

Implementasi Sistem Monitoring Kualitas Air Berbasis Lora pada Tambak Nila

1st Nadia Wartingrum
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
nadiawartiningrum@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Dadan Nur Ramadan
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
dadannr@telkomuniversity.ac.id

3rd Indrarini Dyah Irawati
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
indrarini@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Musim pancaroba mempengaruhi kualitas air sehingga menyebabkan budidaya ikan nila terganggu bahkan mengalami gagal panen. Pemantauan kualitas air di desa Nganjat dilakukan secara manual sehingga tidak dapat dipantau secara realtime. Sistem monitoring kualitas air sebagai mitigasi gagal panen terdiri dari sensor suhu, pH, dan kekeruhan yang dipasang di tiga titik aliran sungai dengan catu daya panel surya dan penggunaan komunikasi LoRa untuk pengiriman data. Penelitian ini menghasilkan percent error sensor pH 1,82%, sensor turbidity 4,12%, dan sensor suhu 0,459%. Delay pengiriman dari node 1 ke gateway 142,9 ms dengan RSSI -107,3. Delay pengiriman dari node 2 ke gateway 155,8 ms dengan RSSI -114,5. Delay pengiriman node 1 dari gateway ke database 106,6 s. Delay pengiriman node 2 dari gateway ke database 87,32 s. Delay pengiriman node 3 ke database sebesar 41,3 s.

Kata kunci—kualitas air, realtime, LoRa, sensor, monitoring

Abstract—The transition season affects air quality, causing disruption of tilapia cultivation and even harvest failure. Water quality in Nganjat village is done manually so it cannot be monitored in real time. The air quality monitoring system as a crop failure mitigation consists of temperature, pH, and turbidity sensors installed at three river flow points with solar panel power supply and the use of LoRa communication for data transmission. This study resulted in a pH sensor error of 1.82%, a turbidity sensor 4.12%, and a temperature sensor 0.459%. Delivery delay from node 1 to gateway is 142.9 ms with RSSI -107.3. Delivery delay from node 2 to gateway 155.8 ms with RSSI -114.5. Delay in sending node 1 from gateway to database 106.6 s. The delay in sending node 2 from the gateway to the database is 87.32 s. The delay in sending node 3 to the database is 41.3 s.

Keywords—water quality, realtime, LoRa, sensor, monitoring

I. PENDAHULUAN

Air yang melimpah menjadi salah satu potensi yang dimanfaatkan oleh masyarakat Desa Nganjat, Kecamatan Polanharjo, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah (Pangestu & Indrawati, 2020). Keseimbangan kondisi air sangat berpengaruh terhadap tumbuh dan berkembangnya ikan nila. Ketika hujan tiba-tiba turun, nilai pH dapat turun secara drastis yang mengakibatkan ikan nila mati pada beberapa waktu berikutnya (Siegers, Prayitno, & Sari, 2019). Nilai pH yang dapat ditoleransi oleh ikan nila adalah 5-8,5 (Siegers, Prayitno, & Sari, 2019). Apabila pH tidak stabil akan membuat ikan nila stres, mudah terserang penyakit, produktivitas menurun atau bahkan mati (Dahril, Tang, & Putra, 2017). Suhu air di kolam sangat mempengaruhi aktivitas dan nafsu makan ikan. Suhu yang cocok untuk ikan nila berkisar antara 25 - 33°C (Suyanto, 2011). Apabila suhu terlalu rendah akan mengakibatkan aktivitas gerak dan nafsu makan menurun sedangkan suhu terlalu tinggi akan mengakibatkan ikan nila stres dan kesulitan nafas karena konsumsi oksigen meningkat (Aliyas, Ndobe, & Ya'la, 2016).

