

Hardware Realization of Long Range (LoRa) Based Telemetry System for Aquaculture Monitoring

Bagas Prasetyo^{a,1}, Purno Tri Aji^{a,2,*}

^a Department of Electrical and Electronic Engineering, Vocational Faculty, UNY

¹ bagasprasetyo.2019@gmail.com; ² purno.tri@uny.ac.id

* Corresponding Author

ARTICLE INFO

Article History

Received 27 Sept. 2023

Revised 30 Oct. 2023

Accepted 25 Dec. 2023

Keywords

Telemetry,
LoRa,
Ultrasonic,
TDS meter,
Fish Farming.

ABSTRACT

Freshwater fish farming must pay attention to the condition of the water content in the pond and the water quality in the pond. Fish will feel comfortable if the efficiency of oxygen levels and pond water content is maintained. Freshwater fish farming needs to optimize crop yields so as not to get losses. The problem that is often encountered is that many fish die in the pond due to lack of water. Irrigation channels leading to fishponds experience blockages. The smoothness of the irrigation channel affects the volume of water in the pond. Blockage of irrigation channels is usually due to garbage trapped in irrigation, causing dirty water to settle and water sequestration to occur in the pond. This tool system aims to improve water quality and increase the efficiency of oxygen levels by using TDS and ultrasonic sensors. The parameter value on the sensor affects the work of the tool actuator. The tool actuator is a water pump that is used as a substitute for irrigation channels and an aerator motor to increase dissolved oxygen in water by moving the propeller on the surface of the pond water. Wireless technology is used for data communication. Because the land of freshwater fish farming ponds is a large area and is far from settlements, wireless communication is suitable for enabling easy and fast access to information and services. In this research, the testing methods used are functional testing and system performance testing. Functional testing is used to prove whether the system that has been implemented can meet the requirements of operational functions as planned. System performance testing is intended to monitor several parameters that can show the ability and reliability of the system in carrying out its operational functions. The result of the overall test is the LoRa communication distance that can communicate up to about 1000 meters, proving that LoRa technology has a strong enough ability in terms of range wireless communication. The PLE (Path Loss Exponent) of the LoRa module with 100 meters in LoS (indoor) conditions is 7.77, while in nLoS conditions in obstructed in-building, it is 10.13. The average error of the ultrasonic sensor type JSN SR-04T is 0.16% and has a difference of ± 1 cm. The TDS sensor with dissolved pool water content has an average value of 142.6 ppm with an error value of 1.05%. The PDAM water content has an average value of 112.1 ppm with a sensor value of 1.38%. The water content of the lime and detergent mixture has the highest observed ppm value, which is an average of 737.33 ppm, with a sensor error of 0.14%. The water pump activates when the pool water is low (when the ultrasonic distance reaches 60 cm), and the aerator activates when the water content is contaminated (when the TDS sensor value exceeds 500 ppm).

