

Rancang Bangun Alat *Smart Aquaculture* menggunakan Modul *Long Range (LoRa)* di Balai Benih Ikan Ciganjur

Ilham Satria Lubis¹ dan Mohammad Fathurahman²

^{1,2}Politeknik Negeri Jakarta, Jurusan Teknik Elektro, Prodi Broadband Multimedia
Jl. Prof. DR. G.A Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

E-mail: ilham.satrialubis.te21@mhs.wpnj.ac.id

Abstrak

Penelitian ini mengembangkan sistem *Smart Aquaculture* berbasis komunikasi *Long Range (LoRa)* yang diterapkan di Balai Benih Ikan (BBI) Ciganjur. Sistem ini dirancang untuk memantau dan mengendalikan kualitas air kolam secara real-time, efisien, serta terintegrasi guna mendukung pengelolaan kolam yang lebih modern dan berkelanjutan. Komponen sistem terdiri dari sisi transmitter yang menggunakan Arduino Mega 2560, sensor pH, sensor suhu, sensor turbidity, sensor TDS, serta aktuatur berupa pompa, pemanas, dan kipas sebagai bagian dari sistem kontrol otomatis. Sisi receiver menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan database MySQL sebagai pusat penyimpanan dan pengolahan data. Sistem mampu beroperasi dalam jangkauan maksimal 1,3 km (*Line of Sight/LOS*) dan 500 meter (*Non-Line of Sight/NLOS*). Hasil pengujian menunjukkan sensor pH mencatat rata-rata 4,06 pada air asam dan 6,98 pada air basa, dengan error maksimum 2,34%. Sensor suhu mencatat 27,23°C (*normal*), 24,15°C (*dingin*), dan 29,18°C (*panas*), dengan error maksimum 1,25%. Sensor TDS mencatat 144,28 ppm (*mineral*), 82,84 ppm (*isi ulang*), dan 201,96 ppm (*keran*), dengan error maksimum 5,48%. Sensor turbidity mampu membedakan kejernihan air: bersih (0,00 NTU), keruh (135,12 NTU), dan sangat keruh (300,00 NTU). Data dikirim berkala setiap 30 menit. Sistem ini terbukti akurat, stabil, dan layak untuk diterapkan dalam industri budidaya ikan berbasis IoT.

Kata kunci: Smart Aquaculture, LoRa, IoT, sensor kualitas air, monitoring kolam

Abstract

This study developed a Smart Aquaculture system using Long Range (LoRa) communication, applied at the Fish Hatchery Center (BBI) Ciganjur. The system is designed to monitor and control pond water quality in real-time, efficiently and integratively, supporting modern and sustainable aquaculture management. The transmitter uses an Arduino Mega 2560 equipped with pH, turbidity, TDS, and temperature sensors, along with actuators such as pumps, heaters, and cooling fans. The receiver uses an ESP32 connected to a MySQL database for data storage and processing. The system operates at a range of up to 1.3 km in Line of Sight (LOS) conditions and 500 meters in Non-Line of Sight (NLOS). Test results show that the pH sensor recorded averages of 4.06 (acidic) and 6.98 (alkaline), with a maximum error of 2.34%. The temperature sensor recorded 27.23°C (normal), 24.15°C (cold), and 29.18°C (hot), with a maximum error of 1.25%. TDS values were 144.28 ppm (mineral water), 82.84 ppm (refill), and 201.96 ppm (tap water) with a maximum error of 5.48%. Turbidity levels identified clear (0.00 NTU), cloudy (135.12 NTU), and very cloudy (300.00 NTU) conditions. Data is transmitted every 30 minutes. The system proved accurate, reliable, and suitable for IoT-based aquaculture.