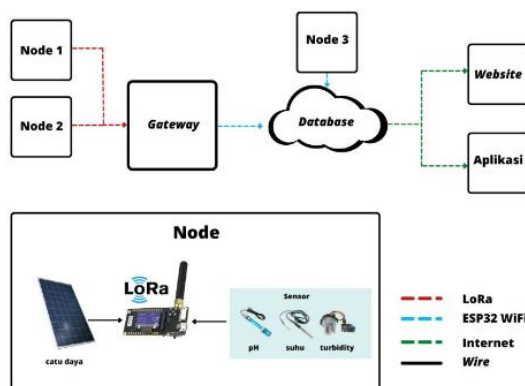
Saat ini sudah banyak sensor-sensor elektronik yang dapat digunakan untuk monitoring kualitas air secara *real time* seperti sensor pH, suhu, dan kekeruhan. Kemampuan mikrokontroler juga digunakan untuk mendukung perkembangan digital dalam bidang apapun, termasuk perairan. Komunikasi *long-range* (LoRa) *Wireless data telemetry* merupakan komunikasi *wireless* yang menggunakan frekuensi radio VHF/UHF (Fadhil, 2021). Jangkauan yang luas kurang lebih 2 km dan hemat energi menjadikan LoRa efisien untuk pengiriman data (Seneviratne, 2019). Ketika *LoRa Transceiver* diintegrasikan dengan ESP32 bersama sensor pH, suhu, dan kekeruhan, maka sinyal frekuensi radio akan mengirimkan data ke *LoRa Receiver*. Kekuatan sinyal yang diterima oleh *receiver* dari *transceiver* disebut *Received Signal Strength Indicator* (RSSI). RSSI merupakan teknologi yang digunakan untuk mengukur kekuatan sinyal yang diterima oleh *receiver* atau *gateway* dari *transceiver* (Puspitasari, 2014). Satuan RSSI yaitu dBm dengan nilai yang semakin bagus

ketika mendekati 0. RSSI tidak hanya dipengaruhi oleh jarak, tetapi juga dipengaruhi oleh kepadatan bangunan dimana semakin jauh jarak antara LoRa *transceiver* dan LoRa *receiver* maka RSSI semakin kecil dan semakin padat bangunan, maka semakin kecil RSSI (Yanziah, Soim, & Rose, 2020).

Pada riset yang sudah dilakukan sebelumnya, mikrokontroler yang digunakan adalah ESP8266 dan Arduino Uno. Permasalahan yang dihadapi adalah di titik lokasi sulit untuk dijangkau internet sehingga penggunaan LoRa digunakan sebagai alternatif pengganti dari riset sebelumnya. Berdasarkan riset-riset yang sudah dipelajari, keadaan Sungai Pongkok, dan peluang pengembangan yang cukup baik, oleh karena itu tujuan dari proyek ini adalah memasang perangkat monitoring kualitas air secara *realtime* di Sungai Pongkok dengan LoRa sehingga petambak dapat mengantisipasi perubahan air sungai karena cuaca dari hulu.

II. METODE DAN PERANCANGAN

Pemonitoran kualitas air berbasis komunikasi LoRa berfungsi untuk memantau kualitas air diantaranya pH, suhu, dan kekeruhan air pada tiga titik aliran sungai dengan sumber energi panel surya. Menurut Rahayuningtyas penggunaan panel surya sebagai sumber energi lebih hemat dan lebih ramah lingkungan (Rahayuningtyas, Kuala, & Apriyanto, 2014).



Gambar 1. Blok Sistem Monitoring Kualitas Air

Perangkat monitoring kualitas air menggunakan konsep seperti Gambar 1. Sistem ini terbagi menjadi tiga bagian, yaitu perangkat *node sensor*, perangkat *gateway*, dan *database*. Perangkat *node sensor* mengukur parameter fisik air dengan sensor yang terpasang yaitu sensor pH, *turbidity*, dan sensor suhu kemudian mengirimkan data ke *node gateway* untuk data dikirim ke *database* MySQL melalui internet dan mikrokontroler ESP32 untuk disimpan dan diolah.

Komponen yang digunakan pada perangkat ini diantaranya adalah ESP32, LoRa, sensor pH, sensor *turbidity*, sensor DS18B201, panel surya, dan *database* yang digunakan adalah MySQL. ESP32 merupakan mikrokontroler pada seri chip (SoC)

dengan WiFi dan kemampuan *Bluetooth* dua mode dengan biaya dan daya yang rendah (Huzaifah, 2021). Sensor suhu DS18B20 adalah sensor digital yang memiliki 12-bit ADC dan bersifat *waterproof* atau anti air. *Output* yang dihasilkan sangat presisi dengan tegangan referensi 5V, DS18B20 dapat merasakan perubahan sebesar 0.0012 Volt. Sensor DS18B20 memiliki tingkat akurasi $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ pada rentang suhu -10°C hingga 85°C . Terdapat tiga kaki yaitu *ground*, *vcc*, dan data sehingga sensor ini bekerja menggunakan protokol komunikasi *one wire* (Prastyo, 2020). Sensor pH dapat mengukur nilai pH dalam air sungai untuk melihat keasaman air. Sensor pH terdiri dari elektroda atau yang disebut *probe* yang terhubung ke meteran elektronik sehingga dapat mengukur dan menampilkan nilai pH (Sitorus, 2017). Sensor *turbidity* digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan air. Cara kerja sensor ini dengan mendeteksi partikel-partikel suspensi air menggunakan transmisi dan hamburan cahaya yang nilainya berbanding lurus dengan kadar *Total Suspended Solids* (TTS) (Sulistyo, Somawirata, & Sotyohadi, 2019). MySQL merupakan sistem manajemen *database* relasional yang bersifat SQL (*Structured Query Language*) yang digunakan untuk menyimpan dan mengolah data sehingga informasi dapat ditampilkan pada *website*. MySQL bersifat *open-source* sehingga dapat digunakan dan dimodifikasi secara gratis. Cara kerja MySQL yaitu dengan model *client-server*. Server MySQL menjalankan instruksi pada *database* yang dikirim oleh *client*, kemudian *server* menampilkan informasi ke *client* (Yasin, 2019).

