

IMPLEMENTASI KOMUNIKASI HYBRID LORA-WIFI PADA SISTEM MONITORING LEVEL AIR BERBASIS IoT

(IMPLEMENTATION OF LORA-WIFI HYBRID COMMUNICATION IN AN IoT-BASED WATER LEVEL MONITORING SYSTEM)

Fauzan Afif¹, Sri Indah Rezkika^{2*}, Mawardi³, Sari Novalianda⁴

¹ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Al-Azhar Medan, Indonesia, 20142

² Program Studi Teknik Elektro, Universitas Al-Azhar Medan, Indonesia, 20142

³ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Al-Azhar Medan, Indonesia, 20142

⁴ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Al-Azhar Medan, Indonesia, 20142

Riwayat Artikel

Submitted :26/04/2026

Published :28/08/2026

* Email Korespondensi:
afiffauzan446@gmail.com



Abstrak: Pemantauan ketinggian air secara real-time merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan sumber daya air dan mengurangi risiko akibat keterlambatan informasi. Studi ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan ketinggian air berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan komunikasi hybrid LoRa-WiFi. Sistem ini terdiri dari sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai detektor ketinggian air, dua mikrokontroler ESP32 sebagai node pemancar dan penerima, modul LoRa SX1278 sebagai media komunikasi jarak jauh, dan platform IoT Blynk sebagai media pemantauan berbasis internet. Data ketinggian air diukur oleh sensor, dikirim melalui komunikasi LoRa ke node penerima, kemudian diteruskan ke platform Blynk melalui jaringan WiFi sehingga dapat dipantau secara real-time. Pengujian meliputi akurasi sensor ultrasonik, kinerja komunikasi LoRa di jalan raya dan area terbuka, serta fungsi pemantauan menggunakan IoT Blynk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini mampu mengukur ketinggian air dengan tingkat akurasi yang baik, berkomunikasi hingga 550 m di jalan raya dan 600 m di area terbuka, serta menampilkan informasi ketinggian air secara real-time pada LCD dan Blynk IoT. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu mengintegrasikan komunikasi LoRa dan WiFi secara efektif, sehingga berpotensi untuk diimplementasikan sebagai solusi pemantauan ketinggian air jarak jauh berbasis IoT.

Kata kunci: Internet of Things, LoRa, WiFi, ESP32, HC-SR04, Monitoring Level Air

Abstract: Real-time water level monitoring is one of the efforts to improve the effectiveness of water resource management and reduce risks due to information delays. This study aims to develop an Internet of Things (IoT)-based water level monitoring system using hybrid LoRa-WiFi communication. This system consists of an HC-SR04 ultrasonic sensor as a water level detector, two ESP32 microcontrollers as transmitter and receiver nodes, a LoRa SX1278 module as a remote communication medium, and the Blynk IoT platform as an internet-based monitoring medium. Water level data is measured by the sensor, sent via LoRa communication to the receiver node, then forwarded to the Blynk platform via a WiFi network so that it can be monitored in real-time. Testing includes the accuracy of the ultrasonic sensor, the performance of LoRa communication on highways and open areas, and the monitoring function using Blynk IoT. The results show that this system is able to measure water levels with a good level of accuracy, communicate up to 550 m on highways and 600 m in open areas, and display water level information in real-time on the LCD and Blynk IoT. These results indicate that the developed system is capable of integrating LoRa and WiFi communications effectively, thus having the potential to be implemented as an IoT-based remote water level monitoring solution..

Keywords: Internet of Things, LoRa, WiFi, ESP32, HC-SR04, Water Level Monitoring

1 PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pemantauan level air merupakan aspek penting dalam pengelolaan sumber daya air karena berperan dalam mendukung pengambilan keputusan secara cepat dan tepat. Informasi mengenai ketinggian air dibutuhkan pada berbagai aplikasi, seperti tandon air, irigasi, dan sistem peringatan dini banjir. Namun, proses pemantauan yang masih dilakukan secara manual memiliki keterbatasan dalam hal efisiensi, ketepatan waktu, dan akses terhadap informasi secara real-time