Kata Kunci : Smart Aquaculture, LoRa, IoT, water quality sensor, pond monitoring

1. Pendahuluan

Budidaya ikan hias menjadi salah satu usaha yang diminati dan menguntungkan bagi para pembudidaya ikan. Ikan hias menjadi jenis ikan yang dimanfaatkan sebagai hiasan di dalam rumah menggunakan akuarium, dan bisa juga sebagai hiasan di luar rumah seperti kolam kecil di halaman. Selain itu, ikan hias memiliki peminat yang tinggi dikarenakan budidaya ini dapat dengan mudah dilakukan oleh masyarakat dan mudah dipasarkan karena memiliki target pemasaran yang luas. Budidaya ikan hias juga salah satu upaya untuk memanfaatkan sumber daya yang ada di sekitar, dan meningkatkan produktivitas perairan. [1]

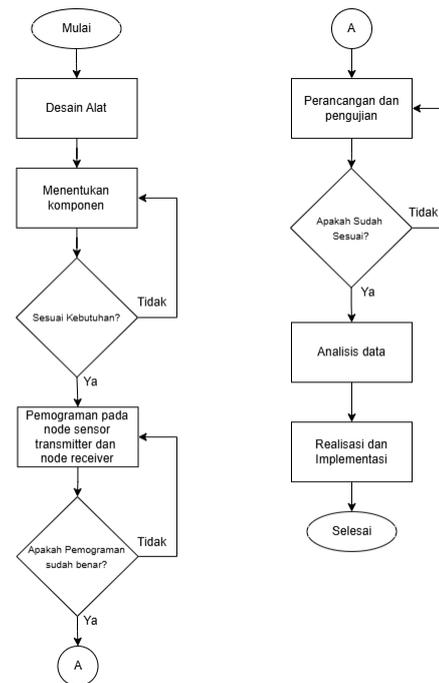
Menurut Badan Pusat Statistika (BPS), produksi ikan hias di Jakarta mengalami peningkatan dari tahun 2021 hingga 2022. Pada tahun 2021 produksi ikan hias mencapai 16.053, sementara pada tahun 2022 mengalami peningkatan pesat menjadi 13.685.809. [2]

Balai Benih Ikan (BBI) Ciganjur adalah unit pelaksana teknis (UPT) yang merupakan salah satu pusat pengembangan dan pembenihan berbagai jenis ikan air tawar, termasuk ikan hias. BBI merupakan sarana pemerintah untuk menghasilkan benih ikan dalam rangka peningkatan produksi perikanan [3]. Ikan hias memiliki kemampuan dalam berbagai kondisi yang sangat dipengaruhi oleh suhu, keasaman (Ph), dan kekeruhan air. Kualitas air yang ideal untuk ikan hias adalah suhu 25-32°C, pH 6-7, dan kekeruhan dibawah 25 NTU[1]. Oleh karena itu, syarat-syarat tersebut harus dalam pantauan pengelola agar budidaya ikan hias dilakukan secara optimal. Pada saat ini BBI Ciganjur masih mengelola kolam budidaya secara manual yang dapat mengakibatkan pertumbuhan menjadi terhambat. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dibutuhkan teknologi sistem *monitoring* dan *controlling* kolam ikan hias yang terhubung dengan aplikasi *mobile*.

Pada penelitian ini, akan dirancang alat *Smart Aquaculture* yang menyediakan fitur untuk memantau pH air, kekeruhan air, memberikan pakan serta menguras dan mengisi air kolam secara otomatis dengan menggunakan modul LoRa sehingga dapat digunakan dengan cakupan jarak yang cukup luas. [4]

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan dalam merancang alat *Smart Aquaculture* diawali dengan mendesain alat agar ter-*visualisasi* dengan baik serta kebutuhan komponen yang diperlukan dalam mendesain alat *Smart Aquaculture*. Adapun *flowchart* dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. *Flowchart* Metode Penelitian

Berdasarkan gambar diatas dalam melakukan rancangan dan realisasi alat dimulai dengan tahap mulai lalu di lanjutkan dengan mendesain alat dan diikuti dengan menentukan komponen yang diperlukan. Dalam menentukan komponen harus disesuaikan kan dengan kebutuhan agar tidak membuang banyak biaya. Apabila komponen yang dibutuhkan sudah sesuai maka akan masuk ke tahap pemrograman pada node sensor transmitter dan node receiver, jika komponen yang digunakan belum sesuai maka akan Kembali ke tahap menentukan komponen. Setelah tahap pemrograman selesai selanjutnya akan masuk kedalam tahap perancangan dan pengujian, apabila dalam melakukan perancangan dan pengujian alat belum sesuai kebutuhan, maka akan dilakukan kembali tahap pengujian alat tersebut sampai sesuai. Setelah selesai melakukan perancangan dan pengujian, selanjutnya masuk kedalam tahap analisa data dan langsung masuk kedalam tahap implementasi lalu perancangan alat selesai.