Budidaya ikan air tawar harus memperhatikan kondisi isi air dalam kolam dan kualitas air pada kolam. Ikan akan merasa nyaman apabila efisiensi kadar oksigen dan isi air kolam tetap terjaga. Budidaya ikan air tawar perlu mengoptimalkan hasil panen agar tidak mendapatkan kerugian. Permasalahan yang sering dijumpai yaitu banyaknya ikan mati akibat dari kekurangan air karena kolam yang kurang terkontrol. Saluran irigasi yang menuju ke kolam ikan mengalami penyumbatan. Kelancaran saluran irigasi berpengaruh pada volume air yang ada di kolam. Penyumbatan saluran irigasi biasanya disebabkan sampah yang terjebak dalam saluran irigasi, sehingga menyebabkan air kotor mengendap serta terjadi penyurutan air di kolam. Pada sistem alat ini bertujuan untuk memperbaiki kualitas air dan meningkatkan efisiensi kadar oksigen dengan menggunakan sensor TDS dan ultrasonik. Nilai parameter pada sensor tersebut berpengaruh pada kerja aktuator alat. Aktuator alat berupa pompa air yang digunakan sebagai pengganti saluran irigasi serta motor aerator untuk meningkatkan oksigen terlarut dalam air dengan menggerakkan baling-baling di permukaan air kolam. Teknologi nirkabel (wireless) digunakan untuk komunikasi data. dikarenakan lahan kolam budidaya ikan tawar memiliki area yang luas dan jauh dari pemukiman, sehingga komunikasi nirkabel cocok digunakan untuk memungkinkan akses yang mudah dan cepat terhadap informasi dan layanan. Dalam penelitian ini, metode pengujian yang digunakan yaitu pengujian fungsional dan pengujian unjuk kerja sistem. Pengujian fungsional digunakan untuk membuktikan apakah sistem yang telah diimplementasikan dapat memenuhi persyaratan fungsi operasional seperti yang direncanakan. Pengujian unjuk kerja sistem dimaksudkan untuk memantau beberapa parameter yang dapat menunjukkan kemampuan dan keandalan sistem dalam menjalankan fungsi operasionalnya. Hasil dari pengujian keseluruhan adalah jarak komunikasi LoRa yang dapat berkomunikasi hingga sekitar 1000 meter, membuktikan bahwa teknologi LoRa memiliki kemampuan yang cukup kuat dalam hal jangkauan komunikasi nirkabel. Nilai PLE (Path Loss Exponent) modul LoRa dengan jarak 100 meter pada kondisi LoS (indoor) sebesar 7,77 sedangkan pada kondisi nLoS dalam hambatan bangunan (obstructed in-building) sebesar 10,13. Untuk rata-rata error sensor ultrasonik tipe JSN SR-04T adalah 0,16% dan memiliki selisih ± 1 cm. Sensor TDS dengan kandungan terlarut dari air kolam memiliki nilai rata-rata 142,6 ppm dengan nilai error 1,05%. Kandungan air PDAM memiliki nilai rata-rata 112,1 ppm dengan nilai sensor 1,38%. Kandungan air campuran kapur dan deterjen memiliki pengamatan nilai ppm tertinggi yaitu rata-rata 737,33 ppm dengan error sensor 0,14%. Pompa air aktif saat air kolam rendah (saat jarak ultrasonik mencapai 60 cm) dan aerator aktif saat kandungan air terkontaminasi (ketika nilai sensor TDS melebihi 500 ppm).

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



1. Pendahuluan

Penggunaan perairan sebagai sumber makanan dimanfaatkan manusia sejak zaman dahulu. Budidaya perikanan atau akuakultur adalah pengelolaan perkembangan organisme akuatik untuk tujuan memenuhi kebutuhan konsumsi manusia [1].

Teknologi akuakultur menjadi salah satu alternatif yang menjanjikan untuk memenuhi kebutuhan protein hewani manusia dan mengurangi tekanan pada sumber daya ikan di laut. Dengan menggunakan teknologi yang tepat, budidaya ikan, udang, atau spesies air lainnya dapat dilakukan secara efisien dan berkelanjutan.

Teknologi akuakultur berkembang karena kebutuhan manusia akan sumber protein hewani.

Untuk itu penerapan ini bertujuan untuk memperbaiki kualitas air dan meningkatkan efisiensi kadar oksigen. Selain itu, perkembangan teknologi dan pengetahuan tentang cara memanfaatkan lingkungan air yang terkontrol juga memungkinkan budidaya ikan, atau spesies air lainnya dalam kualitas yang lebih baik. Pemanfaatan teknologi modern dapat berperan penting dalam meningkatkan produksi ikan, termasuk melalui penerapan teknologi budidaya ikan air tawar di perairan umum, terutama kolam atau waduk [2].

Perkembangan teknologi dimanfaatkan oleh banyak orang dalam pembuatan sistem alat yang bekerja secara otomatis, salah satunya diterapkan oleh pembudidaya ikan air tawar, dalam upaya meningkatkan hasil panen serta menjaga kualitas bibit ikan unggul, sebab banyak pembudidaya ikan air tawar mengalami hambatan dalam usahanya, yaitu hasil kurang optimal atau ikan banyak yang mati diakibatkan kekurangan air dan tipisnya sirkulasi kadar oksigen di air serta pergerakan arus air. Dari permasalahan tersebut dapat disimpulkan penyebabnya merupakan saluran irigasi dari sumber aliran sungai ke kolam mengalami penyumbatan sehingga menyebabkan surutnya air di dalam kolam [3].