Titik lokasi pemasangan *node* di aliran Sungai Pongkok digambarkan pada Gambar 2.

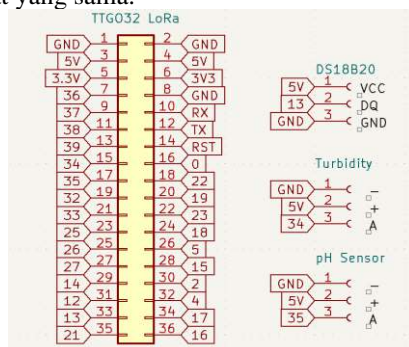


Gambar 2. Lokasi Pemasangan Perangkat

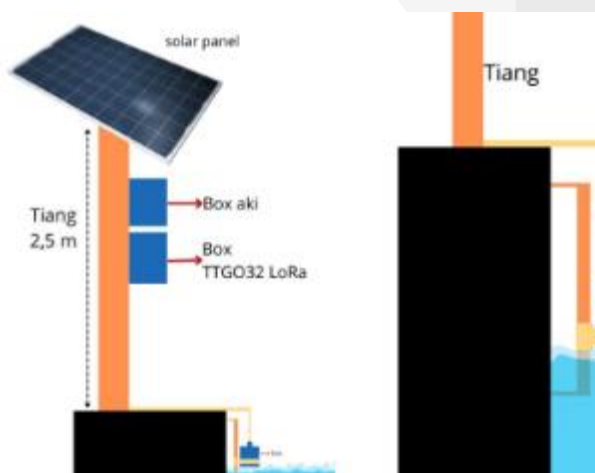
Penempatan *node* tiga yaitu di sektor mata air untuk mengetahui data kualitas air sebelum masuk ke kolam ikan. Ketika kualitas air pada sektor ini tiba-tiba menurun, maka dapat dilakukan antisipasi lebih cepat sebelum air masuk ke kolam. Penempatan *node* dua yaitu di sektor tambak untuk mengetahui data kualitas air pada beberapa kolam. Penempatan *node* pertama yaitu di sektor budidaya minapadi atau di ujung kolam Desa Nganjat untuk mengetahui kualitas air yang sudah masuk ke kolam karena nantinya air akan mengalir ke persawahan

untuk digunakan sebagai budidaya minapadi di Desa Nganjat. *Gateway* dipasang di dalam gedung desa dengan jarak *node sensor* 1 ke *gateway* adalah 50 m, jarak *node sensor* 2 ke *gateway* adalah 116 m, jarak *node sensor* 3 ke *gateway* adalah 350 m.

Perangkat keras bagian *node sensor* dirancang dengan menghubungkan sensor pH, DS18B20, dan *turbidity* ke TTGO32 LoRa. Gambar 3 merupakan detail GPIO pada TTGO32 LoRa yang digunakan untuk menghubungkan semua sensor. Desain perangkat keras yang akan dirancang dapat dilihat pada Gambar 4. Solar panel dipasang pada tiang yang cukup tinggi dan kokoh. Terdapat 3 bagian *box* yaitu *box* pertama digunakan untuk menyimpan aki solar panel, *box* kedua digunakan untuk menyimpan *charger controller* dan dan TTGO32 LoRa, kemudian *box* ketiga digunakan untuk menyimpan semua sensor. *Box* TTGO32 LoRa dipasang pada tiang dengan jarak 2,5 m dari tanah, sehingga kabel yang panjang dibutuhkan untuk menghubungkan sensor ke TTGO32 LoRa. *Box sensor* dapat secara *flexibel* menyesuaikan ketinggian air ketika sedang penuh ataupun sedang sedikit. Pemasangan rel dibutuhkan sehingga *box* sensor masih berada pada tempat yang sama.



