalam sistem Internet of Things (IoT). MQTT menggunakan mekanisme publish-subscribe yang memungkinkan perangkat bertukar data melalui broker sebagai perantara komunikasi. MQTT banyak digunakan pada sistem IoT karena bersifat ringan (lightweight), memiliki kebutuhan bandwidth yang rendah, serta mampu beroperasi pada perangkat dengan sumber daya terbatas. (Roaa Wadullah Tareq, 2021)

Model komunikasi topic-based publish-subscribe merupakan komunikasi berbasis event-driven yang memungkinkan sebuah pesan untuk dipush menuju klien. Pihak pengatur komunikasi sentralnya terdapat pada broker, yang akan bertugas untuk mengatur transaksi/distribusi pesan antara pengirim (publisher) dan penerima (subscriber). Setiap kali klien mengirim (publish) atau menerima pesan (subscribe), mereka akan menyertakan sebuah topik terkait pesan tersebut. Topik merupakan

informasi untuk routing yang akan dilakukan oleh broker (Surakarta *et al.*, 2017)



Gambar 1. Komunikasi Publish/Subscribe MQTT

Adapun broker MQTT yang digunakan adalah Broker Mosquitto dengan perintah dasar yaitu:

- a. Publish data sensor (Untuk publish data sensor dilakukan untuk mengirim data sensor pada Nodemcu esp8266 dengan perintah dasar :

```
mosquitto_pub -h test.mosquitto.org
-t "mitigasi/banjir" -m "message"
```

- b. Subscribe data sensor untuk menampilkan data sensor yang ditransmisikan oleh MQTT maka perlu dilakukan subscribe terhadap topik yang sudah di publish pada nodemcu supaya bisa di tampilkan pada aplikasi flutter. Adapun perintah dasar untuk subscribe adalah:

```
mosquitto_sub -h test.mosquitto.org -t
"mitigasi/banjir" -v
```

Dalam penggunaannya, MQTT memungkinkan perangkat IoT untuk saling berkomunikasi secara real-time dengan konsumsi data yang minimal. Misalnya, sensor kelembaban tanah bertindak sebagai publisher yang mengirimkan data ke broker, lalu aplikasi di smartphone atau sistem kontrol otomatis yang menjadi subscriber dapat menerima data tersebut untuk ditampilkan atau dijadikan dasar pengambilan keputusan. Fleksibilitas dan efisiensinya membuat MQTT banyak dipakai di bidang smart home, pertanian cerdas, industri, hingga monitoring energi.

Berdasarkan kajian terhadap penelitian sebelumnya, implementasi sistem mitigasi banjir berbasis IoT umumnya berfokus pada monitoring dan transmisi data sensor menggunakan teknologi LoRa maupun MQTT. Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih menerapkan interval pengiriman data yang bersifat tetap (fixed transmission interval) tanpa mempertimbangkan perubahan kondisi lingkungan yang terdeteksi oleh sensor. Akibatnya, penggunaan bandwidth komunikasi dan konsumsi energi perangkat menjadi kurang efisien, terutama ketika kondisi sungai berada pada status normal. Selain itu, penelitian sebelumnya belum banyak mengintegrasikan mekanisme adaptif pada arsitektur LoRa-MQTT yang mampu menyesuaikan frekuensi transmisi berdasarkan tingkat risiko banjir secara real-time.

Dari latar belakang yang telah diuraikan maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana melakukan transmisi Data pada mitigasi banjir terutama pada daerah yang tidak ada koneksi internet atau dari jarak jauh?
2. Bagaimana menerapkan teknologi LoRa dan MQTT untuk mendapatkan data Real Time untuk aplikasi mitigasi banjir yang handal
3. Bagaimana menerapkan mekanisme Adaptive Transmission untuk menyesuaikan interval pengiriman data berdasarkan tingkat risiko banjir?

Berdasarkan latar belakang masalah dan analisis dari penelitian sebelumnya maka pendekatan dan strategi pemecahan masalah adalah mengembangkan aplikasi untuk mitigasi banjir dengan mengintegrasikan LoRa Technology dan MQTT Protocol.