Internet of Things (IoT) adalah sebuah konsep yang memungkinkan berbagai perangkat terhubung satu sama lain melalui jaringan internet sehingga mereka dapat bertukar data secara otomatis [1]. Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan sistem pemantauan level air dilakukan secara otomatis dan dapat diakses jarak jauh. Berbagai penelitian telah mengembangkan sistem monitoring menggunakan sensor ultrasonik yang dipadukan dengan komunikasi nirkabel, seperti WiFi maupun LoRa. WiFi memiliki keunggulan dalam kemudahan integrasi dengan layanan internet, maupun jangkauan

komunikasinya relatif terbatas. Sebaliknya, LoRa mampu menyediakan komunikasi jarak jauh dengan konsumsi daya rendah [2], tetapi tidak mengirimkan data langsung ke platform IoT tanpa adanya gateway atau koneksi internet.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem pemantauan level air berbasis IoT menggunakan komunikasi hybrid LoRa-WiFi. Kombinasi komunikasi LoRa dan WiFi dapat memperluas jangkauan pemantauan sekaligus memungkinkan pengiriman data secara real-time ke platform IoT [3]. Sistem memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi ketinggian air, dua mikrokontroler ESP32 sebagai node pengirim dan penerima, modul LoRa SX1278 sebagai media komunikasi lokal, serta platform Blynk IoT sebagai media pemantauan secara real-time melalui jaringan WiFi. Pendekatan hybrid ini diharapkan mampu menggabungkan keunggulan komunikasi jarak jauh dari lora dengan kemudahan akses data melalui internet menggunakan WiFi.

Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem pemantauan level air berbasis IoT menggunakan komunikasi hybrid LoRa-WiFi serta mengevaluasi sistem melalui pengujian akurasi sensor ultrasonik, komunikasi data LoRa, dan monitoring secara real-time menggunakan platform Blynk IoT.

2 BAHAN DAN METODE PENELITIAN

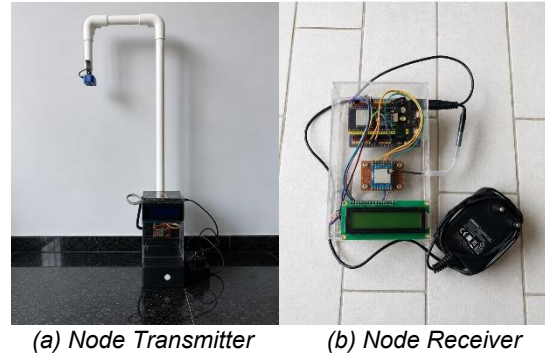
Penelitian ini menggunakan metode perancangan dan pengembangan sistem pemantauan level air berbasis Internet of Things (IoT) dengan memanfaatkan komunikasi hybrid LoRa-WiFi. Tahapan penelitian meliputi perancangan sistem, perakitan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, integrasi komunikasi LoRa dan WiFi, serta pengujian kinerja sistem. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi akurasi sensor ultrasonik dalam mengukur ketinggian air, keberhasilan komunikasi data melalui LoRa, serta kemampuan sistem dalam menampilkan informasi secara real-time pada platform Blynk IoT

2.1 Perancangan Sistem

Penelitian ini mengembangkan sistem pemantauan level air berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan komunikasi hybrid LoRa-WiFi. Sistem terdiri atas dua node berbasis ESP32, yaitu node pemancar (transmitter) dan node penerima (receiver). Node pemancar dilengkapi dengan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur ketinggian air pada tandon. Sensor HC-SR04 bekerja berdasarkan prinsip mengukur waktu perambatan gelombang ultrasonik untuk menentukan jarak antara sensor dan permukaan objek [4]. Data hasil pengukuran diproses oleh ESP32 dan dikirimkan ke node penerima melalui modul LoRa SX1278 pada frekuensi 433 MHz.