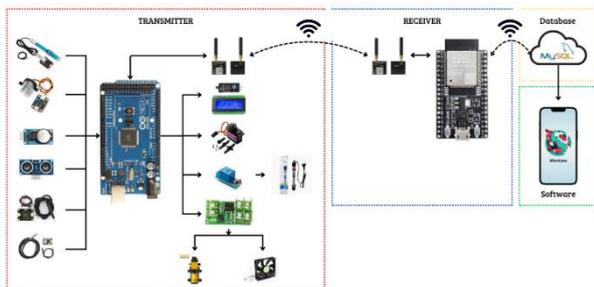
Rancang bangun alat *Smart Aquaculture* untuk sistem monitoring pembenihan ikan pada Balai Benih Ikan Ciganjur menggunakan modul LoRa dirancang dengan menggunakan topologi point-to-point yang terbagi menjadi dua sisi, yaitu sisi transmitter dan sisi receiver. Pada sisi transmitter terdapat node sensor transmitter yang terdiri dari Arduino Mega 2560 sebagai pusat inti kontrol alat, dilengkapi dengan sensor pH, sensor turbidity, sensor suhu DS18B20, sensor TDS untuk mengukur kadar logam terlarut, LCD 20x4 I2C untuk menampilkan data secara real-time yang dihubungkan ke RTC, modul LoRa LILYGO TTGO 915 MHz, relay yang terhubung pada aktuator heater akuarium apabila suhu air

kolam melebihi batas suhu yang ditentukan yakni dibawah 25oC, sensor HC-SR04 untuk mendeteksi ketinggian ketersediaan pakan ikan dan ketinggian air, servo yang berfungsi untuk membuka dan menutup katup pakan ikan, Mosfet yang terhubung ke pompa air dan kipas, power supply 5V yang digunakan untuk memberi tegangan ke Arduino Mega 2560, dan power supply 12V yang digunakan untuk memberi tegangan ke mosfet karena pompa air menggunakan tegangan 12V.

Pada sisi receiver yang akan diletakkan pada jarak kurang lebih 250 meter dari node sensor transmitter dengan kondisi lingkungan yang cukup memadai dan tidak memiliki terlalu banyak halangan, LoRa LILYGO TTGO akan digunakan sebagai LoRa receiver, ESP32 sebagai penerima sekaligus pengirim data sensor yang dihasilkan, data tersebut akan dikirimkan ke database MySQL, kemudian dari database akan dikirim ke aplikasi mobile.

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam perancangan alat *Smart Aquaculture* menggunakan LoRa LILYGO TTGO SX1276 dengan frekuensi 915 MHz. Alat ini dilengkapi dengan sisi *transmitter* dan sisi *receiver*[5]. Adapun diagram blok dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini.



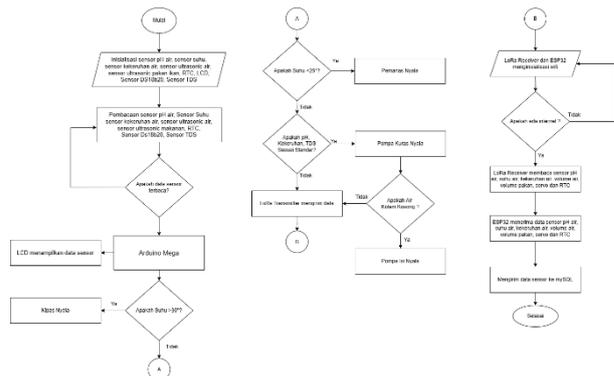
Gambar 2. Diagram Blok alat *Smart Aquaculture*

Pada gambar diatas menunjukkan diagram blok sistem dari perancangan alat Smart Aquaculture yang dirancang untuk memantau dan mengontrol kualitas air kolam secara realtime dan otomatis. Sistem ini terdiri dari dua bagian, yaitu bagian *transmitter* dan *receiver*.