Penelitian ini mengusulkan mekanisme Adaptive Transmission pada arsitektur hybrid LoRa-MQTT. Mekanisme ini memungkinkan sistem menyesuaikan interval pengiriman data berdasarkan tingkat risiko banjir yang diperoleh dari pembacaan sensor. Dengan pendekatan tersebut, sistem dapat meningkatkan efisiensi komunikasi pada kondisi normal serta meningkatkan kecepatan pengiriman informasi pada kondisi bahaya.



Gambar 2. Teknologi Yang Dikembangkan

Technology LoRa memungkinkan Transmisi data jarak Jauh tanpa jaringan internet agar informasi bencana banjir dapat ditransmisikan walaupun tanpa internet sedangkan Protocol MQTT memungkinkan transmisi data secara real time dari jarak jauh dengan bantuan internet sehingga informasi peringatan banjir dapat diketahui dimana saja

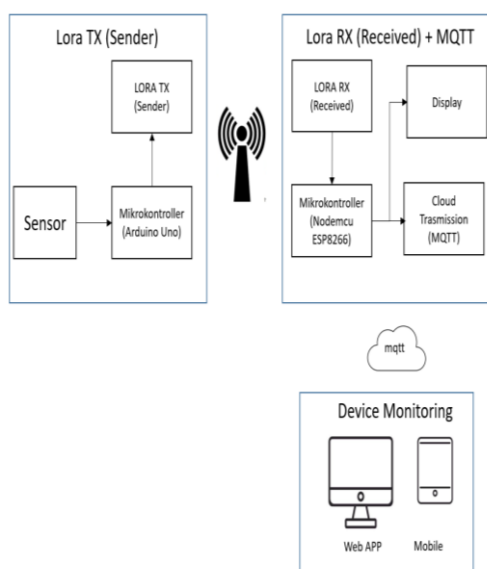
2. METODE PENELITIAN

2.1 Desain Sistem

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengembangkan dan mengevaluasi sistem mitigasi banjir berbasis Internet of Things (IoT) dengan mengintegrasikan teknologi Long Range (LoRa) dan Message Queuing Telemetry Transport (MQTT). Sistem dirancang untuk melakukan pemantauan kondisi sungai secara real-time melalui pengukuran ketinggian muka air, kecepatan aliran air, dan getaran aliran sungai.

Arsitektur sistem terdiri atas dua node utama, yaitu LoRa Transmitter (LoRa TX) dan LoRa Receiver (LoRa RX). LoRa TX berfungsi mengakuisisi data dari sensor dan mengirimkannya melalui komunikasi LoRa. LoRa RX menerima data tersebut dan meneruskannya ke broker MQTT melalui jaringan internet sehingga dapat diakses melalui aplikasi web dan mobile.

Secara Lengkap Model Desain adalah sebagai berikut :



Gambar 3. Desain Model Mitigasi Banjir

Gambar 3 menampilkan model desain dari mitigasi banjir yang dikembangkan. Pada blok *LoRa TX*(Sender) berfungsi untuk mentransmisikan data sensor ke *LoRa RX*(received) tanpa koneksi internet. Hal ini bermanfaat jika alatnya digunakan pada daerah yang tidak ada akses internetnya. Selanjutnya pada Blok *LoRa RX* berfungsi untuk menangkap data yang dikirim ke *LoRa TX* dan akan di tempatkan di lokasi yang ada akses internet.

Dengan Menggunakan MQTT data yang sudah diterima pada *LoRa RX* dapat diteruskan ke jaringan Cloud Sehingga hasil pembacaan sensor yang berasal dari *LoRa TX* bisa diakses melalui aplikasi mobile dan website dimana saja asal memiliki koneksi internet.

Tabel 1. Mekanisme Adaptive Transmission

Status	Kondisi	Interval
Aman	Tinggi air normal	60 detik
Waspada	Tinggi air meningkat	30 detik
Bahaya	Tinggi air kritis	5 detik

Untuk meningkatkan efisiensi komunikasi data, penelitian ini menerapkan mekanisme Adaptive Transmission. Mekanisme ini mengubah interval pengiriman data berdasarkan tingkat risiko banjir yang diperoleh dari hasil pembacaan sensor.