Node penerima menerima data melalui komunikasi LoRa, kemudian menampilkan

informasi ketinggian air pada LCD 16x32 berbasis antarmuka I2C. selanjutnya, data diteruskan ke platform Blynk IoT melalui jaringan WiFi sehingga kondisi level air dapat dipantau secara real-time menggunakan perangkat bergerak. Arsitektur sistem yang dikembangkan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Perangkat Penelitian :
(a) node transmitter (b) node receiver

Gambar 1 menunjukkan perangkat penelitian yang terdiri atas node transmitter dan node receiver. Node transmitter berfungsi mengukur ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 yang diproses oleh ESP32, kemudian dikirimkan data melalui modul LoRa SX1278. Node receiver menerima data yang dikirimkan oleh transmitter, menampilkan hasil pengukuran pada LCD 16x 2, serta meneruskan data ke platform Blynk IoT melalui jaringan level air dapat dipantau secara real-time

Penelitian ini menggunakan beberapa perangkat keras dan perangkat lunak yang berfungsi untuk mendukung proses perancangan, komunikasi data, serta monitoring sistem. Rincian perangkat yang digunakan disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Alat yang Digunakan

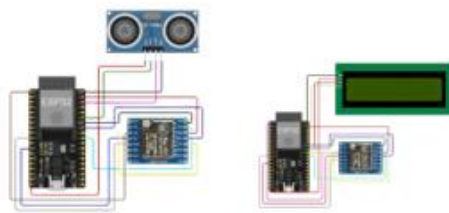
No	Perangkat	Jumlah	Fungsi
1	ESP32 Devkit V1	2 unit	Mikrokontroler Transmitter dan receiver
2	Modul LoRa SX1278	2 unit	Komunikasi data 433 MHz
3	Sensor ultrasonik HC-SR04	1 unit	Mengukur ketinggian air
4	LCD I2C 16x2	2 unit	Menampilkan hasil pengukuran
5	Baseboard DC 5V	2 unit	Dudukan ESP32
6	Adaptor DC 5V	1 unit	Catu daya sistem
7	Arduino IDE	1 unit	Pemrograman ESP32
8	Blynk IoT	1 akun	Monitoring data secara real-time

Berdasarkan tabel 1, sistem yang dikembangkan memanfaatkan dua unit ESP32 sebagai node transmitter dan receiver, sensor

ultrasonik HC-Sr04 sebagai pengukur level air, serta modul LoRa SX1278 sebagai media komunikasi data. Selain itu, platform Blynk IoT digunakan untuk menampilkan hasil pemantauan secara real-time melalui jaringan WiFi.

2.2 Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem menggambarkan hubungan antar komponen pada sistem pemantauan level air berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan komunikasi hybrid LoRa-WiFi. Sistem terdiri atas dua node, yaitu node transmitter dan node receiver, yang saling berkomunikasi melalui modul LoRa SX1278. Diagram blok sistem ditunjukkan pada gambar 2.



(a) Node Transmitter

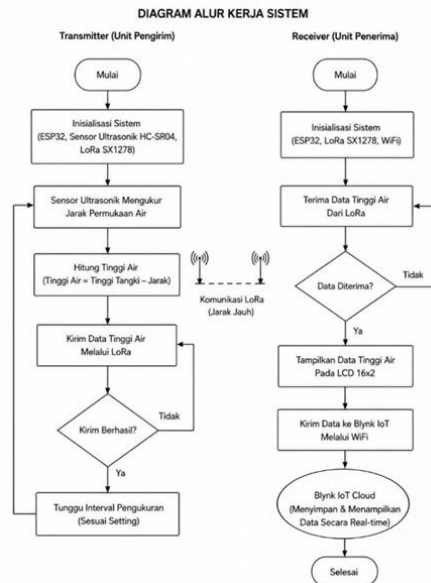
(b) Node Receiver

Gambar 2. Diagram Blok Sistem

Berdasarkan Gambar 2, proses pemantauan air diawali dengan pengukuran jarak permukaan air menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 pada node transmitter. Data hasil pengukuran diproses oleh ESP32 untuk memperoleh nilai tinggi dan persentase level air, kemudian dikirimkan ke node receiver melalui komunikasi LoRa. Selanjutnya, node receiver meneruskan informasi tersebut ke LCD sebagai tampilan lokal dan ke platform Blynk IoT melalui jaringan WiFi sehingga data dapat dipantau secara real-time oleh pengguna. Alur tersebut menunjukkan implementasi komunikasi hybrid LoRa-WiFi yang digunakan pada penelitian ini.