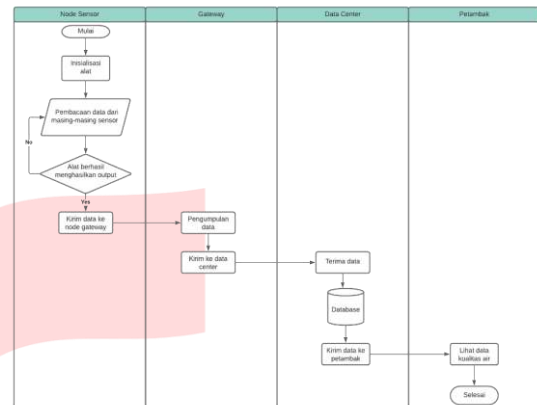
Gambar 3. Skematik Perangkat



Gambar 4. Desain Perangkat

Sistem yang dibuat memiliki alur kerja seperti Gambar 5. Pada *node sensor*, terdapat sensor-sensor yaitu sensor pH, *turbidity*, dan DS18B20. Ketika pertama kali perangkat aktif, maka mikrokontroler

akan menginisialisasi alat yang selanjutnya membaca data dari masing-masing sensor. Jika mikrokontroler berhasil membaca sensor, maka data akan diteruskan ke *node gateway* menggunakan komunikasi LoRa, sebaliknya jika mikrokontroler gagal membaca sensor, maka akan kembali membaca sensor hingga menghasilkan *output*. *Node gateway* mengumpulkan data yang dikirim oleh *node sensor* untuk kemudian dikirimkan ke *database*. *Database* menyimpan data untuk diolah sehingga data kualitas air dapat dilihat oleh petambak.



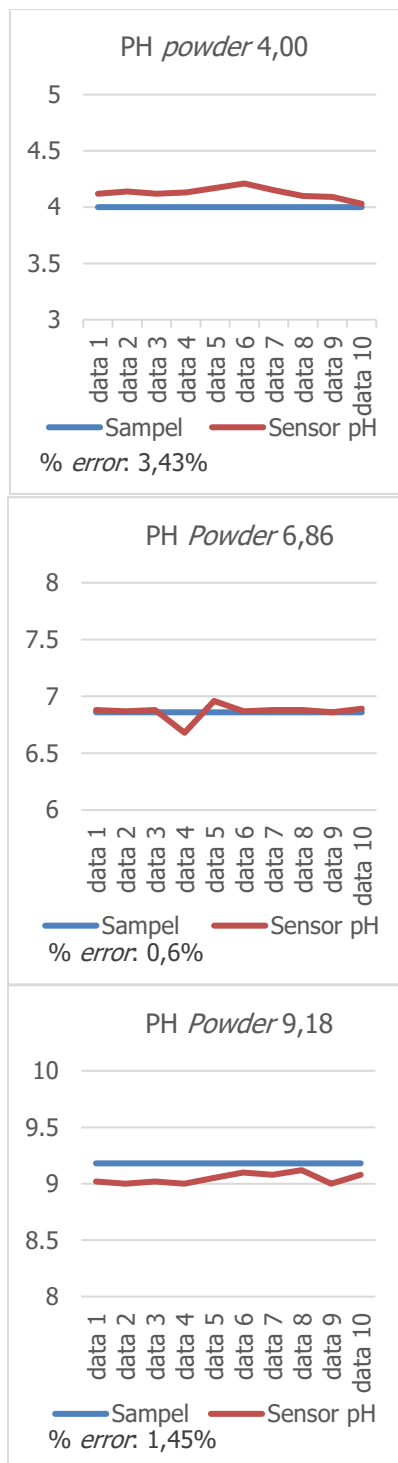
Gambar 5. Alur Kerja Sistem

III. PENGUJIAN DAN HASIL

Terdapat dua pengujian yaitu pengujian akurasi pembacaan sensor dan pengujian kecepatan transfer data.

A. Akurasi Pembacaan Sensor PH

Pengujian ini dilakukan sebanyak sepuluh kali dengan secara bergantian dengan tiga sampel pH *powder* yang berbeda yaitu 4.00, 6.68, 9.18 sebagai pembanding. Berdasarkan hasil pengujian, akurasi pembacaan sensor pH untuk membaca pH air ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengujian Sensor PH

Dari ketiga sampel maka hasil rata-rata kesalahan sensor dapat dihitung sebagai berikut:

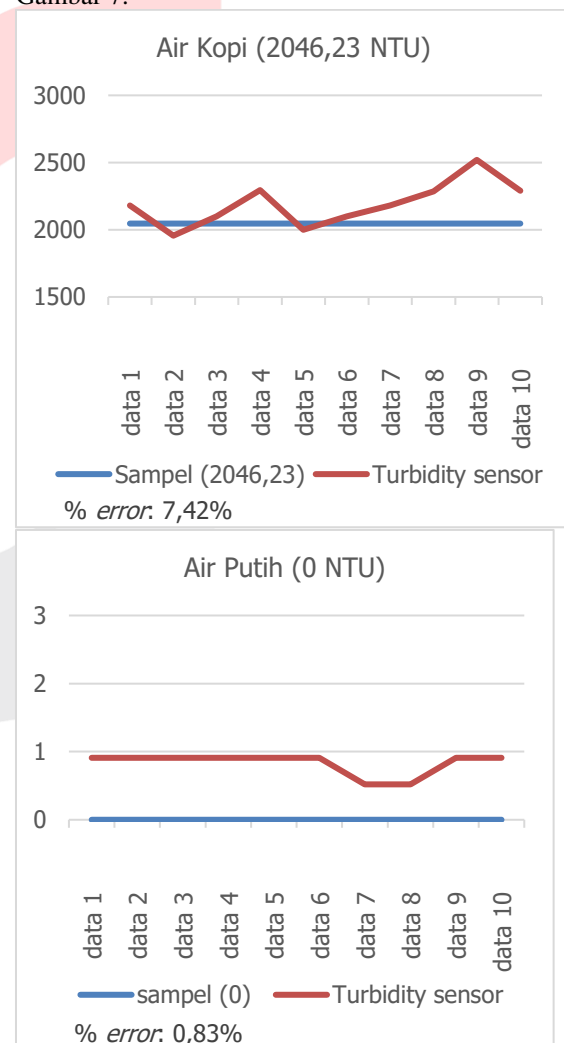
$$\begin{aligned} \text{Rata - rata kesalahan} &= \frac{\text{sampel 1} + \text{sampel 2} + \text{sampel 3}}{3} \\ &= \frac{3,43\% + 0,6\% + 1,45\%}{3} \\ &= 1,82\% \end{aligned}$$

Berdasar Gambar 6, antara sampel dan sensor pH menghasilkan grafik yang stabil dan perbedaan yang tidak signifikan. Rata-rata persentase

kesalahan akurasi pengujian sensor pH yaitu 1,82% yang artinya sensor pH cukup akurat untuk mengukur tingkat derajat keasaman di tambak. Kesalahan saat pembacaan kalibrasi sensor dikarenakan perpindahan sensor antar pH yang terlalu cepat dan sensor masih dalam keadaan basah. Hal ini dapat diantisipasi dengan mengeringkan terlebih dahulu sensor sebelum dimasukkan ke larutan pH yang lain.

B. Akurasi Pembacaan Sensor *Turbidity*

Pengujian ini dilakukan sebanyak sepuluh kali dengan secara bergantian dengan dua sampel yang berbeda yaitu air kopi dengan nilai turbiditas 2046,23 NTU dan air putih dengan nilai turbiditas 0 NTU sebagai pembandingan. Berdasarkan hasil pengujian, akurasi pembacaan sensor *turbidity* untuk membaca turbiditas air ditunjukkan pada Gambar 7.

Gambar 7. Pengujian Sensor *Turbidity*

Dari kedua sampel maka hasil rata-rata kesalahan sensor dapat dihitung:

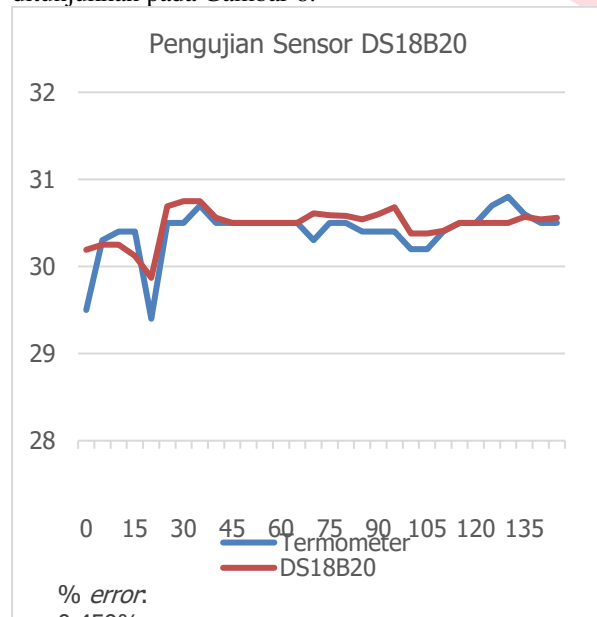
$$\begin{aligned} \text{Rata - rata kesalahan} &= \frac{\text{sampel 1} + \text{sampel 2}}{2} \\ &= \frac{7,42\% + 0,83\%}{2} \end{aligned}$$