Dengan pendekatan ini, konsumsi bandwidth dapat dikurangi pada kondisi normal dan kecepatan penyampaian informasi dapat ditingkatkan ketika kondisi sungai berada pada status bahaya.

Adapun Kebutuhan dari penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Komponen dan Platform.
2. Long Range (*LoRa*) Technology
3. Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)
4. Pengujian Performa (Delay/Latency ,Packet Loss)

2.2 Komponen dan Platform

Adapun Komponen dan Platform yang digunakan adalah:

1. SN-SR04T waterproof ultrasonic : sensor ultrasonic dengan penambahan fitur waterproof sehingga dapat diaplikasikan pada tempat yang basah
2. Water Flow sensor YF-S201 sensor : digunakan untuk mendeteksi atau mengukur aliran air.
3. Piezo vibration sensor adalah sensor yang memanfaatkan efek piezoelektrik untuk mengukur perubahan tekanan, getaran, atau kekuatan
4. *LoRa sX1278* adalah Modul *LoRa* Mengadopsi teknologi spread spectrum *LoRa* yang canggih, dengan jarak komunikasi hingga 10 KM. Sangat cocok untuk aplikasi rumah pintar, peralatan keamanan, alarm
5. MQTT adalah protokol publish-subscribe yang dirancang khusus untuk mengirimkan pesan antara perangkat IoT dengan overhead yang rendah dan konsumsi energi yang efisien.
6. Platform IOT :Website untuk menampilkan status banjir dan hasil pembacaan sensor dengan menggunakan bahasa Pemrograman PHP dan MYSQL

2.3 Pengujian Performa (Delay/Latency ,Packet Loss)

Pengujian performa jaringan dilakukan untuk mengetahui kualitas layanan (*Quality of Service/QoS*) pada sistem yang dibangun. Parameter utama yang diuji meliputi *Delay (Latency)* dan *Packet Loss*. Kedua parameter ini digunakan untuk menilai seberapa baik data dikirim dari perangkat ke server/broker dan sebaliknya.

1. *Delay/Latency* : Delay atau latency atau round trip time delay, adalah waktu yang dibutuhkan untuk sebuah paket yang dikirimkan dari suatu

komputer ke komputer yang dituju. Delay dalam sebuah proses transmisi paket dalam sebuah jaringan komputer disebabkan karena adanya antrian yang panjang, atau mengambil rute lain untuk menghindari kemacetan pada routing (Indrajaya *et al.*, 2022) (Syafurudin *et al.*, 2025). Faktor-faktor yang dapat memengaruhi Delay yaitu jarak, kongesti, media fisik, dan waktu proses yang diperlukan. Rumus untuk menghitung Delay dapat dilihat dari persamaan (1) sebagai berikut (Syafurudin *et al.*, 2025).

$$\text{Rata - Rata Delay} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total paket Diterima}} \quad (1)$$

2. *Packet Loss : Packet Lost*, adalah persentase paket yang hilang selama mentransmisikan data. Hal ini disebabkan oleh banyak faktor seperti penurunan sinyal dalam media jaringan, kesalahan perangkat keras jaringan, atau juga radiasi dari lingkungan sekitar (Indrajaya *et al.*, 2022) (Syafurudin *et al.*, 2025). Paket Loss merupakan parameter yang mengindikasikan suatu situasi di mana jumlah paket yang tidak berhasil dikirim bisa terjadi akibat tabrakan dan kepadatan pada jaringan. Rumus perhitungan hilangnya paket dapat ditemukan pada Persamaan (2) berikut (Syafurudin *et al.*, 2025):

$$\text{Packet Loss} = \frac{(\text{Data dikirim} - \text{Data diterima}) \times 100\%}{\text{Data dikirim}} \quad (2)$$

Pada pengujian yang digunakan Secara umum Semakin kecil nilai delay, maka semakin cepat waktu yang dibutuhkan paket untuk mencapai tujuan. Sedangkan Semakin kecil nilai packet loss, maka semakin sedikit paket yang hilang selama proses transmisi. Selanjutnya nilai pengujian distandarisasikan menggunakan standar dari TIPHON (Syafurudin *et al.*, 2025)

