

Perancangan dan Implementasi Sistem Kontrol dan Monitoring Pemberian Pakan Ikan Otomatis Pada Keramba Jaring Apung Menggunakan Modul Komunikasi LoRa

Design and Implementation of Control and Monitoring System for Automatic Fish Feeding in Floating Net Cages Using LoRa Communication Module

Afri Yudamson¹, Muhammad Mufid Ridho², Syaiful Alam³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung
Jl. Sumantri Brojonegoro No 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

Informasi Makalah

Dikirim, 25 Juni 2024
Diterima, 27 Juni 2024
Diterbitkan, 30 Juni 2024

Kata Kunci:

Mappi32
LoRa
Aplikasi
MIT App Inventor
Keramba Apung

INTISARI

Indonesia memiliki banyak nelayan yang mengandalkan budidaya ikan laut untuk mata pencaharian mereka. Metode keramba jaring apung menjadi pilihan populer karena efisiensi dan keamanannya. Namun, tantangan utama adalah jarak keramba dari daratan yang memerlukan waktu, tenaga, dan biaya untuk memberi makan ikan. Untuk mengatasi ini, pemberian pakan secara otomatis berbasis Mappi32 telah dilakukan. Namun, tantangan lain muncul dalam bentuk koneksi internet yang tidak stabil di daerah laut. Sebagai solusi, *Long Range* (LoRa), sistem komunikasi *Low Power Wide Area Network* (LPWAN) yang mampu mentransmisikan data jarak jauh, digunakan sebagai alternatif untuk komunikasi data nirkabel. Penelitian ini merancang dan menguji sistem pengendalian dan pemantauan alat pakan ikan otomatis berbasis aplikasi yang dibuat menggunakan *MIT App Inventor* menggunakan modul LoRa pada frekuensi 915MHz di keramba jaring apung. Aplikasi Android digunakan sebagai sistem pengendalian dan pemantauan terintegrasi melalui mikrokontroler yang terhubung *Bluetooth*. Sistem pemantauan pada alat pakan ikan otomatis ini dapat beroperasi memantau ketersediaan pakan ikan menggunakan sensor ultrasonik HCSR-04 dengan nilai *error* sebesar 1,22% dan jarak pancar data mencapai jarak 310 m dengan persentase kegagalan sebesar 12,9%. Sistem pengendalian dapat melakukan pelontaran pakan serta mengatur kondisi penerangan secara langsung menggunakan aplikasi tanpa penjadwalan khusus pada jarak maksimal 320 m.

ABSTRACT

Indonesia has many fishermen who rely on marine fish farming for their livelihood. The floating net cage method is popular due to its efficiency and safety. However, the distance of the cages from shore poses challenges, requiring time, effort, and costs to feed the fish. To address this, an automatic feeding system based on Mappi32 has been implemented. Yet, unstable internet connections in marine areas present another issue. As a solution, Long Range (LoRa), a Low Power Wide Area Network (LPWAN) capable of long-distance data transmission, is used for wireless communication. This study designs and tests a control and monitoring system for an automatic fish feeder using MIT App Inventor and the LoRa module at 915MHz in floating net cages. The Android application functions as an integrated control and monitoring system via a Bluetooth-connected microcontroller. The monitoring system can check feed availability with an HCSR-04 ultrasonic sensor, boasting an error rate of 1.22% and a data transmission range of up to 310 meters with a failure rate of 12.9%. The control system can dispense feed and adjust lighting directly through the app, with a maximum range of 320 meters.

Keyword:

Mappi32
LoRa
Application
MIT App Inventor
Floating Net Cages

Korespondensi Penulis:**Afri Yudamson**

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung
Jl. Sumantri Brojonegoro No 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia
Email : afri.yudamson@eng.unila.ac.id

1. PENDAHULUAN

Indonesia, sebagai negara kepulauan dengan 17.504 pulau, memiliki kondisi geografis yang melahirkan daerah pesisir yang luas, menjadi sumber daya utama bagi masyarakat nelayan [1]. Perairan laut Indonesia kaya akan sumber daya alam, dimanfaatkan oleh nelayan sebagai mata pencaharian. Pertumbuhan produksi perikanan negara sebagian besar disebabkan oleh budidaya perikanan [2]. Metode budidaya ikan, khususnya melalui keramba jaring apung, menjadi pilihan utama karena kelebihannya dalam ekonomi, pengelolaan lahan, dan keamanan dari predator atau pencurian. Namun, kendala muncul terkait jarak keramba yang jauh dari daratan, menyulitkan akses nelayan dan menguras waktu serta biaya dalam pemeliharaan harian [3]. Pemberian pakan dilakukan dengan cara mendistribusikan pakan ikan langsung ke arah tambak sehingga membutuhkan waktu lebih lama [4]. Sementara itu, perkembangan teknologi otomasi yang umumnya diterapkan di perkotaan belum sepenuhnya diterapkan di daerah pedesaan dan pesisir, tempat banyak nelayan beraktivitas. Solusi yang diusulkan adalah menggunakan mesin pakan ikan otomatis berbasis mikrokontroler yang dapat dikendalikan lewat aplikasi Android. Mesin ini mengatasi kendala akses jarak dan waktu, meningkatkan efisiensi, dan mengurangi biaya dan tenaga. Kendala koneksi internet di daerah pesisir diatasi dengan teknologi *Long Range* (LoRa) sebagai media komunikasi *wireless* [5].

