

ARTICLE

Floods Early Warning System: Aplikasi Pengukuran Ketinggian Air Sungai berbasis LoRa-MQQT

Floods Early Warning System: LoRa-MQQT-based River Water Level Measurement Application

Imam Fadli,^{*,1} Dede Dede,¹ Umi Pratiwi,² dan Rudi Ripandi¹

¹Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, STMIK Al-Fath Sukabumi, Sukabumi, Indonesia

²Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia

*Penulis Korespondensi: imamfadli@stmik-alfath.ac.id

(Disubmit 26-12-24; Diterima 07-04-25; Dipublikasikan online pada 20-06-25)

Abstrak

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan curah hujan tinggi yang rentan terhadap berbagai bencana hidrometeorologi seperti banjir. Salah satu daerah yang sering menghadapi ancaman banjir adalah Daerah Aliran Sungai Serayu di Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah, khususnya di Desa Kedunguter. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan aplikasi pemantauan ketinggian air Sungai Serayu di Desa Kedunguter, Kabupaten Banyumas. Aplikasi ini dirancang untuk memberikan informasi ketinggian air secara real-time sebagai dasar sistem peringatan dini banjir berbasis teknologi Long Range (LoRa). Sistem ini terdiri dari perangkat pemantauan yang melibatkan satu unit pemancar dan satu unit penerima, masing-masing menggunakan LoRa untuk komunikasi data jarak jauh. Perangkat ini ditenagai oleh panel surya untuk memastikan operasi otonom dan berkelanjutan di lapangan. Data yang diperoleh dari pemantauan dikirim secara real-time ke aplikasi, memberikan informasi yang akurat tentang kondisi permukaan air sungai. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perangkat memiliki tingkat kesalahan relatif 1,31%, dengan akurasi 98,69%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem tersebut dapat memberikan data yang andal dan sebagai peringatan dini banjir bagi masyarakat sekitar.

Kata kunci: LoRa; Floods Early Warning System; Ketinggian Sungai

Abstract

Indonesia is an archipelagic country with high rainfall that is vulnerable to various hydrometeorological disasters such as floods. One of the areas that often faces flood threats is the Serayu Watershed (Serayu Watershed) in Banyumas Regency, Central Java, especially in Kedunguter Village. This research aims to design and develop an application for monitoring the water level of the Serayu River in Kedunguter Village, Banyumas Regency. This application is designed to provide real-time water level information as the basis of a flood early warning system based on Long Range (LoRa) technology. The system consists of a monitoring device involving one transmitter unit and one receiver unit, each using LoRa for long-distance data communication. The device is powered by solar panels to ensure autonomous and sustainable operation in the field. The data obtained from monitoring is sent in real-time to the app, providing accurate information about the condition of the river water level. The test results show that the device has a relative error rate of 1.31%, with an accuracy of 98.69%. This shows that the system can provide reliable data and as an early warning of floods for the surrounding community.

KeyWords: LoRa; Floods Early Warning System; River Height

This is an Open Access article - copyright on authors, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY SA) (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

How to Cite: I. Fadli *et al.*, "Floods Early Warning System: Aplikasi Pengukuran Ketinggian Air Sungai berbasis LoRa-MQQT", *JIKO (JURNAL INFORMATIKA DAN KOMPUTER)*, Volume: 9, No.2, Pages 381–392, Juni 2025, doi: 10.26798/jiko.v9i2.1627.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan curah hujan yang tinggi, sehingga rentan terhadap berbagai bencana hidrometeorologi seperti banjir[1][2]. Salah satu daerah yang sering menghadapi ancaman banjir adalah wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) Serayu di Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah, khususnya di Desa Kedunguter[3][4][5].

Sungai Serayu, yang menjadi salah satu sungai terbesar di daerah ini, kerap meluap saat intensitas hujan tinggi, menyebabkan banjir yang berdampak buruk terhadap kehidupan masyarakat, infrastruktur, serta aktivitas ekonomi di sekitarnya[6]. Oleh karena itu, diperlukan solusi efektif untuk mitigasi banjir, salah satunya melalui sistem peringatan dini[7][8][9][10].

Saat ini, sistem pemantauan ketinggian air di banyak wilayah masih menggunakan metode manual yang memerlukan pengawasan langsung di lapangan[11][12]. Hal ini tidak hanya memakan waktu, tetapi juga berisiko keterlambatan dalam memberikan informasi yang dapat memperburuk dampak banjir[13][14][15]. Dengan semakin pesatnya perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT), solusi berbasis teknologi dapat diterapkan untuk mengatasi masalah tersebut[16][17][18][19]. IoT memungkinkan berbagai perangkat sensor untuk berkomunikasi secara otomatis dan *real-time*, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dalam pemantauan ketinggian air sungai[20][21][22][23].

Salah satu teknologi yang relevan untuk pemantauan jarak jauh dan berdaya rendah adalah LoRa (*Long Range*)[24][25]. LoRa adalah teknologi komunikasi nirkabel yang mampu mengirimkan data dalam jarak jauh dengan konsumsi daya yang sangat rendah, sehingga cocok untuk wilayah pemantauan yang luas seperti aliran Sungai Serayu[26]. Dengan menggunakan sensor yang terhubung melalui jaringan LoRa, data ketinggian air dapat dikirimkan secara terus-menerus ke *server* pusat tanpa memerlukan pengawasan[27].

Selain LoRa, protokol MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) digunakan untuk mendukung komunikasi *real-time* dari data sensor ketinggian air tersebut[28]. MQTT memungkinkan pengiriman data secara cepat dan andal, meskipun dalam kondisi jaringan yang tidak stabil[29][30]. Dengan penerapan MQTT, data yang dikirimkan dari sensor di lapangan dapat langsung diterima dan diolah oleh sistem peringatan dini, yang kemudian memberikan notifikasi kepada masyarakat dan pihak berwenang jika ketinggian air mendekati ambang batas yang berpotensi menyebabkan banjir[31].