Tabel 2. Standar Tiphon

Katagori	Delay(ms)	Packet Loss
Sangat Baik	< 150 ms	0%
Baik	150 – 300 ms	3%.
Sedang	300 – 450 ms	15%
Jelek	> 450Ms	25%

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Implementasi Sistem

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan sistem mitigasi banjir berbasis Internet of Things (IoT) dengan mengintegrasikan teknologi Long Range (LoRa) dan Message Queuing Telemetry Transport (MQTT). Sistem terdiri atas dua node utama yaitu LoRa Transmitter (LoRa TX) dan LoRa Receiver (LoRa RX). LoRa TX bertugas membaca

data dari sensor ultrasonik waterproof, water flow sensor, dan piezo vibration sensor kemudian mengirimkan data tersebut melalui komunikasi LoRa.

Data yang diterima oleh LoRa RX selanjutnya diteruskan ke broker MQTT melalui jaringan internet sehingga dapat diakses secara real-time melalui aplikasi web dan aplikasi mobile. Integrasi kedua teknologi ini memungkinkan sistem tetap dapat melakukan monitoring kondisi sungai pada daerah yang tidak memiliki akses internet secara langsung, selama node penerima berada pada lokasi yang memiliki koneksi internet.

Hasil implementasi menunjukkan bahwa seluruh komponen sistem dapat bekerja dengan baik mulai dari proses akuisisi data sensor, transmisi data menggunakan LoRa, publikasi data melalui MQTT, hingga visualisasi data pada aplikasi monitoring. Sistem mampu menampilkan informasi kondisi sungai secara real-time sehingga dapat digunakan sebagai media pendukung mitigasi dan peringatan dini banjir

3.2 Hasil Implementasi Perangkat Keras



Gambar 4. LoRa TX

Gambar 4 menunjukkan perangkat LoRa Transmitter (LoRa TX) yang berfungsi sebagai node pengirim data sensor. Perangkat ini mengintegrasikan sensor ultrasonik waterproof, water flow sensor, dan piezo vibration sensor untuk memperoleh data kondisi sungai. Data hasil pembacaan sensor dikirimkan ke LoRa Receiver menggunakan komunikasi LoRa tanpa memerlukan koneksi internet.



Gambar 5. LoRa RX dan MQTT

Gambar 5 menunjukkan perangkat LoRa Receiver (LoRa RX) yang berfungsi menerima data dari LoRa TX. Selanjutnya data diteruskan ke broker MQTT melalui jaringan internet sehingga informasi kondisi sungai dapat dipantau secara real-time melalui aplikasi web maupun aplikasi mobile

3.3 Hasil Perancangan Perangkat Lunak

Selanjutnya hasil perancangan perangkat lunak berfungsi untuk memonitor nilai ketinggian air, kecepatan arus air dan gelombang air untuk mitigasi banjir ditampilkan melalui aplikasi website dan aplikasi mobile dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 6. Tampilan Aplikasi Mobile

Aplikasi mobile dikembangkan untuk menampilkan hasil pembacaan sensor secara real-time menggunakan protokol MQTT. Informasi yang ditampilkan meliputi ketinggian muka air, kecepatan aliran air, nilai getaran, serta status kondisi sungai. Selain aplikasi mobile, sistem juga menyediakan antarmuka berbasis web yang memungkinkan

pengguna melakukan monitoring dari berbagai perangkat yang terhubung ke internet

Seperti halnya pada aplikasi website aplikasi mobile yang dirancang juga berfungsi untuk menampilkan data sensor dengan menggunakan Transimisi data *MQTT*. Sehingga bisa diakses selama ada koneksi internet

3.4 Pengujian Aplikasi Mitigasi banjir

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam membaca parameter banjir dan melakukan klasifikasi kondisi sungai berdasarkan data sensor yang diperoleh. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2. Secara keseluruhan hasil pengujian dapat ditampilkan sebagai berikut:

Tabel 3. Table Styles

Uji Coba	Hasil Uji Coba Aplikasi Mitigasi banjir			
	Ultrasonic waterproof	WaterFlow Sensor	Piezo vibration sensor	Status
Ke-1	123,4 cm	120 m ³ /s.	500 mV	Bahaya
Ke-2	234 cm	20 m ³ /s.	150 mV	Aman
Ke-3	252,2 cm	60 m ³ /s.	30 mV	Aman
Ke-4	184 cm	80 m ³ /s.	250 mV	Waspada
Ke-5	220 cm	50 m ³ /s.	60 mV	Aman

Berdasarkan hasil pengujian, sistem berhasil membaca data dari ketiga sensor yang digunakan dan melakukan klasifikasi kondisi sungai menjadi tiga kategori yaitu aman, waspada, dan bahaya.

Pada kondisi bahaya, sistem mendeteksi kombinasi nilai ketinggian muka air sebesar 123,4 cm, debit aliran air sebesar 120 m³/s, dan nilai getaran sebesar 500 mV. Nilai tersebut menunjukkan adanya peningkatan aktivitas aliran sungai yang signifikan sehingga sistem memberikan status bahaya sebagai bentuk peringatan dini kepada pengguna.

Pada kondisi waspada, nilai sensor menunjukkan peningkatan aktivitas aliran sungai namun belum mencapai batas kritis. Sedangkan pada kondisi aman, seluruh parameter sensor masih berada pada rentang normal sehingga sistem tidak memberikan peringatan khusus.

Penggunaan kombinasi tiga sensor memberikan kemampuan monitoring yang lebih komprehensif dibandingkan penggunaan satu sensor saja. Sensor ultrasonik digunakan untuk memantau tinggi muka air, water flow sensor digunakan untuk mengukur kecepatan aliran air, sedangkan piezo vibration sensor digunakan untuk mendeteksi getaran yang timbul akibat peningkatan energi aliran sungai. Integrasi ketiga sensor tersebut memungkinkan sistem memperoleh informasi kondisi sungai secara lebih akurat.

3.5 Analisis Adaptive Transmission

Salah satu kontribusi utama penelitian ini adalah penerapan mekanisme Adaptive Transmission pada arsitektur LoRa-MQTT. Mekanisme ini memungkinkan sistem menyesuaikan interval pengiriman data berdasarkan tingkat risiko banjir yang diperoleh dari hasil pembacaan sensor secara real-time.

Pada kondisi aman, sistem mengirimkan data setiap 60 detik untuk mengurangi penggunaan bandwidth dan konsumsi energi perangkat. Ketika kondisi berubah menjadi waspada, interval pengiriman dipercepat menjadi setiap 30 detik. Selanjutnya pada kondisi bahaya, sistem meningkatkan frekuensi pengiriman data menjadi setiap 5 detik agar informasi dapat diterima lebih cepat oleh pengguna.

Implementasi Adaptive Transmission memberikan dua keuntungan utama. Pertama, efisiensi komunikasi dapat ditingkatkan karena sistem tidak terus-menerus mengirimkan data pada kondisi normal. Kedua, sistem mampu meningkatkan responsivitas ketika terjadi peningkatan risiko banjir sehingga proses penyampaian informasi peringatan dini menjadi lebih cepat.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya menggunakan interval pengiriman tetap (fixed transmission interval), pendekatan Adaptive Transmission memungkinkan sistem menyesuaikan perilaku komunikasi secara dinamis sesuai kondisi lingkungan yang diamati. Dengan demikian, sistem menjadi lebih efisien dan adaptif terhadap perubahan kondisi sungai.

3.6 Pengujian Kinerja Komunikasi LoRa-MQTT

Pengujian komunikasi dilakukan untuk mengetahui kualitas layanan (Quality of Service/QoS) dari integrasi LoRa dan MQTT. Parameter yang digunakan meliputi delay dan packet loss. Pengujian dilakukan pada variasi jarak 100 meter, 300 meter, 500 meter, 1000 meter, dan 2000 meter.