2.3 Diagram Alir Sistem

Diagram alir sistem menggambarkan runtutan proses kerja sistem pemantauan level air mulai dari proses inialisasi perangkat, pengukuran level air, pengiriman data menggunakan komunikasi LoRa, hingga proses monitoring melalui platform Blynk IoT. Diagram alir sistem digunakan sebagai acuan dalam mengembangkan perangkat lunak pada node transmitter dan receiver. Diagram alir sistem ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alur Kerja Sistem

Berdasarkan Gambar 3, proses dimulai dengan inialisasi seluruh komponen pada node transmitter dan node receiver. Pada node transmitter, sensor ultrasonik HC-SR04 mengukur jarak permukaan air, kemudian ESP32 mengolah hasil pengukuran untuk memperoleh nilai tinggi dan persentase level air. Data tersebut selanjutnya dikirimkan ke node receiver menggunakan komunikasi LoRa.

Pada node receiver, ESP32 menerima data dari node transmitter melalui modul LoRa SX1278. Jika data berhasil diterima, informasi level air ditampilkan pada LCD 16x12 dan dikirimkan ke platform Blynk IoT melalui jaringan WiFi. Proses ini berlangsung secara berulang sesuai interval pengiriman data sehingga kondisi level air dapat dipantau secara real-time.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan sistem monitoring level air berbasis Internet of Things (IoT) yang memanfaatkan komunikasi hybrid LoRa-WiFi sebagai media pengiriman data. Sistem yang telah dirancang kemudian diimplementasikan dan diuji untuk mengetahui kinerja masing-masing komponen, meliputi akurasi sensor ultrasonik, komunikasi LoRa, monitoring melalui platform Blynk IoT, serta implementasi sistem pada tandon berkapasitas lebih besar. Hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan dokumentasi implementasi, kemudian dianalisis untuk mengevaluasi kinerja sistem secara keseluruhan.

3.1 Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan untuk menentukan akurasi pembacaan ketinggian air dengan membandingkan pengukuran sensor dengan pengukuran manual. Pengujian dilakukan pada enam ketinggian air yang berbeda: 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, dan 30 cm. Lima pembacaan diambil pada setiap titik uji untuk

mendapatkan nilai rata-rata, perbedaan pengukuran, dan persentase kesalahan.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik.

No	Tinggi Manual (cm)	Rata-Rata (cm)	Selisih (cm)	Error (%)
1	5	5,71	0,71	14,2
2	10	10,10	0,10	1
3	15	16,11	1,11	7,4
4	20	20,95	0,95	4,75
5	25	24,96	0,04	0,16
6	30	30,36	0,36	1,2

Berdasarkan Tabel 2, hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik HC-SR04 mampu mengukur ketinggian air dengan tingkat akurasi yang baik. Nilai kesalahan terbesar diperoleh saat pengukuran pada ketinggian air 5 cm, yaitu 14,2%. Kondisi ini disebabkan oleh karakteristik titik buta sensor HC-SR04, sehingga pada jarak yang sangat dekat gelombang ultrasonik tidak dapat dipantulkan secara optimal ke penerima. Akibatnya, akurasi pengukuran menurun dibandingkan dengan jarak yang lebih jauh.

Seiring bertambahnya jarak pengukuran, nilai kesalahan cenderung menurun sehingga pembacaan sensor menjadi lebih stabil dan lebih mendekati hasil pengukuran manual. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa sensor HC-SR04 memiliki tingkat akurasi yang baik dalam mengukur ketinggian air dalam rentang kerja tertentu [5]. Seiring bertambahnya jarak pengukuran, pembacaan sensor menjadi lebih stabil dan menunjukkan tingkat kesalahan yang lebih rendah.