Peringatan dini pada saat terjadi kenaikan ketinggian air sungai atau banjir dengan menggunakan konsep Jaringan Sensor Nirkabel berupa node sensor yang bertugas dalam memonitor kondisi sungai Penggunaan protokol LoRaWAN dan MQTT pada jarak 50-100 m dilakukan dengan baik[31]. Dengan adanya aplikasi pemantauan ketinggian air berbasis LoRa dan MQTT ini, diharapkan sistem peringatan dini banjir di DAS Serayu, khususnya di Desa Kedunguter, dapat berjalan lebih efektif dan efisien. Penggunaan teknologi ini akan memberikan manfaat besar dalam mengurangi risiko banjir, memberikan waktu yang lebih banyak untuk evakuasi, serta meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap ancaman banjir dengan jarak maksimum. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan aplikasi pemantauan tersebut sebagai bagian dari upaya mitigasi bencana banjir di wilayah ini.

2. Metode

Rancangan penelitian pembuatan sistem monitoring pengukuran ketinggian air di Sungai Serayu sebagai peringatan dini banjir berbasis LoRa sebagai berikut.

2.1 Perancangan Penelitian

1. Studi Literasi

Studi literasi dilakukan dengan mencari dan menelaah jurnal-jurnal terkait. Kegiatan ini dilakukan untuk mengetahui studi awal yang terkait dengan bidang peneliti saat ini.

2. Survey Awal

Survey awal dilakukan dengan mendatangi lokasi yang akan dijadikan acuan dalam pembuatan alat. Lokasi yang didatangi meliputi pos pemantauan ketinggian air di desa kedunguter yang terletak tidak jauh dari kantor desa Kedunguter dan berada di tepi Sungai Serayu. Survey ini dilakukan untuk mendapatkan

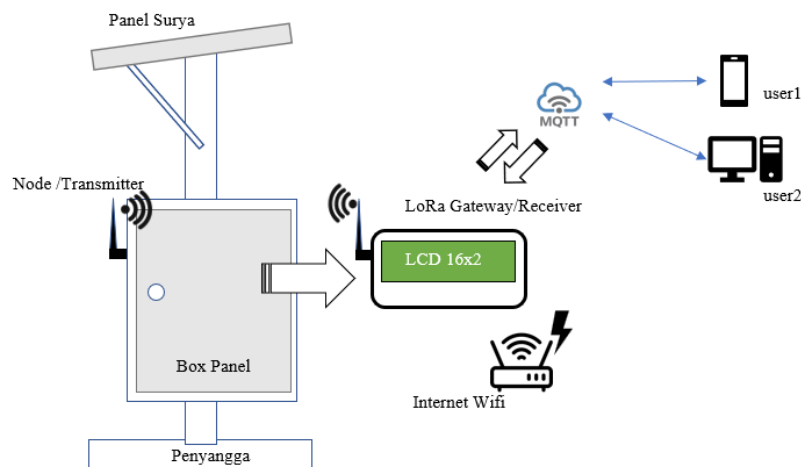
data-data sebagai berikut.

- (a) Alat Fiskal Pengukur Ketinggian Air Laut di Sungai Serayu.
- (b) Catatan Data Ketinggian Air Laut di Sungai Serayu

3. Desain Alat dan Aplikasi

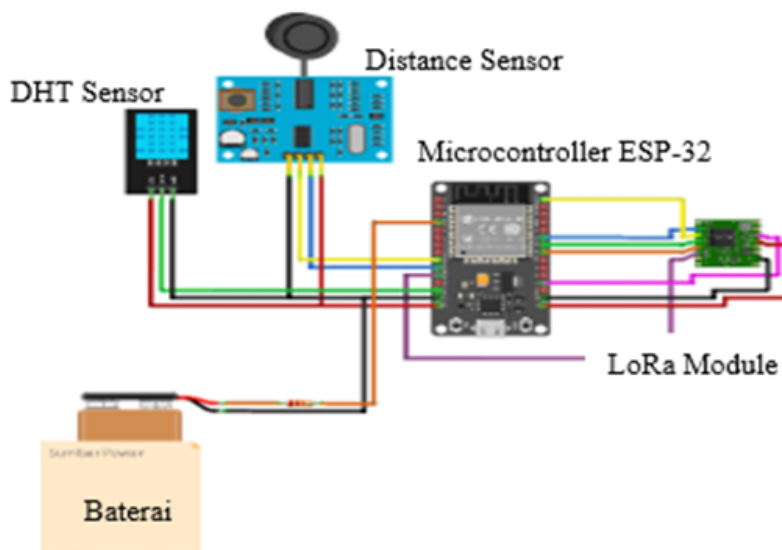
(a) Desain Alat

Desain alat meliputi desain LoRa Node/*transmitter* dan desain LoRa Gateway/*receiver*. Lora Node terdiri dari 3 komponen utama yakni unit *Control and transmit system*, unit *Power supply with solar panel system*, dan tiang penyangga. Unit *Control and transmit system* terdiri dari controller, LoRa, Stepdown, *surge arrester* sebagai pengaman dari petir, sensor tegangan listrik, sensor suhu dan kelembaban ruang panel, dan sensor jarak.