Hasil Pengujian Transmisi Data berdasarkan pengujian *delay* dan *packet loss* dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. Table Styles

Uji Coba	Hasil Pengujian Transmisi Data	
	Jarak (m)	Delay (s)
Ke-1	100	0,2
Ke-2	300	0,22.
Ke-3	500	0,16.
Ke-4	1000	0,83.
Ke-5	2000	0,654.
Rata-Rata Delay		0,412

Berdasarkan tabel pengujian integrasi *LoRa* dengan *MQTT* diatas, pengujian integrasi LoRa dengan MQTT dilakukan pada rentang jarak 100 m hingga 2000 m. Pada setiap titik pengujian, rata-rata panjang karakter data yang dikirimkan adalah 75 karakter, dengan hasil pengiriman yang diterima menunjukkan nilai yang identik, sehingga tidak terjadi kehilangan data (*packet loss*).

Analisis delay (latensi) pengiriman data menunjukkan adanya fluktuasi seiring dengan bertambahnya jarak. Pada jarak 100 m, delay tercatat sebesar 0,2 detik. Pada jarak 500 m, delay tercatat sebesar 0,83 detik, dan pada jarak 1000 m, delay berada pada angka 0,54 detik. Secara keseluruhan, rata-rata delay sistem untuk seluruh pengujian adalah 0,412 detik.

Peningkatan delay ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti penurunan kekuatan sinyal, interferensi lingkungan, dan waktu yang dibutuhkan untuk pengiriman ulang paket data yang hilang. Efisiensi sistem *LoRa-MQTT* tetap menunjukkan kinerja yang baik dalam menjaga panjang karakter data yang dikirim dan diterima, meskipun terdapat peningkatan delay seiring dengan bertambahnya jarak. Hal ini penting untuk memastikan bahwa data yang dikirimkan dari sensor dapat diterima secara utuh oleh sistem penerima.

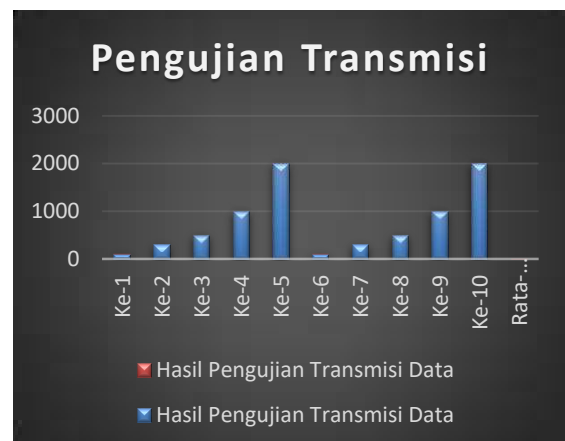
Berdasarkan persamaan (2), jumlah paket data yang hilang selama proses pengiriman dan penerimaan data pada sistem dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Packet Loss} = \frac{(\text{paket data dikirim} - \text{paket data diterima}) \times 100\%}{\text{paket data dikirim}}$$

$$\text{Packet Loss} = \frac{4577 - 4577}{4577} = 0$$

$$\text{Packet Loss} = 0$$

Packet loss adalah jumlah paket data yang hilang selama proses transmisi. Packet loss yang tinggi mengindikasikan masalah dalam jaringan atau sistem komunikasi, yang dapat memengaruhi kualitas dan kehandalan transmisi data. Dalam penelitian ini, hasil perhitungan packet loss yang sebesar 0% menunjukkan bahwa tidak ada paket data yang hilang selama proses transmisi data.



Gambar 8. Pengujian Transmisi data

Hasil perhitungan ini juga menunjukkan bahwa packet loss dalam sistem ini memasuki kategori sangat bagus dengan index 4. Dengan ini, sistem monitoring memiliki parameter packet loss yang sangat baik. Secara keseluruhan, hasil perhitungan delay menunjukkan bahwa sistem ini memiliki performa komunikasi yang sangat baik, dengan waktu delay yang rendah, dapat membantu sistem untuk memastikan data dapat dikirimkan dan diterima secara real-time dengan kualitas tinggi, sementara packet loss yang nol menunjukkan bahwa sistem komunikasi sangat handal dan tidak ada kehilangan data selama transmisi