Pada sisi Transmitter, terdapat beberapa sensor yang terhubung ke mikrokontroler Arduino Mega 2560, antara lain seperti sensor pH air untuk mengukur kadar asam dan basah pada air, sensor kekeruhan untuk mengukur tingkat kejernihan air, sensor TDS untuk mengukur total padatan terlarut, sensor suhu DS18B20 berfungsi untuk memonitoring suhu air kolam, sensor ultrasonic HC-05 untuk memonitoring ketinffian air dan sisa pakan ikan. Arduino Mega 2560 juga berfungsi mengatur luaran seperti actuator LCD 20x4 untuk menampilkan data sensor, motor servo MG90S sebagai katup buka tutup pakan, moset IRF5305 yang mengontrol pompa kurus

dan isi air kolam, kipas sebagai pendingin air kolam, relay 1 chanel untuk control pemanas, dan LoRa transmitter yang berfungsi untuk mengirimkan data sensor.

Pada sisi Receiver terdapat LoRa receiver yang berfungsi menerima data sensor, ESP32 yang berfungsi mengolah data dan diteruskan ke database yang nantinya diintegrasikan ke aplikasi android.



Gambar 3. Diagram Blok alat *Smart Aquaculture*

Gambar 3. merupakan *flowchart* alur kerja sistem secara keseluruhan dari alat *Smart Aquaculture* menggunakan modul LoRa.

1. Sistem dimulai dengan inialisasi sensor (suhu, pH, turbidity, TDS) dan aktuator (pompa, pemanas, kipas) oleh Arduino Mega.
2. Arduino membaca data dari seluruh sensor dan menampilkannya pada LCD.
3. Arduino memeriksa kondisi suhu dan kekeruhan air: jika suhu < 25°C maka pemanas menyala, jika air keruh maka pompa dinyalakan.
4. Data sensor dikirim dari Arduino ke receiver melalui modul LoRa.
5. ESP32 di sisi receiver menerima data, mencatat waktu dari RTC, dan menyimpannya ke database MySQL.
6. Proses berjalan otomatis setiap 30 menit untuk pemantauan kualitas air secara real-time dan jarak jauh.

3.1 Pengujian Sensor Keseluruhan

Pengujian sensor secara keseluruhan meliputi sensor pH, sensor *turbidity*, sensor TDS, sensor suhu, dan status penerimaan pada aplikasi. Pengujian ini dilakukan dalam rentang waktu dari pukul 10:00 (sepuluh) pagi sampai dengan pukul 15:00 (tiga) sore. Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui keberhasilan kinerja dari alat yang telah dirancang serta kinerja komponen – komponen yang digunakan.

Tabel 1. Hasil Pengujian Data Keseluruhan

Waktu	Sensor pH	Sensor Turbidity	Sensor TDS	Sensor Suhu	Status pada Aplikasi
10:00:00	7.23	0	19.51	26.87	Diterima
10:30:00	7.15	0	21.43	26.49	Diterima
11:00:00	7.20	0	23.32	27.21	Diterima
11:30:00	7.18	0	22.73	27.45	Diterima
12:00:00	7.22	0	20.83	26.42	Diterima
12:30:00	7.32	0	19.93	26.15	Diterima
13:00:00	7.35	0	19.64	25.84	Diterima
13:30:00	7.29	0	19.86	25.42	Diterima
14:00:00	7.31	0	21.74	25.94	Diterima
14:30:00	7.28	0	21.94	26.19	Diterima
15:00:00	7.22	0	21.78	26.74	Diterima

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1, sistem *Smart Aquaculture* mampu mencatat dan mengirim data sensor secara real-time antara pukul 10:00:00 hingga 15:00:00. Sensor pH menunjukkan nilai stabil pada kisaran 7,15–7,35, menandakan air dalam kondisi netral hingga sedikit basa, sesuai standar budidaya ikan air tawar. Sensor kekeruhan mencatat 0 NTU secara konsisten, menunjukkan air sangat jernih. Sensor TDS menunjukkan nilai 19,51–23,32 ppm, masih dalam batas aman dan mencerminkan air kolam bersih. Sensor suhu mencatat 25,42–27,45°C, termasuk dalam kisaran ideal untuk kesehatan ikan. Seluruh data berhasil dikirim dan diterima aplikasi dengan baik, membuktikan bahwa komunikasi antara mikrokontroler dan sistem monitoring berjalan lancar.