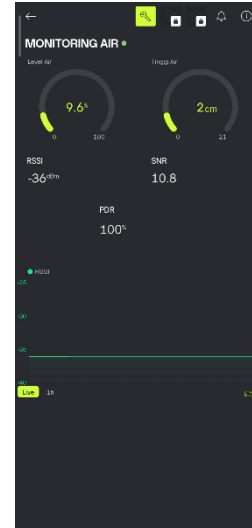
Hasil uji menunjukkan bahwa sensor HC-SR04 memiliki tingkat akurasi yang baik untuk digunakan dalam sistem pemantauan ketinggian air. Meskipun terdapat perbedaan pembacaan di beberapa titik pengujian, perbedaan tersebut masih dalam batas yang dapat diterima dan tidak memengaruhi kinerja sistem secara keseluruhan. Dengan demikian, sensor ultrasonik dianggap mampu memberikan informasi ketinggian air yang cukup akurat sebagai masukan utama untuk sistem pemantauan berbasis IoT..

3.2 Pengujian Monitoring Menggunakan Blynk IoT

Pengujian monitoring menggunakan platform Blynk IoT dilakukan untuk memastikan bahwa data hasil pengukuran level air yang diperoleh dari node *transmitter* dapat diterima dan ditampilkan secara real-time pada perangkat pengguna. Setelah data

diterima oleh node *receiver* melalui komunikasi LoRa, ESP32 mengirimkan informasi tersebut platform Blynk IoT menggunakan jaringan WiFi sehingga pengguna dapat memantau kondisi level air dari jarak jauh melalui aplikasi Blynk.

Gambar 4. Tampilan Monitoring pada Platform Blynk IoT.



Berdasarkan hasil pengujian, seluruh parameter yang dikirimkan oleh sistem ditampilkan pada aplikasi Blynk IoT sesuai dengan kondisi pengukuran yang dilakukan. Informasi seperti tinggi air, serta parameter komunikasi berupa RSSI, SNR, PDR, dan *Delay* dapat diperbarui secara berkala selama sistem terhubung ke jaringan internet. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi komunikasi LoRa dan WiFi pada sistem mampu mendukung proses monitoring secara real-time.

Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa platform Blynk IoT memberikan kemudahan dalam proses pemantauan tanpa mengharuskan pengguna berada di lokasi tandon. Dengan demikian, kondisi level air dapat diketahui secara langsung melalui perangkat bergerak maupun komputer selama tersedia koneksi internet. Kemampuan tersebut menjadikan sistem lebih fleksibel dan sesuai untuk diterapkan pada proses monitoring jarak jauh.

3.3 Pengujian Komunikasi LoRa Pengujian pada Area Jalan Raya

Pengujian komunikasi LoRa di jalan raya dilakukan untuk menentukan kinerja sistem di lingkungan dengan aktivitas kendaraan dan potensi interferensi sinyal. Pengujian dilakukan dalam kondisi Line of Sight (LOS) dengan jarak bervariasi mulai dari 50 m hingga 600 m. Parameter yang diamati meliputi nilai RSSI, SNR, PDR, dan Delay.

Tabel 3. Hasil Pengujian Komunikasi LoRa di Jalan Raya

Jarak (m)	Kondisi	RSSI (dBm)	SNR(dB)	PDR (%)	Delay (ms)
50	LOS	-106	8,3	73	260
100	LOS	-112	0,5	74	340
150	LOS	-113	3,2	76	420
200	LOS	-112	6	77	500
250	LOS	-119	3,7	78	590
300	LOS	-120	7,5	79	690
350	LOS	-121	6,7	75	810
400	LOS	-122	13,3	70	980
450	LOS	-120	9,8	66	1120
500	LOS	-120	6,5	61	1280
550	LOS	-120	13,3	55	1450
600	LOS	-	-	-	-

Menurut Tabel 3, komunikasi LoRa masih mampu mengirimkan data hingga jarak 550 meter. Namun, pada jarak 600 meter, komunikasi tidak lagi berhasil, sehingga tidak diperoleh nilai RSSI, SNR, PDR, atau Delay. Hal ini menunjukkan bahwa di lingkungan jalan raya dengan berbagai interferensi di sekitar lokasi pengujian, jangkauan komunikasi efektif sistem mencapai sekitar 550 meter.

Nilai RSSI menurun dari -106 dBm pada jarak 50 meter menjadi -120 dBm pada jarak 550 meter. Penurunan ini menunjukkan bahwa kekuatan sinyal melemah seiring bertambahnya jarak komunikasi [6]. Nilai SNR juga berfluktuasi selama pengujian, kemungkinan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan interferensi dari aktivitas di jalan raya sekitarnya.