Banyak petani ikan di Indonesia mengandalkan aliran sungai sebagai satu-satunya sistem irigasi untuk kolam mereka. Oleh karena itu, sistem ini menjadi tidak efektif karena pengaturan irigasi hanya didasarkan pada arus aliran air irigasi. Kadar larutan air atau kandungan air dalam kolam juga menjadi permasalahan yang sering terjadi, kandungan air mengalami perubahan sesuai aliran dari sungai sumber irigasi yang terjadi di lingkungan sekitar. Hal ini mengakibatkan ikan-ikan yang berada di dalam kolam mengalami kekurangan oksigen karena kurang pergerakan air [4].

Teknologi akuakultur bertujuan memudahkan pekerjaan petani ikan, pekerjaan yang dilakukan secara manual bisa dikerjakan secara otomatis sebagai contoh melakukan pengawasan kolam ikan secara langsung bisa lebih mudah dilakukan pemantauan secara online atau real-time dengan memanfaatkan teknologi. Penelitian ini dilakukan untuk menangani permasalahan di atas, diperlukan sensor guna menganalisa kondisi lingkungan kolam ikan. Sensor yang digunakan adalah sensor pendeteksi jarak air kolam yang berfungsi membaca nilai ketinggian air agar sistem irigasi dapat dilakukan secara otomatis sesuai dengan kebutuhan kolam ikan. Sensor TDS meter juga digunakan sebagai pengukur nilai kandungan larutan padat air didalam kolam, nilai data kandungan ini digunakan untuk mengaktifkan motor aerator yang bertugas menggerakkan air supaya oksigen pada air tetap terjaga [5].

Teknologi nirkabel (wireless) digunakan untuk komunikasi data dalam konteks ini. Karena lahan kolam budidaya ikan tawar memiliki area yang luas dan jauh dari pemukiman, sehingga komunikasi nirkabel cocok digunakan untuk memungkinkan akses yang mudah dan cepat terhadap informasi dan layanan.

2. Pendekatan Pemecahan Masalah

2.1. Telemetri Komunikasi Nirkabel (*Wireless*)

Telemetri mengacu pada proses komunikasi yang bertujuan untuk mengumpulkan dan mengirimkan data dari suatu objek ke tempat lokasi lain, yang menggunakan perantara kabel maupun teknologi nirkabel (wireless). Dalam implementasinya penggunaan sistem nirkabel, yang sering diterapkan dalam berbagai sektor industri sebagai contoh, pengukuran data sensor yang diambil dari lokasi yang jauh atau sulit dijangkau oleh manusia, seperti lingkungan yang berisik atau terpencil [6].

Komunikasi nirkabel merupakan suatu proses untuk mentransfer data secara jarak jauh tanpa menggunakan bantuan kabel atau media penghantar listrik. Rentang jarak yang dapat dicakup oleh komunikasi nirkabel sangat bervariasi, mulai dari jarak pendek seperti yang digunakan pada remote TV, hingga jarak ribuan hingga jutaan kilometer untuk komunikasi radio.

2.2. Metode Penelitian

Metode tahapan dalam perancangan alat dimana langkah pertama adalah mengidentifikasi kebutuhan untuk alat yang akan dibuat. Setelah kebutuhan teridentifikasi, langkah selanjutnya

adalah menganalisis kebutuhan tersebut untuk menentukan komponen yang diperlukan secara spesifik. Kemudian, tahap perancangan perangkat keras dan lunak dilakukan sebelum alat dibuat dan diuji.

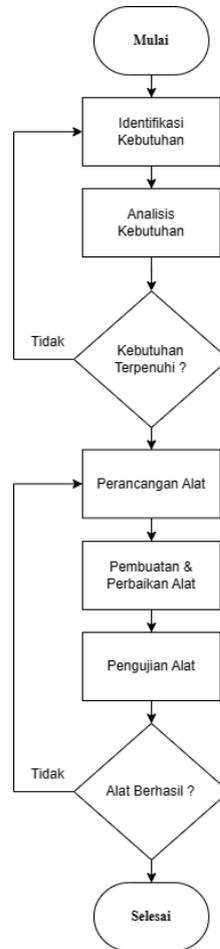


Fig. 1. Diagram alur penelitian

Berdasarkan spesifikasi sistem alat yang telah direncanakan sebelumnya, langkah selanjutnya melakukan pengujian terhadap sistem dengan menggunakan beberapa metode pengujian. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memverifikasi apakah sistem yang telah diimplementasikan telah sesuai dengan spesifikasi yang telah direncanakan sebelumnya. Hasil dari pengujian akan digunakan untuk meningkatkan kinerja sistem dan juga sebagai dasar untuk pengembangan lebih lanjut.