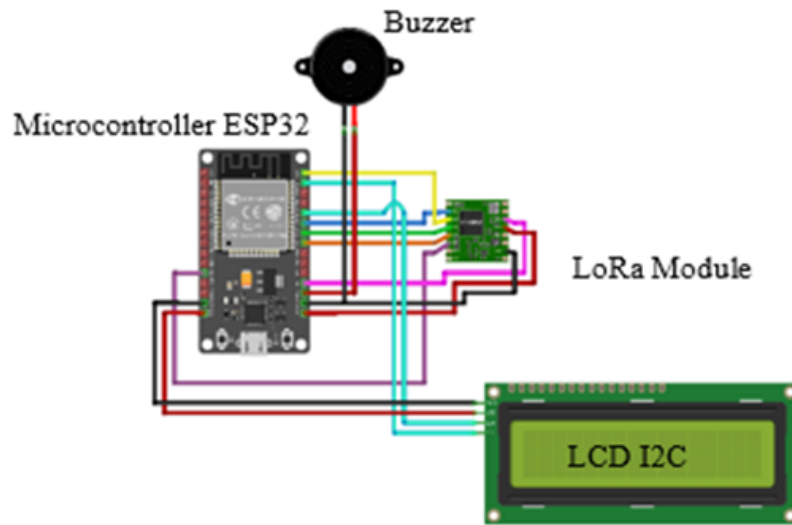
Gambar 1. Desain Sistem

Unit catu daya berbasis energi ramah lingkungan digunakan solar panel 20 WP yang dilengkapi dengan SCC akan mencatu unit controll and transmit system[32][33][34]. Tegangan yang dihasilkan akan diidentifikasi menggunakan sensor tegangan. Kondisi suhu dan kelembaban ruang juga dipantau dengan sensor suhu dan kelembaban DHT11[35][36].



Gambar 2. Rancangan Wiring system LoRa Node

Untuk komponen LoRa Gateway /receiver akan digunakan komponen-komponen ESP32, shield Lo-Ra RFM95W, box, LCD dengan ukuran 16x02 dengan interface I2C, buzzer sebagai tanda warning system, socket DC, saklar on/off, dan adaptor 5V. semua komponen tersebut diletakan dalam sebuah box.



Gambar 3. Rancangan Wiring system LoRa Gateway

(b) Desain Aplikasi

Desain aplikasi adalah proses perencanaan dan pembuatan tampilan antarmuka serta pengalaman pengguna (UI/UX) dari sebuah aplikasi, baik itu aplikasi mobile, web, atau desktop.

(c) Pemrograman/Koding

Koding merupakan aktivitas menulis bahasa pemrograman untuk tujuan pemrograman LoRa Node dan pemrograman *LoRa Gateway*.

(d) Pemrograman Aplikasi Web

Pemrograman untuk LoRa Node maupun gateway menggunakan Arduino IDE. Pemrograman aplikasi pemantau tinggi permukaan air sungai dilakukan dalam lingkungan Laravel 10. Database yang digunakan menggunakan MySQL.

(e) Kalibrasi dan Konversi Perhitungan

Kalibrasi dilakukan untuk menguji keakuratan sensor jarak agar bisa mengukur dengan akurat jarak ketinggian permukaan air sungai Serayu[37][38][39].

$$\text{Persentase Akurasi} = 100\% - \text{error}_{\text{rata-rata}} - \text{rata} - \text{rata}_{\text{raltif}} \quad (1)$$

Selanjutnya data dikonversi menjadi satuan DPL (Di atas Permukaan Laut).

(f) Ujicoba

Ujicoba dilakukan untuk menguji keseluruhan sistem berjalan dengan baik.

2.2 Pengiriman Data

Pengiriman atau transmisi data yang dibaca sensor jarak akan dikirimkan dari unit LoRa Node/*transmitter* menuju LoRa Gateway/*Receiver*. Pengiriman data dari node **Transmitter** ke **node Gateway** menggunakan **LoRa** dan dari **node Gateway** ke aplikasi web menggunakan **MQTT** dapat dijelaskan dalam dua tahap utama: komunikasi jarak jauh menggunakan LoRa dan komunikasi berbasis protokol MQTT untuk distribusi data ke aplikasi web[40][41][42][43].

1. Pengiriman Data dari Node *Transmitter* ke Node *Gateway*

LoRa (Long Range) adalah teknologi komunikasi nirkabel jarak jauh dengan daya rendah yang memungkinkan pengiriman data dari node *Transmitter* ke node *Gateway*. Langkah-langkahnya adalah:

- (a) *Transmitter* Node (terdiri dari sensor, mikrokontroler ESP32, dan modul LoRa) mengambil data dari sensor (suhu, kelembapan, jarak, dan tegangan listrik).
 - (b) Data ini kemudian di-encode dalam format tertentu (seperti JSON atau format biner) agar siap dikirim.
 - (c) Modul LoRa pada *Transmitter* node mentransmisikan data tersebut secara nirkabel ke Gateway, menggunakan frekuensi LoRa.
 - (d) Di sisi *Gateway* Node, terdapat modul LoRa penerima yang mendengarkan data yang dikirim oleh node *Transmitter*.
 - (e) Data diterima di Gateway dan kemudian diproses oleh mikrokontroler dari modul LoRa.
2. Pengiriman Data dari Gateway ke Aplikasi Web Menggunakan MQTT.
- MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) adalah protokol komunikasi berbasis publish/subscribe yang sering digunakan dalam IoT untuk mengirim data secara efisien. Langkah-langkah yang dilakukan adalah:
- (a) Setelah data diterima di *Gateway* dari *Transmitter* melalui LoRa, Gateway melakukan decode dan mempersiapkan data tersebut untuk dikirim melalui protokol MQTT.
 - (b) Gateway berfungsi sebagai MQTT Client, yang dapat mengirim data ke MQTT Broker (server yang mengelola komunikasi antara pengirim dan penerima).
 - (c) Data dikemas menjadi pesan yang diformat dalam bentuk JSON dan dikirim ke MQTT Broker.
 - (d) Aplikasi Web yang terhubung ke MQTT Broker berlangganan (subscribe) ke topic tertentu (dalam hal ini sensor/data), yang memungkinkan aplikasi menerima data setiap kali Gateway mengirim pesan baru.
 - (e) Aplikasi web kemudian menampilkan data yang diterima di interface pengguna, seperti dashboard yang menampilkan status sensor dan data analitik.