Nilai PDR berkisar antara 55% hingga 79%, menunjukkan bahwa tidak semua paket data berhasil diterima pada setiap jarak pengujian. Tingkat keberhasilan cenderung menurun pada jarak yang lebih jauh karena pelemahan sinyal dan pengaruh lingkungan. Selain itu, nilai penundaan meningkat secara bertahap, dari 260 ms pada 50 meter menjadi 1450 ms pada 550 meter. Peningkatan penundaan ini menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan paket data untuk mencapai node penerima meningkat seiring bertambahnya jarak komunikasi.

Peningkatan penundaan pada jarak yang lebih jauh dipengaruhi oleh peningkatan waktu perambatan sinyal dan kondisi lingkungan yang dapat menyebabkan pengiriman ulang paket data.

Namun, penundaan maksimum 1,45 detik masih dalam batas yang dapat diterima untuk aplikasi pemantauan ketinggian air. Mengingat perubahan ketinggian air di waduk tidak terjadi dengan cepat, penundaan dalam transmisi data ini tidak mengurangi kemampuan sistem untuk memberikan informasi kondisi air secara real-time kepada pengguna.

Pengujian pada Area Terbuka

Pengujian lebih lanjut dilakukan di area terbuka dengan kondisi Line of Sight (LOS) untuk menentukan kinerja komunikasi LoRa di lingkungan dengan hambatan propagasi sinyal yang lebih sedikit daripada jalan raya. Jarak pengujian berkisar dari 50 meter hingga 600 meter menggunakan parameter pengujian yang sama.

Tabel 4. Hasil Pengujian Komunikasi LoRa di Area Terbuka

Jarak (m)	Kondisi	RSSI (dBm)	SNR (dB)	PDR (%)	Delay (ms)
50	LOS	-86,3	12,3	100	220
100	LOS	-98,3	10,5	100	290
150	LOS	-98,3	12,2	100	360
200	LOS	-107	7,6	100	430
250	LOS	-114	5,9	100	510
300	LOS	-114,6	5,4	100	600
350	LOS	-118	4,7	100	700
400	LOS	-120	4,7	100	830
450	LOS	-121	2,6	100	950
500	LOS	-121	2,0	98	1080
550	LOS	-122,6	1,3	97	1220
600	LOS	-124	0,6	96	1380
650	LOS	-	-	-	-

Hasil pengujian menunjukkan komunikasi LoRa yang berhasil hingga jarak 600 meter. Nilai RSSI secara bertahap menurun dari -86,3 dBm pada 50 meter menjadi -124 dBm pada 600 meter. Meskipun terjadi penurunan kekuatan sinyal, komunikasi tetap stabil sepanjang jarak pengujian.

Nilai SNR cenderung menurun seiring bertambahnya jarak, tetapi tetap berada dalam kisaran yang memungkinkan komunikasi yang stabil. Selama pengujian, nilai PDR berada dalam kisaran 96%–100%, menunjukkan bahwa hampir semua paket data berhasil diterima oleh node penerima. Nilai ini secara signifikan lebih tinggi daripada pengujian di jalan raya, menunjukkan bahwa kondisi lingkungan memengaruhi keberhasilan transmisi data [7].

Nilai penundaan meningkat dari 220 ms pada jarak 50 meter menjadi 1380 ms pada jarak 600 meter. Meskipun waktu transmisi meningkat seiring bertambahnya jarak, sistem masih mampu mengirimkan data secara terus menerus tanpa kehilangan komunikasi ke titik uji terjauh. Nilai penundaan meningkat seiring bertambahnya jarak, yang menunjukkan peningkatan waktu transmisi paket data akibat penurunan kualitas komunikasi [8].

Perbandingan Kinerja Komunikasi LoRa pada Dua Lokasi Pengujian

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kondisi lingkungan memengaruhi kinerja komunikasi LoRa. Di jalan raya, komunikasi berhasil hingga jarak maksimum 550 meter, sedangkan di area terbuka, komunikasi masih dimungkinkan hingga 600 meter. Perbedaan ini menunjukkan bahwa lingkungan dengan lebih sedikit hambatan propagasi dapat mendukung jangkauan komunikasi yang lebih baik.