Metode pengujian yang digunakan disesuaikan dengan fungsi operasional dan berbagai parameter yang ingin diketahui dari sistem tersebut. Data yang diperoleh dari metode pengujian yang dipilih akan memberikan informasi yang penting untuk melakukan perbaikan atau penyempurnaan sistem. Dalam penelitian ini digunakan dua macam metode pengujian, yaitu pengujian fungsional dan pengujian unjuk kerja sistem. Pengujian fungsional digunakan untuk membuktikan apakah sistem yang telah diimplementasikan dapat memenuhi persyaratan fungsi operasional seperti yang direncanakan. Pengujian unjuk kerja sistem dimaksudkan untuk memantau beberapa parameter yang dapat menunjukkan kemampuan dan keandalan sistem dalam menjalankan fungsi operasionalnya.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Rancang Bangun Sistem Telemetri Berbasis *Long Range* (LoRa) Untuk Monitoring Budidaya Ikan

Hasil alat dari rancang bangun sistem telemetri berbasis *Long Range* (LoRa) untuk monitoring budidaya ikan,

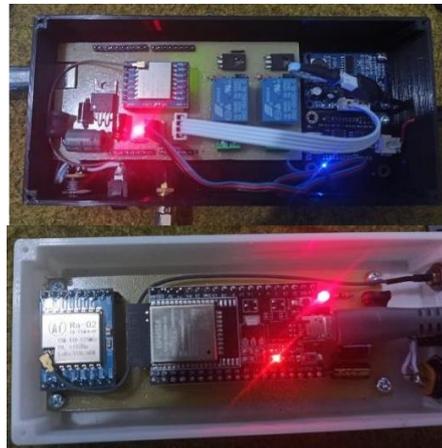


Fig. 2. Perangkat *Transmitter* dan *Receiver*

3.2. Hasil Uji Komunikasi Nirkabel LoRa

Parameter Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan jarak yang optimum saat penempatan dan penggunaan modul LoRa di lahan kolam budidaya ikan ke titik lokasi tempat yang telah ditentukan, serta pengujian fungsional modul LoRa ketika kondisi sinyal tidak terdapat halangan, ketika lahan kolam ikan memiliki hambatan halangan sinyal yang dapat mengganggu saat sinyal komunikasi melakukan unjuk kerja sinyal LoRa yang dipancarkan. Untuk menguji jarak komunikasi, hal yang dilakukan pertama observasi tempat yang akan diamati, jarak diukur menggunakan program Google Earth di perangkat, dan data yang telah dikumpulkan yaitu berjarak 100 meter, 500 meter, dan 1000 meter.

Table 1. Data Pengujian Ambang Batas Jarak Komunikasi LoRa

Jarak Maksimal LoRa Ra-02			
No.	Lokasi	RSSI (dBm)	SNR (dB)
1	Jarak ± 100 Meter	-90 dBm	9 dB
		-95 dBm	8 dB
		-96 dBm	7 dB
		-96 dBm	8 dB
		-95 dBm	8 dB
	Rata-rata	-94,4 dBm	8 dB
2	Jarak ± 500 Meter	-112 dBm	2 dB
		-113 dBm	3 dB
		-111 dBm	2 dB
		-102 dBm	4 dB
		-105 dBm	4 dB
	Rata-rata	-108,6 dBm	3 dB
3	Jarak ± 1000 Meter	-123 dBm	1 dB
		-121 dBm	-2 dB
		-122 dBm	-2 dB