3.2 Pengujian Sensor pH

Pengujian ini menggunakan sensor pH-4502C, skenario pengujian yang dilakukan yakni menguji efektifitas dalam mengukur tingkat asam dan basa disertai dengan kalibrasi sensor pH meter.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor pH

No	pH Buffer	Sensor pH	pH Meter	Selisih	Error
1	4.01	4.10	4.03	0.07	1.74%
2	4.01	4.06	4.03	0.03	0.74%
3	4.01	4.06	4.05	0.01	0.25%
4	4.01	4.06	4.03	0.03	0.74%
5	4.01	4.07	4.04	0.03	0.74%
6	6.86	7.01	6.85	0.16	2.34%
7	6.86	6.98	6.86	0.12	1.75%
8	6.86	6.95	6.86	0.09	1.31%
9	6.86	6.95	6.85	0.10	1.46%
10	6.86	7.00	6.86	0.12	1.75%

Tabel 2. menunjukkan pengujian akurasi sensor pH menggunakan larutan buffer standar pH 4.01 dan 6.86 sebanyak 10 kali, dengan pH meter digital sebagai pembanding dan toleransi error 1%–2%. Pada larutan pH 4.01, seluruh pengujian (5/5) berada di bawah batas toleransi, menghasilkan akurasi 100%. Sementara itu, pada pH 6.86, sebanyak 4 dari 5 pengujian (80%) berada

dalam batas toleransi dan 1 pengujian (20%) melebihi batas, sehingga akurasinya 80%. Hasil ini menunjukkan sensor pH bekerja sangat baik pada pH 4.01 dan cukup baik pada pH 6.86.

3.3 Pengujian Sensor TDS

Pengujian sensor TDS digunakan untuk mengukur kadar mineral, logam, dan zat terlarut yang berada di air kolam. Skenario pengujian ini menggunakan tiga jenis air yang berbeda diantaranya yaitu air mineral, air isi ulang, dan air keran yang disertai dengan kalibrasi sensor TDS meter.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor TDS

No	Kondisi Air	Sensor TDS (PPM)	TDS Meter (PPM)	Selisih	Err (%)
1	Air Mineral Vit	144.20	151	6.80	4.50
2	Air Mineral Vit	145.00	152	7.00	4.61
3	Air Mineral Vit	142.30	149	6.70	4.50
4	Air Mineral Vit	145.80	150	4.20	2.80
5	Air Mineral Vit	144.10	150	5.90	3.93
6	Air Isi Ulang	83.38	85	1.62	1.91
7	Air Isi Ulang	82.00	84	2.00	2.38
8	Air Isi Ulang	85.20	86	0.80	0.93
9	Air Isi Ulang	84.60	85	0.40	0.47
10	Air Isi Ulang	83.00	85	2.00	2.35
11	Air Keran	202.50	210	7.50	3.57
12	Air Keran	204.40	213	8.60	4.04
13	Air Keran	198.50	210	11.50	5.48
14	Air Keran	202.00	213	11.00	5.16
15	Air Keran	203.60	212	8.40	3.96

Tabel 3. menunjukkan pengujian akurasi sensor TDS sebanyak 15 kali pada tiga jenis air: air mineral, air isi ulang, dan air keran, masing-masing lima kali dengan TDS meter digital sebagai pembanding dan toleransi error di bawah 5%. Pada air mineral dan air isi ulang, seluruh pengujian menunjukkan error di bawah 5% sehingga akurasi mencapai 100%. Namun, pada air keran, hanya 3 dari 5 pengujian (60%) yang berada dalam batas toleransi, sementara 2 pengujian (40%) melebihi batas. Hasil ini menunjukkan sensor TDS bekerja sangat baik pada air bersih, tetapi akurasinya menurun pada air keran.