3. Hasil

Hasil penelitian pembuatan sistem monitoring pengukuran ketinggian air di Sungai Serayu sebagai peringatan dini banjir berbasis LoRa sebagai berikut.

3.1 Rancangan Penelitian

1. Halaman Muka

Halaman muka berisi tampilan pertama yang dilihat pengguna. Memiliki penjelasan tentang pemantauan sungai juga dilengkapi tombol untuk login admin dan login user.



Gambar 4. Homepage Aplikasi

2. Halaman Login Admin dan User

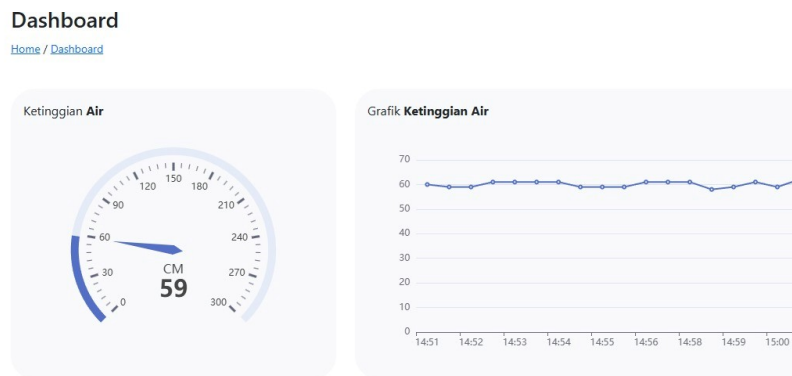
Halaman login admin berfungsi sebagai gerbang keamanan untuk memastikan bahwa hanya pengguna yang berwenang (admin) yang dapat mengakses dan mengelola fitur-fitur sensitif dari sebuah sistem atau aplikasi. Halaman login user berfungsi sebagai mekanisme utama untuk memverifikasi identitas

pengguna sebelum mereka diizinkan mengakses fitur atau konten yang dipersonalisasi dalam sebuah sistem atau aplikasi.

Gambar 5. Halaman Login Admin dan User

3. Tampilan Halaman Admin dan User

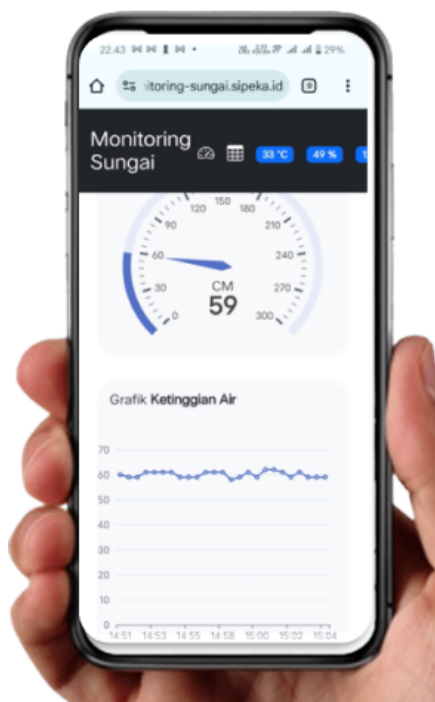
Tampilan halaman admin dan User setelah proses login memberikan informasi ketinggian air sungai secara *realtime*.



Gambar 6. Halaman Admin

4. Tampilan Android

Informasi ketinggian air dapat diakses melalui android menggunakan *smartphone*.



Gambar 7. Tampilan di HP Android

3.2 Kalibrasi dan Konversi Perhitungan

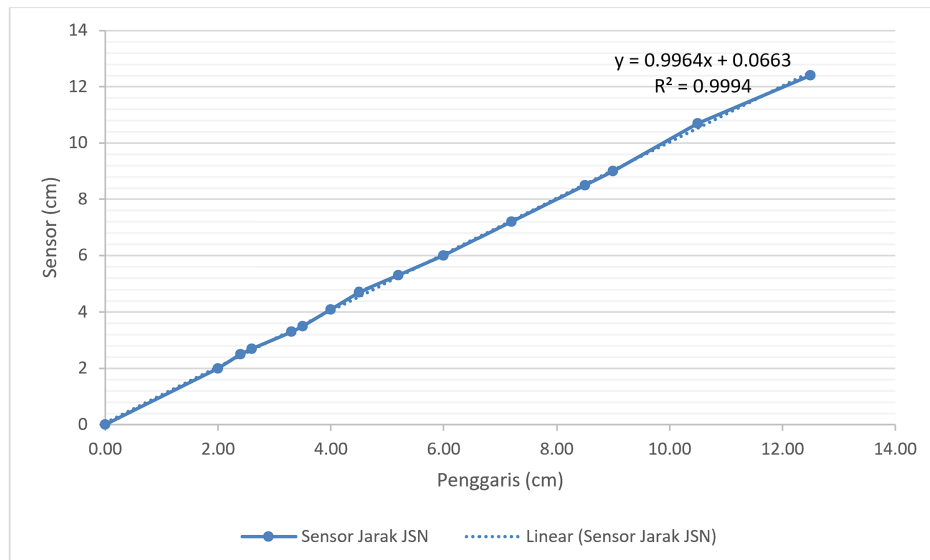
3.2.1 Kalibrasi Sensor Jarak

Hasil kalibrasi sensor jarak menggunakan penggaris sebagai pembanding ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 8.