	-127 dBm	-6 dB
	-132 dBm	-8 dB
Rata-rata	-125 dBm	-3,4 dB

Setelah melakukan pengujian jarak maksimal komunikasi modul LoRa Ra-02, hasil yang diperoleh mengindikasikan bahwa kualitas sinyal komunikasi menurun secara signifikan ketika jarak antara pengirim dan penerima melebihi jarak tertentu. Pada jarak yang lebih dekat, sinyal yang dikirim oleh pengirim biasanya lebih kuat dan lebih mudah dijangkau oleh penerima. Seiring jarak meningkat, sinyal dapat mengalami redaman (attenuation) akibat hambatan fisik dan gangguan di sekitar lingkungan. Hasil nilai rata-rata RSSI dan SNR yang telah diuji antara lain yakni jarak 100 meter dengan nilai RSSI -94,4 dBm dan SNR 8 dB, Jarak 500 meter nilai RSSI -108,6 dBm dan SNR 3 dB, dan Jarak kurang lebih 1000 meter memiliki nilai RSSI -125 dBm dan SNR -3,4 dB.



Fig. 3. Peta Satelit Lokasi Pengujian RSSI LoRa Ra-02

3.3. Hasil Uji Jarak Terhadap PLE (Path Loss Exponent)

Pengujian persamaan path loss yang menggambarkan redaman sinyal radio saat merambat dari pemancar ke penerima. kondisi nLoS (*Near Line of Sight*) kondisi terdapat hambatan dan jarak kondisi LoS (*Line of Sight*) kondisi tidak ada hambatan dengan jarak 100 meter. Bertujuan untuk memahami dan mengukur seberapa cepat sinyal radio atau gelombang elektromagnetik menurun atau melemah ketika bergerak melalui media transmisi tertentu dalam jarak yang berbeda. *Path Loss Exponent* suatu parameter yang digunakan untuk menggambarkan karakteristik perambatan gelombang radio di lingkungan nirkabel.

Table 2. Data Hasil Pengujian PLE Jarak LoRa kondisi nLoS

Jarak Komunikasi Transmitter - Receiver LoRa LoS			
No.	Lokasi Jarak	RSSI (dBm)	SNR (dB)
1	5 Meter	-97 dBm	8 dB
2	10 Meter	-101 dBm	8 dB
3	15 Meter	-103dBm	7 dB
4	20 Meter	-105dBm	6 dB
5	25 Meter	-105dBm	8 dB
6	50 Meter	-108 dBm	4 dB
7	60 Meter	-108 dBm	5 dB
8	70 Meter	-107 dBm	5 dB
9	80 Meter	-108 dBm	4 dB
10	90 Meter	-109 dBm	2 dB
11	100 Meter	-111 dBm	2 dB
	Rata - rata	-105,63 dBm	5,36 dB

Hasil pengujian unjuk kerja nilai nLoS jarak sampel 100 meter, dari data diatas dapat diperoleh

nilai rata-rata RSSI -105,63 dBm dan rata-rata SNR 5,36 dB. Dengan nilai PLE deviasi redaman sinyal yang dihasilkan dengan rumus sebesar 10,13



Fig. 4. Peta Satelit Lokasi Pengujian nLoS LoRa Ra-02

Hasil pengujian hasil yang diperoleh dari pengujian nilai PLE persamaan path loss redaman sinyal radio saat merambat dari pemancar ke penerima bekerja dengan baik sesuai kinerja daya penurunan kekuatan sinyal saat sinyal radio atau gelombang elektromagnetik. Nilai PLE sangat tergantung dari pengaruh kondisi fisik lingkungan dan kepadatan penghalang.

Table. 3. Hasil Pengujian PLE Jarak LoRa kondisi LoS

Jarak Komunikasi Transmitter - Receiver LoRa LoS			
No.	Lokasi Jarak	RSSI (dBm)	SNR (dB)
1	5 Meter	-66 dBm	9 dB
2	10 Meter	-68 dBm	8 dB
3	15 Meter	-82 dBm	9 dB
4	20 Meter	-74 dBm	6 dB
5	25 Meter	-79 dBm	8 dB
6	50 Meter	-85 dBm	4 dB
7	60 Meter	-101 dBm	5 dB
8	70 Meter	-107 dBm	4 dB
9	80 Meter	-107 dBm	4 dB
10	90 Meter	-103 dBm	2 dB
11	100 Meter	-113 dBm	2 dB
Rata - rata		-105,63 dBm	-89,55 dBm

Hasil pengujian unjuk kerja nilai nLoS jarak sampel 100 meter, dari data diatas dapat diperoleh nilai rata-rata RSSI -89,55 dBm dan rata-rata SNR 5,54 dB. Dengan nilai PLE deviasi redaman sinyal yang dihasilkan dengan rumus sebesar 7,77.