3.4 Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Pengujian sensor suhu menggunakan sensor DS18B20 dilakukan dengan skenario pengujian terhadap air dengan suhu dingin, air dengan suhu normal, dan air panas. Pengujian ini dilakukan untuk menguji efektifitas dalam mengukur suhu terhadap beberapa kondisi yang berbeda, serta dilengkapi dengan kalibrasi sensor suhu meter.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor Suhu

No	Kondisi Air	Sensor Suhu (°C)	Suhu Meter (°C)	Selisih	Error (%)
1	Normal	27.22	27.30	0.08	0.29%
2	Normal	27.50	27.60	0.10	0.36%
3	Normal	26.98	27.10	0.12	0.44%
4	Normal	27.60	27.50	0.10	0.36%
5	Normal	27.15	27.40	0.25	0.91%
6	Dingin	23.79	24.00	0.21	0.88%
7	Dingin	24.06	24.20	0.14	0.58%
8	Dingin	23.92	24.10	0.18	0.75%
9	Dingin	24.15	24.30	0.15	0.62%
10	Dingin	23.70	24.00	0.30	1.25%
11	Panas	28.90	29.00	0.10	0.34%
12	Panas	29.40	29.70	0.30	1.01%
13	Panas	30.80	30.00	0.20	0.67%
14	Panas	30.80	31.00	0.20	0.65%
15	Panas	29.10	29.30	0.20	0.68%

Tabel 4. menunjukkan pengujian akurasi sensor suhu sebanyak 15 kali pada tiga kondisi air: normal, dingin, dan panas, masing-masing lima kali dengan termometer digital sebagai pembanding dan toleransi error di bawah 1%. Pada air normal, seluruh pengujian menunjukkan error di bawah 1% sehingga akurasinya 100%. Pada air dingin dan panas, masing-masing menunjukkan 4 dari 5 pengujian (80%) berada dalam batas toleransi dan 1 pengujian (20%) melebihi batas. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor suhu bekerja sangat baik pada air normal dan cukup baik pada kondisi dingin maupun panas.

3.5 Pengujian Sensor *Turbidity*

Pengujian sensor *turbidity* digunakan untuk mengukur kekeruhan pada air kolam. Skenario yang digunakan pada pengujian yaitu menggunakan tiga kondisi air diantaranya air bersih, air keruh, dan air sangat keruh.

Tabel 5. Hasil Pengujian Sensor *Turbidity*

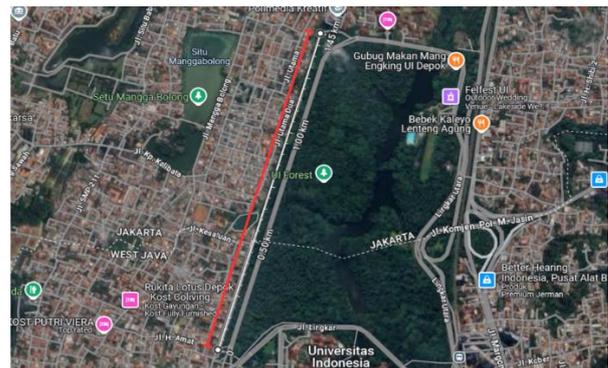
No	Kondisi Air	Sensor Turbidity (NTU)	Status Aplikasi
1	Bersih	0.00	Normal
2	Bersih	0.00	Normal
3	Bersih	0.00	Normal
4	Bersih	0.00	Normal
5	Bersih	0.00	Normal
6	Keruh	135.12	Warning
7	Keruh	138.50	Warning
8	Keruh	136.20	Warning
9	Keruh	139.80	Warning
10	Keruh	137.00	Warning
11	Sangat Keruh	300.00	Bahaya
12	Sangat Keruh	298.50	Bahaya
13	Sangat Keruh	295.00	Bahaya
14	Sangat Keruh	299.00	Bahaya
15	Sangat Keruh	297.80	Bahaya

Tabel 5. menunjukkan sensor turbidity berhasil membedakan tingkat kekeruhan air. Air bersih terbaca 0.00 NTU dengan status “Normal”, air keruh 135–140

NTU dan sangat keruh 295–300 NTU, keduanya dengan status “Warning”. Sensor terbukti akurat dalam mendeteksi kondisi air.

3.6 Pengujian Performansi LoRa kondisi LOS

Pada pengujian dalam kondisi Line of Sight (LOS), LoRa transmitter dan LoRa receiver ditempatkan tanpa adanya halangan di antara kedua perangkat tersebut. Pengujian ini dilakukan di jalan akses Universitas Indonesia yang berada di di sekitar hutan Universitas Indonesia.