Tabel 1. Hasil Kalibrasi Sensor Jarak dengan Penggaris

Pengujian ke-	Penggaris	Sensor Jarak JSN	Perbedaan Alat ukur dengan Sensor (%)
1	0,00	0	0
2	2,00	2	0
3	2,40	2,5	4,17
4	2,60	2,7	3,85
5	3,30	3,3	0
6	3,50	3,5	0
7	4,00	4,1	2,5
8	4,50	4,7	4,44
9	5,20	5,3	1,92
10	6,00	6	0
11	7,20	7,2	0
12	8,50	8,5	0
13	9,00	9	0
14	10,50	10,7	1,9
15	12,50	12,4	0,8
Rata-rata	5,41	5,46	1,31

Sedangkan kalibrasi sensor jarak dengan sensor jarak JSN buatan pabrik ditunjukkan pada Gambar 8.

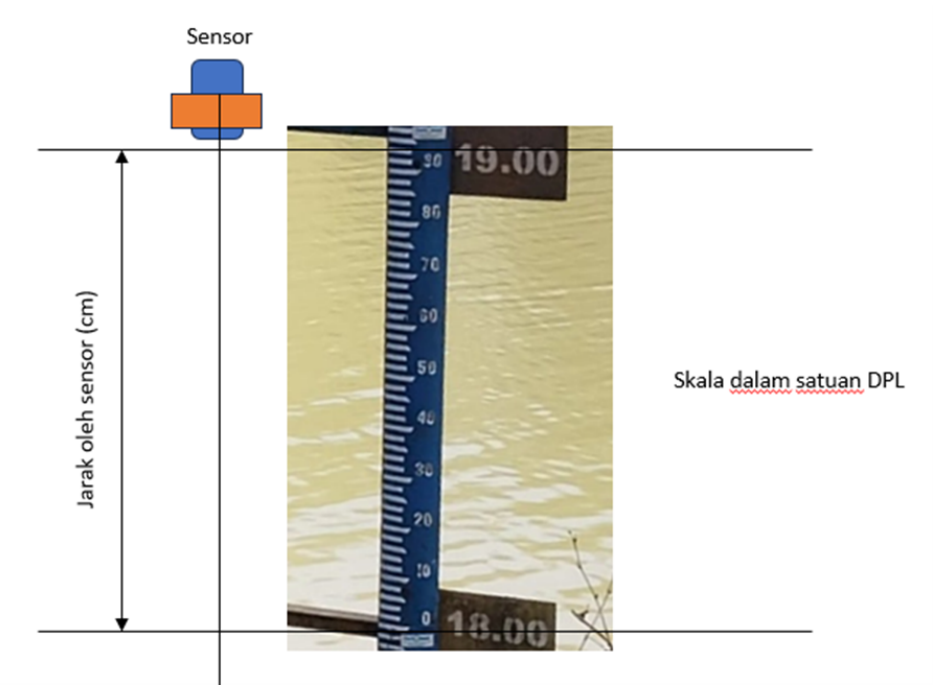


Gambar 8. Grafik Trendline Hasil Kalibrasi Sensor Jarak

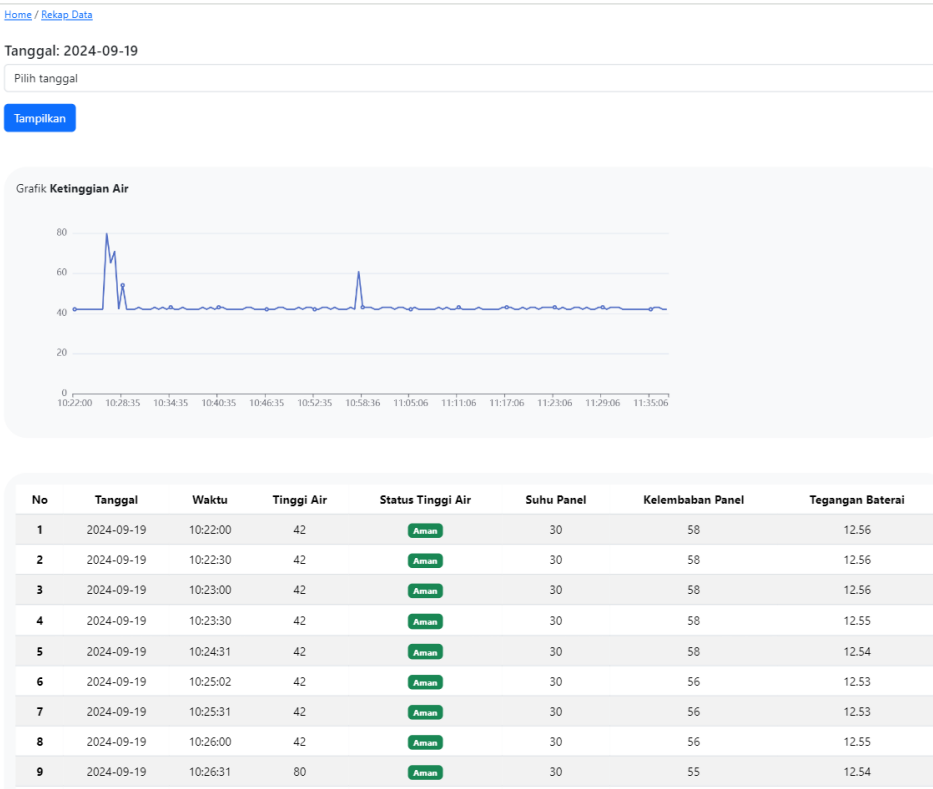
3.2.2 Konversi Jarak dan Uji Coba

4. Pembahasan

Perancangan sistem memiliki desain aplikasi dengan proses perencanaan dan pembuatan tampilan antarmuka serta pengalaman pengguna (UI/UX) aplikasi mobile, web, atau desktop. Tujuan utama dari desain aplikasi adalah untuk menciptakan solusi yang mudah digunakan, menarik, dan fungsional, sehingga