= 4,12%

Berdasar Gambar 7, antara sampel dan sensor *turbidity* menghasilkan grafik yang stabil dan perbedaan yang tidak signifikan. Rata-rata persentase kesalahan sensor *turbidity* adalah 4,12% yang artinya sensor *turbidity* cukup akurat untuk mengukur tingkat kekeruhan air di tambak. Kesalahan saat pembacaan kalibrasi sensor dikarenakan nilai sampel yang kadang juga berubah, perpindahan sensor antar sampel yang terlalu cepat, dan sensor masih dalam keadaan basah. Hal ini dapat diantisipasi dengan mengeringkan terlebih dahulu sensor sebelum dimasukkan ke sampel yang lain. Selain itu, nilai *error* yang didapat juga dikarenakan karena intensitas cahaya yang melewati sensor.

C. Akurasi Pembacaan Sensor DS18B20

Pengujian ini dilakukan sebanyak 30 kali dengan jeda waktu lima menit dan menggunakan termometer digital sebagai pembanding. Berdasarkan hasil pengujian, akurasi pembacaan sensor DS18B20 untuk membaca suhu air ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Pengujian Sensor DS18B20

Berdasar Gambar 8, antara sampel dan sensor DS18B20 menghasilkan grafik yang stabil dan perbedaan yang tidak signifikan. Rata-rata persentase kesalahan sensor adalah 0,459% yang artinya sensor DS18B20 cukup akurat untuk mengukur suhu air di tambak. Kesalahan tersebut dikarenakan setiap sensor memiliki sensitifitasnya sendiri. Nilai *error* yang dihasilkan masih termasuk dalam toleransi sensor DS18B20 yaitu $\pm 5^\circ\text{C}$.

D. Pengukuran Pengiriman Data

Perangkat keras *gateway* dipasang pada lokasi di dalam Kantor Desa Nganjat dengan jarak 50 m dari *node* 1 dan 116 m dari *node* 2. Jarak *Node* 3

dengan *gateway* adalah 350 m dan tidak menggunakan koneksi LoRa tetapi menggunakan koneksi WiFi yang tersedia di lokasi untuk mengunggah data ke *database*. Hal ini digunakan untuk menghindari *delay* dan *loss packet* yang disebabkan karena jauhnya *node sensor* 3 ke *gateway*. Berdasarkan hasil pengujian, pengiriman data *node* 1 ditunjukkan pada Tabel 1, pengiriman data *node* 2 ditunjukkan pada Tabel 2, dan pengiriman data *node* 3 ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 1. Hasil Pengiriman Data *Node* 1

No	Waktu dikirim node	Waktu diterima gateway	RSSI	Delay node ke gateway (ms)	Waktu diterima data base	Delay gateway ke data base (s)
1	14:21:44.370	14:21:44.423	-110	53	14:22:47	63
2	14:22:07.798	14:22:07.998	-109	190	14:23:25	78
3	14:22:36.098	14:22:36.103	-103	3	14:23:47	131
4	14:23:06.844	14:23:06.942	-104	98	14:24:48	102
5	14:23:34.617	14:23:34.717	-105	100	14:25:10	96
6	14:23:52.572	14:23:52.677	-106	104	14:25:58	126
7	14:24:08.309	14:24:08.592	-109	283	14:26:25	137
8	14:24:30.710	14:24:30.780	-108	70	14:26:27	117
9	14:24:48.043	14:24:48.371	-109	328	14:26:42	114
10	14:25:14.090	14:25:14.290	-110	200	14:26:56	102
	rata-rata		-107,3	142,9		106,6

Berdasarkan Tabel 1 diperoleh hasil rata-rata *delay* pengiriman data dari *node sensor* 1 ke *gateway* sebesar 142,9 ms dengan rata-rata RSSI -107,3. Rata-rata *delay* pengiriman data ke *database* yaitu 106,6 s. Dari hasil pengujian, perangkat yang

dirancang sudah cukup cepat dalam mengirimkan data dan tidak ada *packet loss* ketika pengujian.

Tabel 2. Hasil Pengiriman Data *Node 2*

No	Waktu dikirim node	Waktu diterima gateway	RSSI	Delay node ke gateway (ms)	Waktu diterima database	Delay gateway ke database (s)
1	14:21:52.300	14:21:52.511	-110	211	14:22:26	34
2	14:22:16.150	14:22:16.355	-115	205	14:23:25	114
3	14:22:44.130	14:22:44.347	-116	217	14:23:56	67,2
4	14:23:17.210	14:23:18.289	-114	79	14:24:05	47
5	14:23:38.001	14:23:39.044	-115	43	14:24:59	80
6	14:23:55.360	14:23:55.574	-116	214	14:25:20	85
7	14:24:15.439	14:24:15.577	-118	138	14:26:10	115
8	14:24:34.476	14:24:34.769	-111	293	14:26:26	112
9	14:25:00.389	14:25:00.545	-115	156	14:26:55	115
10	14:25:17.598	14:25:17.600	-115	2	14:27:01	104
	rata-rata		-114,5	155,8		87,32