Fig. 5. Peta Satelit Lokasi Pengujian LoS LoRa Ra-02

3.4. Hasil Uji Sensor Ultrasonik JSN-SR04T

Pengujian sensor ultrasonik untuk mengetahui sistem kerja sensor yang mendeteksi adanya pantulan pada permukaan air, berfungsi untuk mendeteksi kadar air yang tersisa pada kolam ikan dengan hasil perbandingan antara alat ukur meteran dengan sensor ultrasonic.

Table 4. Data Sensor Ultrasonik JSN-SR04 T

Data Sensor Ultrasonik JSN SR-04 T Terhadap Permukaan Air								
No.	Meteran (Cm)	Percobaan Hasil Sensor (Cm)					Hasil rata-rata (Cm)	Error (%)
		Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5		
1	10	10	10	10	10	10	10	0
2	20	20	20	20	20	20	20	0
3	30	30	30	30	30	30	30	0
4	40	40	40	40	40	40	40	0
5	50	51	50	50	50	50	50,2	0,40
6	60	60	60	60	60	60	60	0
7	70	69	70	70	69	70	69,6	0,57
8	80	80	80	80	80	80	80	0
9	90	90	90	90	91	90	90,2	0,22
10	100	100	98	99	100	100	99,4	0,60
Rata – rata Error Sensor								0,17

Berdasarkan pengujian terhadap sensor ultrasonik bekerja dengan baik saat dilakukan pengujian dengan cara membandingkan nilai data jarak sensor dengan alat ukur meteran dari berbagai kondisi ketinggian. Pengujian dilakukan 5 kali percobaan sesuai acuan jarak dari alat ukur meteran (dari ketinggian permukaan 10 cm sampai dengan 100 cm). Hasil uji memperlihatkan rata-rata error sensor ultrasonik tipe JSN SR-04T adalah 0,16% dan memiliki selisih ± 1 cm. Hasil ini sesuai dengan keterangan dari spesifikasi datasheet sensor yang menyatakan selisih akurasi jarak adalah 1 cm.

3.5. Hasil Uji Sensor TDS Meter

Pengujian sensor TDS Meter untuk mengetahui kadar nilai kandungan pada air yang terlarut yang disebabkan kondisi lingkungan sekitar kolam, pengujian dilakukan dengan membandingkan data dari sensor TDS meter dengan TDS Meter 3 (*hold*).

Table 5. Data Hasil Pengujian Sensor TDS Meter Air Kolam

Data Sensor TDS Meter					
Larutan	Pengujian	Hasil Pembacaan		Hasil	
		TDS-3 Meter	TDS Sensor	Selisih	Error (%)
Kandungan Larutan Air Kolam	1	141 ppm	143 ppm	2	1,41
	2	141 ppm	143 ppm	2	1,41
	3	142 ppm	142 ppm	0	0
	4	142 ppm	142 ppm	0	0
	5	142 ppm	142 ppm	0	0
	6	141 ppm	142 ppm	1	0,7
	7	141 ppm	142 ppm	1	0,7
	8	141 ppm	144 ppm	3	2,1
	9	141 ppm	144 ppm	3	2,1
	10	141 ppm	144 ppm	3	2,1
Rata-rata		142,2 ppm	142,6 ppm	1,5	1,05

3.6. Hasil Uji Unjuk Kerja Keseluruhan

Pengujian untuk mengetahui keberhasilan proyek akhir dengan cara melihat unjuk kinerja dari alat tersebut. Hal-hal yang perlu diamati dari pengujian alat ini pada bagian input sensor, output aktuator, dan transmisi data komunikasi.