Gambar 3. Lokasi Pengujian LoRa LOS pada Universitas Indonesia

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, diperoleh hasil pengukuran nilai Received Signal Strength Indicator (RSSI) dan Signal to Noise Ratio (SNR) dalam kondisi Line of Sight (LOS).

Tabel 6. Hasil Pengujian LoRa Kondisi LOS

Jarak (m)	RSSI (dBm)	SNR (dB)
100	-93	9.00
200	-102	7.00
300	-103	7.00
400	-110	-1.00
500	-112	-5.25
600	-112	-6.50
700	-109	1.50
800	-111	-7.50
900	-112	-8.00
1000	-112	-5.50
1100	-112	-8.50
1200	-112	-8.50
1300	-114	-11.25

Berdasarkan Tabel 6, pengujian LoRa dalam kondisi Line of Sight (LOS) menunjukkan bahwa semakin jauh jarak, kualitas sinyal (RSSI) dan rasio signal-to-noise (SNR) cenderung menurun. Pada jarak 100 m, RSSI tercatat -93 dBm dan SNR 9 dB, menandakan sinyal kuat dan bersih. Namun, mulai dari 400 m ke atas, nilai RSSI memburuk mencapai -114 dBm di 1300 m, dan SNR turun drastis hingga -11.25 dB. Penurunan ini menunjukkan degradasi sinyal akibat jarak, namun

transmisi masih dapat dilakukan hingga 1300 m meski dengan kualitas yang semakin menurun.

3.7 Pengujian Performansi LoRa kondisi N-LOS

Pengujian kondisi Non-Line of Sight (NLOS) dilakukan untuk mengevaluasi performa transmisi LoRa dalam lingkungan dengan hambatan seperti pepohonan dan tembok. Pengujian ini dilakukan di dua lokasi, yaitu Balai Benih Ikan Ciganjur dan Jalan Akses Universitas Indonesia.



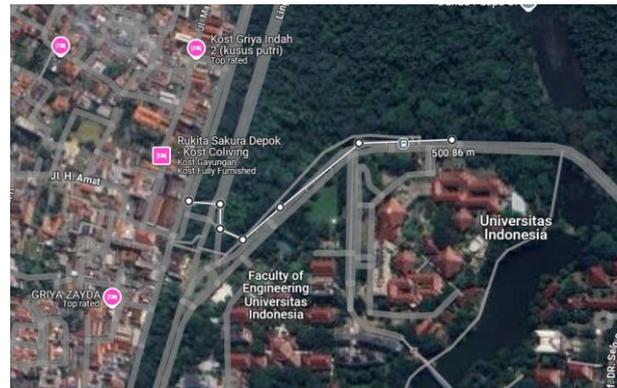
Gambar 4. Lokasi Pengujian LoRa N-LOS pada BBI Ciganjur

Berdasarkan pengujian yang dilakukan di kawasan BBI Ciganjur, didapatkan hasil nilai *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) dan *Signal to Noise Ratio* (SNR) dalam kondisi N-LOS.

Tabel 7. Hasil Pengujian LoRa kondisi NLOS BBI Ciganjur

Jarak (m)	RSSI (dBm)	SNR (dB)
50	-90	9.75
100	-95	9.25
150	-96	8.75
200	-99	8.75
250	-99	8.75
286	-100	8.25

Berdasarkan Tabel 7, pengujian LoRa dalam kondisi NLOS di BBI Ciganjur menunjukkan bahwa meskipun terdapat hambatan, komunikasi masih dapat berlangsung dengan baik hingga jarak 286 meter. Nilai RSSI menurun secara bertahap dari -90 dBm menjadi -100 dBm, sementara nilai SNR tetap berada dalam kisaran positif yang cukup tinggi (8.25–9.75 dB), menandakan kualitas sinyal masih baik dan dapat diterima oleh receiver meskipun tidak berada dalam garis pandang langsung.



Gambar 5. Lokasi Pengujian LoRa N-LOS pada Universitas Indonesia

Berdasarkan pengujian yang dilakukan di kawasan Universitas Indonesia, didapatkan hasil nilai *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) dan *Signal to Noise Ratio* (SNR) dalam kondisi N-LOS.