Penelitian ini merancang sistem yang memanfaatkan aplikasi Android tanpa koneksi internet untuk mengendalikan mesin pakan ikan otomatis di keramba jaring apung. Pengujian dilakukan terhadap modul LoRa pada frekuensi 915MHz dengan jarak tertentu. Tujuan lainnya mencakup pembuatan aplikasi Android untuk pengendalian dan pemantauan, serta integrasi aplikasi dengan mikrokontroler melalui koneksi *Bluetooth*. Penelitian mengusulkan bahwa alat yang dirancang dapat melakukan komunikasi data dua arah (duplex) menggunakan modul LoRa untuk mengendalikan dan memantau alat pakan ikan otomatis pada jarak ratusan meter melalui aplikasi Android. Pengujian dilakukan dengan membaca data dari sensor dan aktuator, mengirimkannya melalui LoRa, dan membacanya melalui mikrokontroler lain, kemudian mentransfer data ke aplikasi Android melalui *Bluetooth* secara online. Aplikasi dibuat menggunakan platform *MIT App Inventor*.

Pembuatan Alat Penebar Pakan Ikan Otomatis Berbasis Mikrokontroler bagi Peternak Ikan Lele di Desa Suka Maju (2022) membahas tentang budidaya ikan lele, spesies ikan air tawar yang disukai oleh masyarakat. Adha Farm, peternak ikan lele yang berlokasi di Desa Suka Maju, Kecamatan Sungal, Kabupaten Deli Serdang, bergerak dalam bidang pembibitan dan pembesaran ikan lele. Untuk mengatasi masalah ini, tim mengembangkan alat penebar pakan ikan otomatis berbasis mikrokontroler yang terintegrasi dengan pemantauan suhu dan pH di kolam ikan. Implementasi alat ini telah meringankan beban kerja Adha Farm dalam penjadwalan pemberian pakan ikan secara efektif dan efisien, sehingga meningkatkan produktivitas budidaya ikan lele [6].

Dalam penelitian berjudul "Penggunaan *MIT App Inventor* untuk Merancang Aplikasi Pembelajaran Berbasis Android" (2021), di mana para guru diberikan pelatihan bagaimana membuat sebuah aplikasi tanpa perlu pemahaman pemrograman. Penelitian ini memberikan pelatihan kepada guru untuk membuat media pembelajaran berbasis android yang inovatif dan menarik menggunakan platform *MIT App Inventor*. Tujuan penelitian ini adalah memberikan pengetahuan dan pengalaman kepada guru dalam membuat media pembelajaran berbasis android tanpa perlu koding [7].

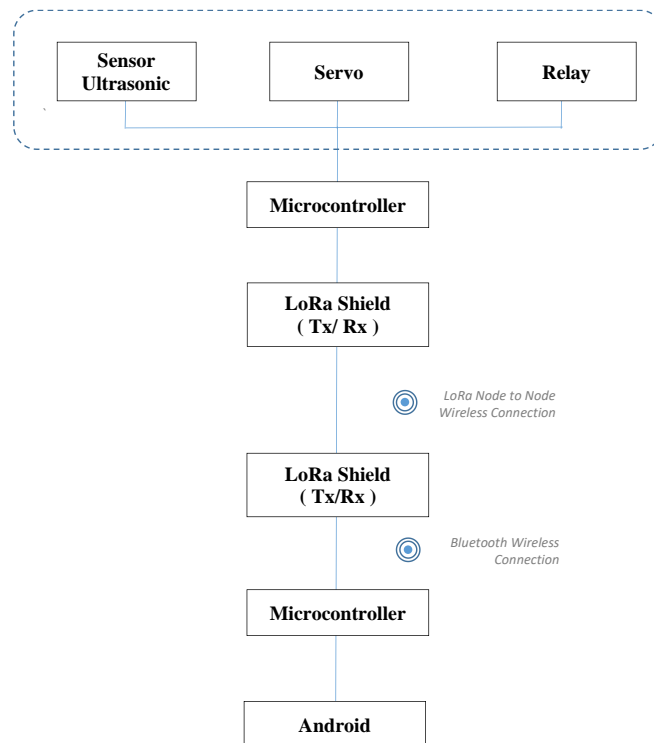
Penelitian oleh [8] membahas tentang teknologi LoRa dalam konteks IoT. Penelitian ini mengimplementasikan metode *master-slave* dalam pengiriman data untuk mencegah tabrakan data. Dua node LoRa ditempatkan jauh dari satu gateway LoRa dalam mode *half-duplex*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa data berhasil diterima pada jarak 1 km untuk *Line of Sight* (LoS) dan 500 m untuk *Non-Line of Sight* (NLoS). Data yang diterima oleh gateway LoRa dapat dipantau secara real-time di *Thingspeak* dengan *delay* hanya 0,139 detik, yang termasuk dalam kategori sangat baik. Penelitian oleh [9] menggunakan mikrokontroler arduino R3 dan ESP32 sebagai pengontrol. Penelitian oleh [10] menggunakan motor listrik, pipa pelontar, drum penampung, dan kerangka Autofeeder. Penelitian oleh [11] menggunakan sensor proximity, sensor jarak *infrared* dan Platform *Blynk*. Penelitian [12] menggunakan ESP-32 CAM, sensor ultrasonik, modul RTC dan motor servo [12].