Table. 6. Data Hasil Pengujian Unjuk Kerja Keseluruhan Proyek Akhir

Pengukuran Pengkondisian Kolam Keseluruhan Alat							
No.	Sensor Jarak Ultrasonik (cm)	Sensor TDS Air (ppm)	Indikator Aktuator		Jarak Komunikasi (meter)	Komunikasi	
			Pompa Air	Aerator		Transmitter RSII (dBm)	Receiver SNR (dB)
1	10	108	Hidup	Mati		-58	9
2	14	101	Hidup	Mati		-62	9
3	22	117	Hidup	Mati		-71	8
4	25	126	Hidup	Mati	± 10	-74	9
5	31	134	Hidup	Mati		-71	8
6	37	143	Hidup	Mati		-82	5
7	39	140	Hidup	Mati		-86	4
8	50	140	Mati	Mati		-90	4
9	57	141	Mati	Mati		-92	2
11	68	315	Mati	Mati	± 100	-113	3
12	72	312	Mati	Mati		-112	2
13	75	295	Mati	Mati		-112	2
14	80	591	Mati	Hidup		-111	1
15	88	720	Mati	Hidup		-120	-3
16	92	602	Mati	Hidup	± 500	-117	1
17	95	725	Mati	Hidup		-111	-1
18	100	811	Mati	Hidup		-121	-2

Setelah diuji, hasil pengujian menunjukkan bahwa alat berfungsi sesuai standar yang telah ditetapkan. Evaluasi performa Rancang Bangun Sistem Telemetry Berbasis Long Range (LoRa) untuk Memantauudidaya Ikan mencakup tiga komponen utama: Proses Mikrokontroler, Input Sensor, dan Output Aktuator. Bagian input dengan sensor ultrasonik JSN untuk mengukur ketinggian air dan sensor TDS meter untuk mengukur kandungan larutan air yang terkontaminasi telah berjalan dengan baik dan sesuai sistem. Mikrokontroler Arduino Uno pada proses memproses data sensor dan mengendalikan aktuator, termasuk mengaktifkan pompa air dan motor aerator. Bagian output melibatkan modul relay yang mengendalikan pompa air dan aerator. Pengujian berhasil mengkonfirmasi pengendalian berdasarkan data sensor input, di mana pompa air diaktifkan saat air kolam rendah (saat jarak ultrasonik mencapai 60 cm) dan aerator diaktifkan saat kandungan air terkontaminasi (ketika nilai sensor TDS melebihi 500 ppm). Modul LoRa, sebagai bagian dari komponen komunikasi, berfungsi sebagai perantara dalam komunikasi jarak jauh antara end-node pengirim dan gateway. Implementasi sistem komunikasi berhasil menciptakan pemantauan kondisi kolam ikan melalui sistem komunikasi jarak relatif jauh.

4. Kesimpulan

Dalam pembuatan sistem perangkat keras dilakukan perancangan menggunakan software proteus, skematik desain yang telah dirancang sesuai dengan jalur pin kaki dilakukan perakitan komponen. Pembuatan PCB untuk menghubungkan berbagai komponen. Sistem alat ini menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dengan sensor ultrasonic dan TDS yang dijadikan sebagai node sensor. Arduino uno sebagai pengirim (*transmitter*) dan mikrokontroler Node-Mcu Esp32 sebagai penerima (*receiver*). Sensor ultrasonic untuk menentukan jarak dan TDS untuk mendeteksi kandungan air. Perangkat pertama pengirim terdiri dari parameter output dan input

yaitu sensor dan aktuator berupa pompa air dan motor aerator. Perangkat kedua penerima sebagai *gateway* untuk menerima data dan mengirimkan data ke webserver. Pengirim dan penerima menjadi inti dari sistem ini, di mana mikrokontroler berperan sebagai otak yang mengontrol proses pengiriman dan penerimaan data, serta memastikan kestabilan, dan mengoptimalkan kinerja keseluruhan sistem.