Tabel 8. Hasil Pengujian LoRa kondisi NLOS Universitas Indonesia

Jarak (m)	RSSI (dBm)	SNR (dB)
100	-95	9.25
200	-99	8.75
300	-101	8.25
400	-112	-3.25
500	-113	-9.25
600	-	-

Berdasarkan Tabel 8, pengujian LoRa dalam kondisi NLOS di Universitas Indonesia menunjukkan penurunan kualitas sinyal seiring bertambahnya jarak. Pada jarak 100–300 meter, RSSI dan SNR masih menunjukkan kualitas sinyal yang baik. Namun mulai dari jarak 400 meter, nilai SNR turun drastis menjadi negatif, dan pada 600 meter tidak terdeteksi sinyal sama sekali. Hal ini menunjukkan bahwa hambatan lingkungan di lokasi ini cukup signifikan dan membatasi jangkauan efektif komunikasi LoRa.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian alat Smart Aquaculture di Balai Benih Ikan Ciganjur, sistem monitoring dan controlling berbasis LoRa menunjukkan performa baik dalam memantau kualitas air kolam dari jarak jauh. Sistem terdiri dari sisi transmitter yang dilengkapi modul LoRa LILYGO TTGO, Arduino Mega 2560, sensor pH, turbidity, TDS, suhu, LCD 20x4, pompa, kipas pendingin, pemanas, dan tempat pakan, serta sisi receiver dengan modul LoRa dan ESP32 yang mengirimkan data ke database MySQL. LoRa mampu mentransmisikan data hingga 1,3 km pada kondisi Line of Sight (LOS) dan 500 m pada Non-Line of Sight (NLOS), sedangkan jarak aktual di BBI Ciganjur hanya 250 m, sehingga sistem

tetap berjalan stabil. Hasil pengujian menunjukkan sensor pH mendeteksi air asam dan basa secara akurat, sensor TDS mampu mengukur padatan terlarut dengan toleransi wajar, sensor suhu DS18B20 membaca suhu dengan presisi tinggi, dan sensor turbidity membedakan tingkat kejernihan (bersih, keruh, sangat keruh) secara real-time. Seluruh data berhasil dikirim dan ditampilkan dengan baik, menandakan bahwa sistem bekerja secara efektif dan dapat diandalkan dalam pengelolaan kualitas air kolam.

5. Daftar Acuan

- [1] W. DEWANTORO and M. B. Ulum, "RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KUALITAS AIR PADA BUDIDAYA IKAN HIAS AIR TAWAR BERBASIS IOT (INTERNET OF THINGS)," *Jurnal Komputasi*, vol. 9, no. 2, Oct. 2021, doi: 10.23960/komputasi.v9i2.2858.
- [2] Badan Pusat Statistik, "Produksi Perikanan Budidaya Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Kegiatan di Provinsi DKI Jakarta, 2022," jakarta.bps.go.id. Accessed: Jul. 21, 2025. [Online]. Available: <https://jakarta.bps.go.id/id/statistics-table/3/WjFab0sxVjVkr3hOVUdjMWNIRnNkbWd3ZWl0bWR6MDkjMw==/volume-produksi-perikanan-budidaya-menurut-kabupaten-kota-dan-jenis-kegiatan1-di-provinsi-dki-jakarta-2022.html?year=2022>
- [3] R. Azizah, D. Hernawati, and D. M. Chaidir, "Keanekaragaman Gastropoda Air Tawar dan Analisis Trematoda di Ekosistem Situ Kota Tasikmalaya," *Biota : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, pp. 19–29, Feb. 2023, doi: 10.24002/biota.v8i1.4347.
- [4] Roysihan, "Implementasi Teknologi IoT pada Sistem Budidaya Ikan Nila/Mujair untuk Meningkatkan Efisiensi dan Produktivitas pada Tambak/Bioflok," *SEIKO : Journal of Management & Business*, 2025.
- [5] Noprianto, H. E. Dien, M. H. Ratsanjani, and M. A. Hendrawan, "Analisis LoRa dengan Teknologi LoRaWAN dalam Ruang di Lingkungan Politeknik Negeri Malang," *SISTEMASI: Jurnal Sistem Informasi*, vol. 13, no. 2, p. 698, Mar. 2024, doi: 10.32520/stmsi.v13i2.3884.