Berdasarkan Tabel 2 diperoleh hasil rata-rata *delay* pengiriman data dari *node sensor 2* ke *gateway* sebesar 155,8 ms dengan rata-rata RSSI -114,5 dan rata-rata *delay* pengiriman data ke *database* yaitu 87,32 s. Dari hasil pengujian, perangkat yang dirancang sudah cukup cepat dalam mengirimkan data dan tidak ada *packet loss* ketika pengujian. Kecepatan dan kestabilan pengiriman data dari *node* ke *gateway* dipengaruhi oleh jarak dan cuaca. Kecepatan pengiriman data dari *gateway* ke *database* dipengaruhi oleh internet di lokasi. Nilai RSSI yang didapat lebih kecil dari pengujian

node 1. Seperti yang dikatakan oleh Yanziah, dkk, hal ini dikarenakan jarak *node 2* ke *gateway* lebih jauh daripada jarak *node 1* ke *gateway*.

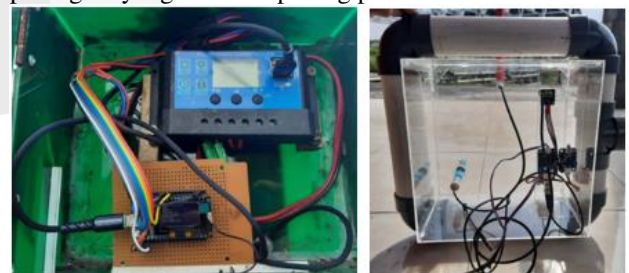
Tabel 3. Hasil Pengiriman Data *Node 3*

No	Waktu dikirim node	Waktu diterima database	Delay node ke database (s)
1	11.08.13	11.08.16	3
2	11.08.34	11.08.37	3
3	11.08.51	11.09.11	20
4	11.09.08	11.09.46	38
5	11.09.25	11.10.05	90
6	11.09.43	11.10.24	41
7	11.10.02	11.10.41	39
8	11.10.21	11.11.06	45
9	11.10.38	11.11.48	70
10	11.11.04	11.12.08	64
	Rata-rata		41,3

Berdasar Tabel 3 diperoleh hasil rata-rata *delay* pengiriman data dari *node sensor 3* ke *database* yaitu sebesar 41,3 s. Dari hasil pengujian, perangkat yang dirancang sudah cukup cepat dalam mengirimkan data dan tidak ada *packet loss* ketika pengujian. Kecepatan pengiriman data dari *node 3* ke *database* dipengaruhi oleh internet di lokasi.

E. Hasil Implementasi Sistem

Terdapat tiga sistem yang sudah dipasang di lokasi sesuai. Gambar 9(a) merupakan *box charger controller* dan TTGO32 LoRa. Gambar 9(b) merupakan *box sensor*. Gambar 10(a) merupakan perangkat yang sudah terpasang pada *node 1*. Gambar 10(b) merupakan perangkat yang sudah terpasang pada *node 2*. Gambar 10(c) merupakan perangkat yang sudah terpasang pada *node 3*.



(a) (b)

Gambar 9. *Box Charger Controller* dan TTGO32 LoRa (a) *Box Sensor* (b)



Gambar 10. Perangkat *node* 1 (a) Perangkat *node* 2
(b) Perangkat *node* 3 (c)

Perangkat terpasang dengan baik dan *box* sensor dapat menyesuaikan ketinggian air. Selain itu, solar panel belum pernah habis baterai sebagai catu daya TTGO32 LoRa selama tiga bulan pengujian yang artinya solar panel bekerja dengan efektif dan arah solar panel sudah cukup mendapat cahaya matahari untuk mengisi aki sebagai baterai.