Hasil uji fungsi kinerja dari level kapasitas jarak tempuh komunikasi modul LoRa Ra-02, memakai antena jenis pole 10 Cm rubber 3.0 dBi 433 MHz, komunikasi nirkabel LoRa dapat mencapai jarak maksimal sekitar 1000 meter. Akan tetapi, hasil ini berbeda dengan jarak ambang batas spesifikasi LoRa tipe Ra-02 yang dapat mencapai jarak hingga 3000 meter, hal ini disebabkan pengaruh pada lingkungan dan situasi operasional. Hasil pengukuran jarak komunikasi 100 meter memiliki rata-rata RSSI 94,4 dBm dan SNR 8 dB, di jarak 500 meter nilai RSSI 108,6 dBm dan SNR 3 dB, dan jarak maksimal dari komunikasi yang saling terhubung yaitu jarak 1000 meter dengan nilai rata-rata RSSI -123 dBm dan nilai SNR -3,4 dB. Nilai parameter PLE (Path Loss Exponent) besarnya daya sinyal yang hilang dalam suatu jaringan komunikasi dari komunikasi LoRa Ra-02 dalam performa dan kinerja jarak 100 meter kondisi LoS dan nLoS dari modul komunikasi yang telah diuji menghasilkan PLE pada kondisi LoS sebesar 7,77 dan kondisi nLoS 10,13. Untuk rata-rata error sensor ultrasonik tipe JSN SR-04T adalah 0,16% dan memiliki selisih ± 1 cm. Sensor TDS dengan kandungan terlarut dari air kolam memiliki nilai rata-rata 142,6 ppm dengan nilai error 1,05%. Kandungan air PDAM memiliki nilai rata-rata 112,1 ppm dengan nilai sensor 1,38%. Kandungan air campuran kapur dan deterjen memiliki nilai ppm tertinggi yaitu rata-rata 737,33 ppm dengan error sensor 0,14%.

Unjuk kerja keseluruhan dari rancang bangun sistem telemetri berbasis *Long Range* (LoRa) untuk monitoring budidaya ikan memperlihatkan hasil yang baik. Sistem ini berhasil memantau dan mengirimkan data kondisi kolam ikan dalam jarak tempuh relative jauh. Dengan menggunakan teknologi komunikasi LoRa, sistem telemetri ini menunjukkan kinerja yang konsisten dan dapat diandalkan. Hasilnya menunjukkan bahwa data sensor dapat dikirimkan secara tepat sesuai data yang telah diperoleh. Dalam keseluruhan proyek akhir, sistem data sensor ultrasonik dan sensor TDS meter sebagai parameter pengkondisian kolam ikan, untuk mengaktifkan output aktuator secara otomatis telah berhasil. Keberhasilan ini menegaskan potensi alat proyek akhir yang dihasilkan dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi monitoring budidaya ikan.

References

- [1] D. W. Hadie, D. L. E. Hadie, and D. A. Supangat, "Teknik Budidaya Ikan," *Keteknikan Budid. Ikan*, pp. 1–46, 2005.
- [2] N. Nursobah, S. Salmon, S. Lailiyah, and S. W. Sari, "Prototype Sistem Telemetri Suhu Dan Ph Air Kolam Budidaya Ikan Air Tawar (Ikan Nila) Berbasis Internet of Things (Iot)," *Sebatik*, vol. 26, no. 2, pp. 788–797, 2022, doi: 10.46984/sebatik.v26i2.2053.
- [3] J. E. Dapartemen, B. Perairan, F. Perikanan, I. Kelautan, and I. Pertanian Bogor, "Teknologi Biotlok: Teori dan Aplikasi dalam Perikanan Budidaya Sistem Intensif Bioflocs Technology: Theory and Application in Intensive Aquaculture System," *Jurnal Akuakultur Indones.*, vol. 8, no. 2, pp. 117–126, 2009.
- [4] Gusrina, "Budidaya Ikan Untuk SMK," p. 499, 2008.
- [5] Y. Irawan, A. Febriani, R. Wahyuni, and Y. Devis, "Water quality measurement and filtering tools using Arduino Uno, PH sensor and TDS meter sensor," *J. Robot. Control*, vol. 2, no. 5, pp. 357–362, 2021, doi: 10.18196/jrc.25107.
- [6] S. Harianto, A. B. Setiawan, and A. P. Sari, "Studi Tentang Penggunaan Metode Scanning Pada Sistem Telemetri Pendeteksi Kerusakan Air Conditioner Kendaraan," *J. Elektr.*, vol. 01, no. 01, p. 47, 2017.