Berdasarkan hasil pengujian, nilai RSSI di area terbuka cenderung lebih baik daripada di area jalan raya pada semua jarak. Selanjutnya, nilai Packet Delivery Ratio (PDR) di area terbuka berkisar antara 96–100%, sedangkan di jalan raya berkisar antara 55–79%. Hasil ini menunjukkan tingkat keberhasilan pengiriman paket data yang lebih tinggi di area terbuka, sehingga menghasilkan komunikasi yang lebih stabil.

Nilai penundaan di kedua lokasi meningkat seiring dengan peningkatan jarak komunikasi. Namun, penundaan di area terbuka relatif lebih rendah daripada di area jalan raya. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa komunikasi LoRa berkinerja lebih baik di area terbuka daripada di area jalan raya, dalam hal jangkauan komunikasi, kualitas sinyal, keberhasilan pengiriman paket data, dan waktu transmisi. Lingkungan pengujian merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kualitas komunikasi LoRa. Hambatan fisik dan interferensi di area dengan lalu lintas tinggi dapat menyebabkan pelemahan sinyal dan mengurangi tingkat keberhasilan pengiriman paket data [9].

Implementasi Sistem Pada Tandon Berkapasitas Lebih Besar

Setelah semua pengujian laboratorium selesai, sistem pemantauan ketinggian air diimplementasikan pada tangki berkapasitas lebih besar untuk mengevaluasi kinerjanya dalam kondisi penggunaan sebenarnya. Pengujian dilakukan pada tangki setinggi 86 cm menggunakan beberapa variasi ketinggian air, yang diukur secara manual dan dibandingkan dengan pembacaan sensor ultrasonik.

Tabel 5. Hasil Uji Sistem pada Tandon Berkapasitas Lebih Besar

No	Tinggi Manual (cm)	Tinggi Sensor (cm)	Selisih (cm)	Error (%)
1	15	14,2	0,8	5,33
2	25	25,7	0,7	2,80
3	45	44,2	0,8	1,78
4	50	50,6	0,6	1,20
5	65	65,6	0,6	0,92

Berdasarkan hasil uji, sistem mampu mengukur perubahan ketinggian air di setiap titik uji dengan hasil yang mendekati pengukuran manual. Perbedaan pembacaan relatif kecil dan tidak memengaruhi keseluruhan proses pemantauan. Lebih lanjut, data pengukuran berhasil ditransmisikan melalui komunikasi LoRa dan ditampilkan pada LCD dan aplikasi Blynk IoT tanpa masalah selama proses pengujian. Pengujian dalam kondisi implementasi nyata diperlukan untuk menetralkan gangguan sistem terhadap kondisi operasional aktual dan untuk memastikan bahwa sistem dapat berkinerja secara konsisten di luar lingkungan laboratorium.

Hasil implementasi ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan tidak hanya mampu bekerja pada skala laboratorium tetapi juga dapat diterapkan pada tangki berkapasitas lebih besar. Penerapan sistem dalam kondisi nyata merupakan tahapan penting dalam mengevaluasi efektivitas, keandalan, dan potensi penerapan teknologi untuk mendukung pengelolaan sumber daya air berkelanjutan [10]. Dengan demikian, sistem pemantauan ketinggian air berbasis IoT menggunakan komunikasi hybrid LoRa–WiFi berpotensi untuk diimplementasikan sebagai solusi pemantauan ketinggian air secara real-time untuk berbagai kebutuhan penyimpanan air.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, sistem pemantauan ketinggian air berbasis Internet of Things (IoT) dengan menggunakan komunikasi hybrid LoRa–WiFi berhasil dirancang dan diimplementasikan. Sensor ultrasonik HC-SR04 mampu mengukur ketinggian air dengan tingkat akurasi yang baik, ditunjukkan dengan nilai error yang relatif rendah pada setiap titik pengujian. Hasil pengujian komunikasi LoRa menunjukkan bahwa kinerja sistem dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, dimana area terbuka memberikan kualitas komunikasi yang lebih baik dibandingkan area jalan raya berdasarkan nilai RSSI, PDR, dan Delay. Selain itu, sistem berhasil diterapkan di waduk berkapasitas lebih besar dan mampu memantau