Gambar 9. Konversi Nilai Jarak dalam Skala cm ke DPL



Gambar 10. Tampilan Hasil Pengukuran di Aplikasi Web

pengguna dapat berinteraksi dengan aplikasi secara efektif. Sistem terdiri dari halaman muka, halaman admin/user, dan tampilan aplikasi pada smartphone Android. Sistem pengukuran ketinggian air yang dipasang pada sungai akan mendeteksi ketinggian air sesuai kondisi di lapangan. Data yang diperoleh dari sensor ketinggian akan diteruskan dalam server dan dapat diakses pada smartphone Android oleh admin server ataupun user. Tampilan hasil pengukuran akan memberikan informasi kategori ketinggian dan status ketinggian air, kondisi aman atau berbahaya sebagai tanggap kesiapsiagaan terhadap bencana banjir dengan meluapnya sungai.

Sebelum sistem diujicobakan dan diimplementasikan pada obyek sesungguhnya yaitu pengukuran ketinggian air sungai perlu dilakukan proses kalibrasi sensor jarak terhadap sensor buatan pabrik. Kalibrasi dilakukan untuk menguji keakuratan sensor jarak agar bisa mengukur dengan akurat jarak ketinggian permukaan air sungai Serayu. Selanjutnya data dikonversi menjadi satuan DPL (Di atas Permukaan Laut). Kalibrasi sensor jarak dilakukan dengan membandingkan jarak yang dibaca sensor dengan jarak yang dibaca oleh alat ukur jarak/penggaris sebanyak 15 kali pengujian. Penggaris digunakan untuk mengukur jarak yang telah ditentukan. Pada saat yang sama sensor jarak membaca data jarak tersebut dan datanya dibandingkan untuk dicari data trendlinenya. Hasil kalibrasi ditunjukkan Tabel 1 dan Gambar 8. Kedua hasil kalibrasi menunjukkan nilai linear dan sistem dapat digunakan lebih lanjut untuk pengukuran. Dari 15 data pengujian sensor ultrasonik JSN di atas menghasilkan persamaan sebagai berikut yang ditunjukkan pada Gambar 8.

Persamaan regresi yang didapat memiliki kemiringan (Slope) $m = 0,9964$ menunjukkan bahwa pengukuran sensor sangat mendekati nilai ideal (seharusnya 1 jika sensor sempurna). Ini berarti bahwa setiap kenaikan jarak sebenarnya sebesar 1 cm, sensor mengukur kenaikan sekitar 0.9964 cm. Dengan kata lain, sensor sedikit underestimate dengan jarak sebenarnya, tetapi dengan perbedaan yang kecil. Nilai Intercept $b = 0,0663$ menunjukkan bahwa ada sedikit offset dalam pengukuran sensor. Sensor cenderung memberikan hasil yang sedikit lebih besar dari 0,0663 cm dibandingkan dengan jarak sebenarnya. Nilai koreksi yang dihasilkan sebesar 0,0663 dari nilai offset. Nilai koreksi ini akan digunakan dalam perhitungan jarak dalam pemrograman sensor. Hasil kalibrasi sensor jarak menggunakan penggaris ditunjukkan pada Tabel 1. Perhitungan Tabel 1 menghasilkan nilai rata-rata error relatif sebesar 1,31% dan akurasi sensor sebesar 98,69. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sensor memiliki akurasi yang sangat tinggi dengan rata-rata error yang sangat kecil, yaitu sekitar 1.31. Hasil tersebut menunjukkan sistem layak digunakan sebagai acuan monitoring pengukur ketinggian air menggunakan sensor jarak JSN.

Tahap selanjutnya dengan mengkonversi jarak ke satuan DPL dan ujicoba sistem. Konversi dilakukan untuk mengukur jarak dalam satuan “di atas permukaan air laut” (DPL) sebagai acuan peringatan dini banjir di Desa Kedunguter dan sekitarnya. Langkah yang dilakukan adalah dengan menempatkan sensor sejajar dengan alat fiska pengukur ketinggian air di Pos Pemantauan Kedunguter. Berdasarkan perbandingan nilai antara jarak sensor dengan alat ukur fiska di atas nampak bahwa nilai 0 cm yang didapat sensor setara dengan 18 DPL (Di atas permukaan Laut). Sesuai hasil wawancara dengan petugas Pos pemantau di Kedunguter bahwa kondisi permukaan air sungai Serayu akan dianggap Aman jika berada di bawah 18 DPL, Waspada jika berada di level 18-19 DPL dan BAHAYA jika di atas 19 DPL. Hasil penampakan dalam aplikasi memperlihatkan sensor bekerja dengan baik dan menampilkan data pengukuran pada level Aman. Berdasarkan pengambilan data ketinggian air di Sungai Serayu pos kedunguter pada pukul 10.22.00 s.d. 11.37.06 menghasilkan data pada Gambar 10.