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang Integrasi *LoRa* dan *MQTT* Pada Aplikasi Mitigasi Banjir maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Efektivitas Integrasi *MQTT-LoRa*: Kombinasi protokol *MQTT* dan teknologi *LoRa* terbukti efektif dalam mendukung komunikasi jarak jauh dengan konsumsi daya yang rendah untuk aplikasi Mitigasi Banjir. *MQTT* memungkinkan pengelolaan pesan yang efisien, sementara *LoRa* menyediakan jangkauan komunikasi yang luas.
- Teknologi *LoRa* dapat digunakan mentransmisikan data sensor tanpa menggunakan koneksi Internet Protocol *MQTT* dapat terhubung dengan *LoRa RX* sehingga data pembacaan sensor dapat di tampilkan pada aplikasi mobile maupun website
- Dari hasil pengujian Perangkat dan Aplikasi web dan Mobile maka Protocol *MQTT* dapat terintegrasi dengan baik bersama dengan Teknologi *LoRa* sehingga dapat digunakan untuk mitigasi banjir secara real time

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Kebudayaan, Riset dan Teknologi Melalui Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Atas Pendanaan Penelitian Dosen Pemula dengan Nomor Kontrak 858/LL16/AL.04/2025, 013/SK/C.02/LPPM-UNISAN/2025 Turunan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Ichsan Gorontalo

DAFTAR PUSTAKA

- ABDUL, F. F., MARYATI, S. AND KOEM, S. 2024. Analisis Persepsi Dan Strategi Adaptasi Masyarakat Terhadap Bencana Banjir Di Kota Gorontalo. *GEOGRAPHY : Jurnal Kajian, Penelitian dan Pengembangan Pendidikan*, 12(1), p. 493. doi: 10.31764/geography.v12i1.17652.
- AIMAN BIN, A. ET AL. 2024. River Monitoring System for Headwater Phenomena Using Long Range (LoRa) Communication (BUOY ONE). *International Exchange and Innovation Conference on Engineering and Sciences*, 10, pp. 1042–1049. doi: 10.5109/7323387.
- BIAHIMO, Z. 2024. Laporan Data Bencana Banjir Gorontalo. In: *inhides (Institute for Human and ecological studies)*. Available at: <https://inhides.org/data-bencana-banjir-gorontalo/>.
- INDRAJAYA, M. A. ET AL. 2022. Penerapan dan Analisis Perbandingan Metode Antrian Jaringan (Network Queuing) pada Jaringan Local Area Network Fakultas Teknik Universitas Tadulako 9(1), pp. 79–85.
- LIMA, W. G. ET AL. 2024. LoRa Technology Propagation Models for IoT Network Planning in the Amazon Regions. *Sensors*, 24(5), pp. 1–23. doi: 10.3390/s24051621.
- RAMADHAN PANCASILAWAN, SAWITRI BUDI UTAMI, ASEP SUMARYANA, SLAMET USMAN ISMANTO, AND D. R. 2020. Mitigation Of Disaster Risk Reduction In Pangandaran Regency. 22(2), pp. 214–222. doi: 10.24198/sosiohumaniora.v22i2.25792.
- ROAA WADULLAH TAREQ, T. A. 2021. Implementation of MQTT Protocol in Health Care Based on IoT Systems : A Study, pp. 215–223.
- SANTOSO, T. B. AND SYAHPUTRA, S. 2024. Analisa Performansi Komunikasi Lora (Long Range) pada Sistem Monitoring Buoy di Laut, 13(6), pp. 10001–10011.
- SURAKARTA, U. M. ET AL. 2017. Implementasi Access Control List Berbasis Protokol MQTT pada Perangkat NodeMCU, *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (J-PTIIC)* Universitas Brawijaya, 2(8), pp. 2824–2831.
- SYAFRUDIN, T. ET AL. 2025. Analisis Kualitas Layanan Jaringan Wlan Berdasarkan Parameter Throughput , Delay , Jitter , dan Packet Loss di Universitas X Analysis of Wlan Network Service Quality Based on Throughput , Delay , Jitter , and Packet Loss Parameters at University X, 5(8), pp. 2143–2151.