ketinggian air secara real-time melalui platform Blynk IoT. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan berpotensi untuk diterapkan sebagai solusi pemantauan ketinggian air dalam berbagai aplikasi yang memerlukan pemantauan jarak jauh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. J. A. M. Sayor, N. T. Shishir, B. B. Barmon, S. Ahemed, and M. M. Rahman, "IoT-driven real-time weather measurement and forecasting mobile application with machine learning integration," *Array*, vol. 27, no. September 2024, p. 100474, 2025, doi: 10.1016/j.array.2025.100474.
- [2] M. A. Izzulhaq, R. T. Widodo, and H. Oktavianto, "LoRa-Based IoT Recommendations for Surabaya City Drainage Channel Using Multi-Node Multi-Hop Communication," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 21, no. 2, pp. 52–63, 2025, doi: 10.17529/jre.v21i2.45095.
- [3] A. P. Sinaga, I. Syahputra, Melati, and Nurbaiti, "Optimalisasi Jaringan Wifi (Wireless Fidelity) sebagai Fasilitas Pendukung Akademik Mahasiswa (Studi Kasus di UINSU)," *Cognoscere J. Komun. dan Media Pendidik.*, vol. 2, no. 4, pp. 18–25, 2024, doi: 10.61292/cognoscere.244.
- [4] R. L. Muhammad, T. Setiadi, and I. S. Suasana, "A Web-Based Ultrasonic Sensor-Based Water Level Measurement System in the Water Reservoir at Diponegoro Vocational School (Case Study at Diponegoro Vocational School)," *J. Ilm. Sist. Inf.*, vol. 4, no. 3, pp. 792–801, 2025, doi: 10.51903/hcea2a62.
- [5] A. N. Az-Zikri, S. Indriyanto, and A. Wicaksono, "Perancangan Prototipe Sistem Monitoring Level Air Tandon Berbasis Internet of Things (Iot) Menggunakan Sensor Ultrasonik Jsn-Sr04T," *J. SINTA Sist. Inf. dan Teknol. Komputasi*, vol. 2, no. 1, pp. 13–22, 2025, doi: 10.61124/sinta.v2i1.38.
- [6] M. S. D. Nubatonis, H. F. J. Lami, and S. I. Pella, "Kualitas Sinyal Dan Kinerja Jaringan Data Antar Lora Gateway Rfm95," *J. Ilm. Flash*, vol. 9, no. 1, p. 37, 2023, doi: 10.32511/flash.v9i1.1071.
- [7] A. Ramadhani, Z. Alaudin, F. J. Aridha, A. Rusdinar, and A. Z. Fuadi, "Data Komunikasi Secara Real Time Menggunakan Lora Berbasis Internet of Things Untuk Pembuatan Weather Station Real Time Communication Data Using Lora Based Internet of Things for Weather Station," *J. Elektro Telekomun. Terap.*, vol. 8, no. 1, pp. 1007–1009, 2021, [Online]. Available: <https://doi.org/10.25124/jett.v8i1.4130>
- [8] N. Ramdansyah, S. Utami, and R. Ariwibowo, "Design of Lora-Based River and Reservoir Water Level Monitoring System Using Firebase at PDAM Bangodua Indramayu Branch," *Asian J. Eng. Soc. Heal.*, vol. 4, no. 9, pp. 1575–1585, 2025, [Online]. Available: <https://ajesh.ph/index.php/gp>
- [9] N. Adilah and N. Z. Ahmad, "Home Water Tank Monitoring," *J. Comput. Technol. Creat. ...*, vol. 5, no. August, pp. 47–53, 2020, [Online]. Available: <http://jtec.org.my/index.php/JTeC/article/view/245%0Ahttp://jtec.org.my/index.php/JTeC/article/download/245/63>
- [10] R. W. Arjuna, Aleksander Purba, "Prosiding Seminar Nasional Insinyur Profesional (SNIP)," *Jl. Lingk. Timur*, vol. 3, no. 9, pp. 8–16, 2023.