5. Simpulan

Banjir merupakan bencana alam yang sering terjadi di berbagai wilayah, terutama di daerah rawan banjir. Sistem peringatan dini banjir menjadi solusi penting untuk meminimalkan dampak bencana ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem peringatan dini banjir berbasis teknologi Internet of Things (IoT) menggunakan protokol komunikasi LoRa dan MQTT. Sistem ini dirancang untuk mengukur ketinggian air sungai secara real-time dengan memanfaatkan sensor ultrasonik yang terintegrasi dengan mikrokontroler. Data yang diperoleh dari sensor dikirim melalui jaringan LoRa, yang memiliki jangkauan luas dan efisiensi energi tinggi, ke server pusat yang menggunakan protokol MQTT untuk pengelolaan data dan notifikasi. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain dan mengembangkan aplikasi pemantau-

an ketinggian air sungai Serayu di Desa Kedunguter, Kabupaten Banyumas. Aplikasi ini dirancang untuk memberikan informasi ketinggian air secara real-time sebagai dasar sistem peringatan dini banjir berbasis teknologi Long Range (LoRa). Metode penelitian menggunakan pendekatan Agile dalam proses pengembangan perangkat lunak, yang memungkinkan fleksibilitas dan adaptasi cepat terhadap perubahan selama proses perancangan. Sistem ini terdiri dari perangkat pemantau yang melibatkan satu unit pemancar (*transmitter*) dan satu unit penerima (*receiver*), masing-masing menggunakan LoRa untuk komunikasi data jarak jauh. Perangkat ini ditenagai oleh panel surya untuk memastikan operasional yang mandiri dan berkelanjutan di lapangan. Data yang diperoleh dari pemantauan dikirim secara real-time ke aplikasi, memberikan informasi akurat tentang kondisi ketinggian air sungai. Hasil uji coba menunjukkan bahwa perangkat memiliki tingkat error relatif sebesar 1,31%, dengan akurasi mencapai 98,69%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan data yang andal, sehingga berpotensi menjadi bagian penting dalam sistem peringatan dini banjir, meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat sekitar sungai Serayu terhadap potensi bencana banjir.

Pustaka

- [1] M. H. Mughal, Z. A. Shaikh, A. I. Wagan, Z. H. Khand, and S. Hassan, "Orffm: An ontology-based semantic model of river flow and flood mitigation," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 44 003–44 031, 2021.
- [2] A. Purwaningsih, T. Harjana, E. Hermawan, and D. F. Andarini, "Kondisi curah hujan dan curah hujan ekstrem saat mjo kuat dan lemah: Distribusi spasial dan musiman di indonesia," *Jurnal Sains dan Teknologi Modifikasi Cuaca*, vol. 21, no. 2, pp. 85–94, 2020.
- [3] I. A. Zukhruf and D. M. Sukendra, "Analisis spasial kasus leptospirosis berdasarkan faktor epidemiologi dan faktor risiko lingkungan," *HIGEIA (Journal of Public Health Research and Development)*, vol. 4, no. 4, pp. 587–598, 2020.
- [4] A. Rustanto, "Dinamika erosi tanah dan krisis ekonomi-era reformasi di daerah aliran sungai serayu hulu," *Jurnal Geografi Lingkungan Tropis*, vol. 3, no. 1, pp. 41–47, 2019.
- [5] Y. Susanti, S. Syafrudin, and M. Helmi, "Analisa perubahan penggunaan lahan di daerah aliran sungai serayu hulu dengan penginderaan jauh dan sistem informasi geografis," in *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Environmental, and Learning*, vol. 16, no. 1, 2020, p. 265.
- [6] A. K. Agnihotri, A. Ohri, S. Gaur, Shivam, N. Das, and S. Mishra, "Flood inundation mapping and monitoring using sar data and its impact on ramganga river in ganga basin," *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 191, no. 12, p. 760, 2019.
- [7] Z. Zainuddin, A. L. Arda, and A. Z. Nusri, "Sistem peringatan dini banjir," *Inspirasi: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 9, no. 2, pp. 167–173, 2019.
- [8] B. Camenen *et al.*, "Monitoring discharge in a tidal river using water level observations: Application to the saigon river, vietnam," *Science of the Total Environment*, vol. 761, p. 143195, 2021.
- [9] G. T. Nguyen, "Evaluating current water quality monitoring system on hau river, mekong delta, vietnam using multivariate statistical techniques," *Applied Environmental Research*, vol. 42, no. 1, pp. 14–25, 2020.
- [10] A. Nurdianto, "Rancang bangun sistem peringatan dini banjir (early warning system) terintegrasi internet of things," *Jurnal Online Mahasiswa Bidang Teknik Elektro*, vol. 1, no. 1, 2018.
- [11] E. A. Kadir, A. Siswanto, S. L. Rosa, A. Syukur, H. Irie, and M. Othman, "Smart sensor node of wsns for river water pollution monitoring system," in *2019 International Conference on Advanced Communication Technologies and Networking (CommNet)*, 2019, pp. 1–5.
- [12] C. van Lieshout, K. van Oeveren, T. van Emmerik, and E. Postma, "Automated river plastic monitoring using deep learning and cameras," *Earth and Space Science*, vol. 7, no. 8, p. e2019EA000960, 2020.
- [13] R. D. Valentin, "Implementasi sensor ultrasonik berbasis mikrokontroler untuk sistem peringatan dini banjir," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali dan Listik*, vol. 2, no. 1, pp. 32–41, 2021.