IV. KESIMPULAN

Sistem monitoring kualitas air di Sungai Ponggok menggunakan LoRa, sebagai mitigasi gagal panen pada tambak nila di Desa Nganjat berhasil diimplementasikan. Alat yang dirancang memiliki tingkat akurasi yang baik dengan *percent error* akurasi pengujian sensor pH sebesar 1,82%, sensor *turbidity* sebesar 4,12%, dan sensor suhu sebesar 0,459% sehingga dapat digunakan untuk monitoring kualitas air tambak di Desa Nganjat dengan baik. Perancangan perangkat keras di lokasi sudah bekerja dengan baik dengan desain yang menyesuaikan ketinggian air, sehingga sensor tetap bisa membaca kualitas air ketika air sedang penuh maupun sedang sedikit. *Delay* pengiriman dari *node sensor* 1 ke *gateway* sebesar 142,9 ms dengan RSSI -107,3. *Delay* pengiriman dari *node sensor* 2 ke *gateway* sebesar 155,8 ms dengan RSSI -114,5 yang berarti data dapat terkirim secara cepat. Meskipun RSSI yang didapat masih jauh dari 0, tetapi data dapat diterima dengan baik karena tidak ada *packet loss* selama pengujian. Nilai RSSI dipengaruhi oleh jarak, semakin jauh jarak *node* ke *gateway*, maka nilai RSSI semakin kecil. Selain itu nilai RSSI juga dipengaruhi oleh kepadatan gedung. *Gateway* dipasang di dalam gedung Kantor Desa Nganjat sehingga nilai RSSI yang didapat cukup kecil. *Delay* pengiriman *node sensor* 1 dari *gateway* ke *database* sebesar 106,6 s dan *delay* pengiriman *node sensor* 2 dari *gateway* ke *database* sebesar 87,32 s, dan *delay* pengiriman *node sensor* 3 ke *database* sebesar 41,3 s yang artinya data terkirim dengan cukup cepat. Pengiriman data dari *gateway* dan *node sensor* ke *database* dipengaruhi oleh kecepatan internet yang ada di lokasi.

REFERENSI

- Aliyas, Ndobe, S., & Ya'la, Z. R. (2016). Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Ikan Nila (*Oreochromis* sp.) yang Dipelihara pada Media Bersalinitas. *Jurnal Sains dan Teknologi Tadulako*, 5(1), 19-27.
- Dahril, I., Tang, U. M., & Putra, I. (2017). Pengaruh Salinitas Berbeda terhadap Pertumbuhan dan Kelulushidupan Benih Ikan Nila Merah (*Oreochromis* sp.). *Jurnal Berkala Perikanan Terubuk*, 45(3), 67-75.
- Fadhil, M. I. (2021, Agustus 21). *Review: LoRa dengan Microchip RN2483*. Retrieved from <http://makers.id/>.
- Huzaifah, M. L. (2021, November 17). *Mikrokontroler ESP32*. Retrieved from <https://raharja.ac.id/>.
- Pangestu, D. I., & Indrawati. (2020). Potensi Desa Nganjat Sebagai Kawasan Wisata Sentra Ikan Nila., (pp. 175-185).

- Prastyo, E. A. (2020, September). *Sensor Suhu DS18B20*. Retrieved from www.edukasielektronika.com.
- Puspitasari, N. F. (2014). Analisis RSSI (Receive Signal Strength Indicator) Terhadap Ketinggian Perangkat Wi-Fi Di Lingkungan IndoR. *Jurnal Ilmiah Dasi*, 15(4), 32-38.
- Rahayuningtyas, A., Kuala, S. I., & Apriyanto, I. F. (2014). Studi Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Skala Rumah Sederhana di Daerah Pedesaan Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Untuk Mendukung Program Ramah Lingkungan dan Energi Terbarukan. *Seminar Nasional Penelitian dan PKM Sains, Teknologi dan Kesehatan*, (pp. 223-230).
- Seneviratne, P. (2019). *Beginning LoRa Radio Networks with Arduino*. California: Appress.
- Siegers, W. H., Prayitno, Y., & Sari, A. (2019). Pengaruh Kualitas Air Terhadap Pertumbuhan Ikan Nila Nirwana (*Oreochromis Sp.*) pada Tambak Payau. *The Journal of Fisheries Development*, 3(2), 95-104.
- Sitorus, N. B. (2017). *Pendeteksian Ph Air Menggunakan Sensor Ph Meter V1.1 Berbasis Arduino Nano*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Sulistyo, M. T., Somawirata, K., & Sotyo Hadi. (2019). *Sistem Pengukuran Kadar Ph, Suhu, Dan Sensor Turbidity Pada Limbah Rumah Sakit Berbasis Arduino UNO*. Malang: ITN Malang.
- Suyanto, S. R. (2011). *Pembenihan dan Pembesaran Nila*. Depok: Penebar Swadaya.
- Yanziah, A., Soim, S., & Rose, M. M. (2020). Analisis Jarak Jangkauan LoRa dengan Parameter RSSI dan Packet Loss pada Area Urban. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 13(1), 59-67.
- Yasin, K. (2019, July 24). *Pengertian MySQL, Fungsi, dan Cara Kerjanya (Lengkap)*. Retrieved from www.niagahoster.co.id.