- [14] I. F. Astuti, A. N. Manoppo, and Z. Arifin, "Sistem peringatan dini bahaya banjir kota samarinda menggunakan sensor ultrasonic berbasis mikrokontroler dengan buzzer dan sms," *Sebatik*, vol. 22, no. 1, pp. 30–34, 2018.
- [15] M. Asri and S. Abdussamad, "Rancang bangun prototipe peringatan dini banjir menggunakan raspberry pi berbasis iot," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 5, no. 2, pp. 216–221, 2023.
- [16] C. Moreno *et al.*, "Rivercore: Iot device for river water level monitoring over cellular communications," *Sensors*, vol. 19, no. 1, p. 127, 2019.
- [17] A. A. K. Ramadhan, E. Kurniawan, and A. Sugiana, "Perancangan sistem peringatan dini banjir berbasis mikrokontroler dan short message service (sms)," *eProceedings of Engineering*, vol. 7, no. 1, 2020.
- [18] D. Danang, S. Suwardi, and I. A. Hidayat, "Flood disaster mitigation using a disaster early warning and monitoring information system with an iot-based arduino microcontroller," *Teknik*, vol. 40, no. 1, pp. 55–62, 2019.
- [19] A. R. F. Gani, "Sistem peringatan dini banjir berbasis arduino uno dengan notifikasi sms," *Jurnal Teknologi*, vol. 9, no. 1, pp. 42–51, 2021.
- [20] K. S. Adu-Manu, F. A. Katsriku, J.-D. Abdulai, and F. Engmann, "Smart river monitoring using wireless sensor networks," *Wireless Communications and Mobile Computing*, vol. 2020, no. 1, p. 8897126, 2020.
- [21] S. Nduru, A. A. Hafiz, and D. H. Pane, "Implementasi metode fuzzy berbasis internet of things (iot) untuk peringatan dini banjir," *Jurnal Sistem Komputer Triguna Dharma (JURSIK TGD)*, vol. 1, no. 1, pp. 26–33, 2022.
- [22] E. S. Arinda, H. D. Wahyono, and A. D. Santoso, "Penentuan status mutu air sungai serayu menggunakan teknologi online monitoring (onlomo) dengan metode analisa storet," *Tritura: Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan*, vol. 19, no. 2, pp. 102–113, 2023.
- [23] A. Basuki and S. Savitri, "Sistem peringatan dini banjir dual platform," in *ReTII*, 2022, pp. 278–284.
- [24] Y. Peng *et al.*, "Plora: A passive long-range data network from ambient lora transmissions," in *Proceedings of the 2018 Conference of the ACM Special Interest Group on Data Communication*, 2018, pp. 147–160.
- [25] R. Berto, P. Napoletano, and M. Savi, "A lora-based mesh network for peer-to-peer long-range communication," *Sensors*, vol. 21, no. 13, p. 4314, 2021.
- [26] P. Thakur and P. Kumar, "Development of flood monitoring and warning system using iot," *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, vol. 8, no. 5, pp. 2277–3878, 2020.
- [27] M. J. Nazir *et al.*, "Iot based smart flood detection and notification system for risk management," *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 47, p. 101432, 2021.
- [28] H. C. Pham, D. V. Nguyen, and H. T. Nguyen, "Development of real-time flood monitoring and warning system based on iot and cloud computing," *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, vol. 32, p. 100612, 2021.
- [29] M. H. Ali *et al.*, "Design and implementation of an iot-based smart flood alert system," *International Journal of Computing and Digital Systems*, vol. 10, no. 1, pp. 37–44, 2021.
- [30] R. R. Shah, S. A. Ali, M. R. Ameer, and M. G. R. Faheem, "Flood detection system using iot and machine learning techniques," *Materials Today: Proceedings*, vol. 61, pp. 78–83, 2022.
- [31] L. B. Yusop, N. A. A. Aziz, N. A. Rahim, and Z. M. Yusof, "Flood early warning system using iot based water level monitoring," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 13, no. 4, pp. 516–522, 2022.
- [32] M. F. Ismail *et al.*, "Iot based flood monitoring and notification system," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 26, no. 2, pp. 978–985, 2022.

- [33] K. M. Islam, A. E. Hoque, S. Rahman, and M. Hasan, "Flood monitoring system using iot and lora network," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 13, no. 10, pp. 631–636, 2022.
- [34] S. J. Nazar *et al.*, "Iot based flood monitoring system using lora technology," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 28, no. 2, pp. 776–783, 2022.
- [35] Y. Sugiharto *et al.*, "Design of flood monitoring and early warning system using ultrasonic sensor and lora communication," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1869, p. 012082, 2021.
- [36] S. P. Ghosh and D. Chatterjee, "Iot-based smart flood monitoring system using ultrasonic sensor," *Materials Today: Proceedings*, vol. 61, pp. 109–115, 2022.
- [37] D. Setiawan, D. T. Susilo, and M. F. Mubarak, "Flood early warning system based on iot using lora," *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, vol. 20, no. 6, pp. 1331–1337, 2022.
- [38] A. S. Kamble and A. V. Deorankar, "Smart flood monitoring system using iot and machine learning techniques," *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, vol. 10, no. 3, pp. 1650–1655, 2022.
- [39] T. C. Pham *et al.*, "Iot-based flood monitoring and warning system: Design and implementation," *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, vol. 12, no. 2, pp. 1831–1839, 2022.
- [40] D. E. Setiawan, M. H. Arifin, and A. M. Pramudito, "Design of iot-based flood monitoring system using ultrasonic sensor and lora network," *Indonesian Journal of Science and Technology*, vol. 7, no. 1, pp. 83–94, 2022.
- [41] A. D. Syahputra, M. H. Lubis, and F. N. Juwita, "Flood monitoring system based on iot using nodemcu and telegram notification," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 2098, p. 012002, 2021.
- [42] S. H. Hasan *et al.*, "Design and implementation of smart flood detection system using iot and gsm module," *International Journal of Scientific and Engineering Research*, vol. 12, no. 4, pp. 678–684, 2021.
- [43] S. M. R. Islam *et al.*, "Design of flood detection and monitoring system using iot and cloud computing," *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, vol. 34, no. 7, pp. 4285–4292, 2022.