Pada penelitian ini terdapat keterbaruan dari sebelumnya yaitu penggunaan mikrokontroler terbaru Mappi32 yang terintegrasi dengan modul LoRa yang merupakan buatan asli Indonesia. Sistem pemantauan akan mengirimkan sinyal berupa data pakan ikan dan menampilkannya lewat aplikasi. Pada aplikasi juga terdapat penambahan fitur seperti pengendalian langsung pelontaran pakan dan penerangan.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Perancangan Sistem

Kegiatan ini mencakup perancangan, pembuatan, dan integrasi alat. Tahap perancangan meliputi gambaran umum alat dan simulasi menggunakan perangkat lunak. Pada tahap pembuatan, *hardware* dirangkai dan program diunggah sebagai algoritma sistem.

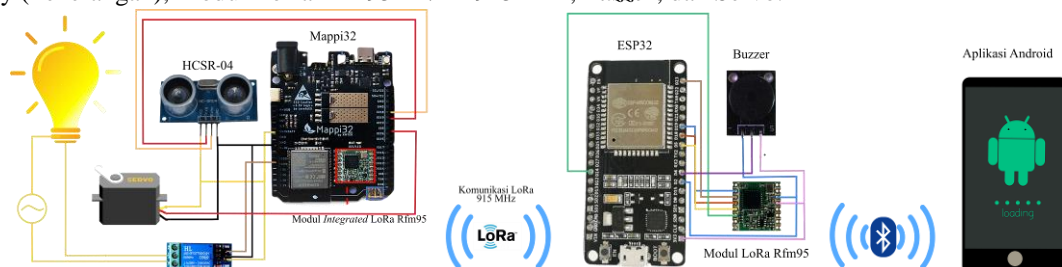


Gambar. 1 Diagram Skema Alat

Secara umum kerja sistem terbagi menjadi dua bagian yaitu pengendalian dan pemantauan. Aktivitas sensor dan aktuator berperan sebagai data input dan output dalam sistem alat pemberi pakan ikan otomatis. Data yang dihasilkan mencakup persentase pakan, sisa lontaran pakan dan status lampu (*on/off*). Data ini kemudian diproses oleh Mappi32 dan dikirim melalui modul LoRa yang terintegrasi langsung pada board Mappi32. Modul LoRa pada ESP32 menerima data tersebut, yang selanjutnya diterjemahkan dan dipancarkan melalui *Bluetooth* untuk ditampilkan pada aplikasi android. Dengan demikian, sistem ini memungkinkan pemantauan dan kontrol secara bersamaan.

2.2. Perancangan Hardware

Komponen utama dalam rangkaian komunikasi alat ini meliputi Mappi32, ESP32, Sensor Ultrasonik HCSR04, Relay (Penerangan), Modul LoRa Rfm95 Tx/Rx 915MHz, *Buzzer*, dan Servo.



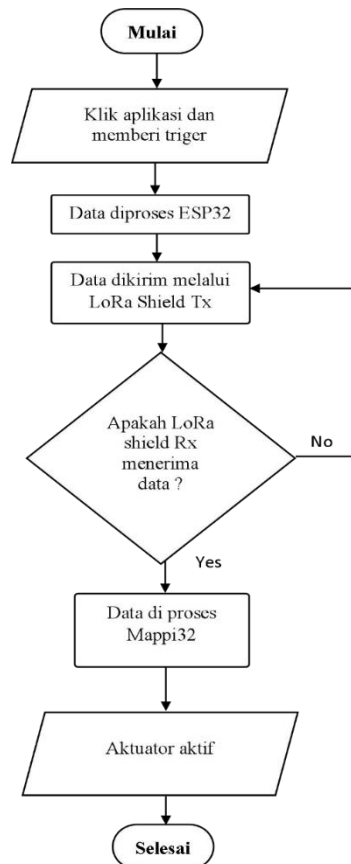
Gambar. 2 Rangkaian Sistem Pemantauan dan Pengendalian Pakan Ikan Otomatis

Dalam sistem pemantauan, alat beroperasi saat komponen seperti sensor ultrasonik HCSR-04, servo pelembar pakan, dan penerangan aktif. Mappi32 memancarkan data kondisi sensor dan aktuator melalui modul LoRa *shield transmitter* pada frekuensi radio 915 MHz[13], yang diterima oleh LoRa *shield receiver* pada ESP32 dan dipancarkan kembali via *Bluetooth* ke aplikasi Android. Dalam proses kontrol, aplikasi berkomunikasi dengan ESP32 via *Bluetooth*. Setelah tombol kontrol diaktifkan, data dikirim dari ESP32, ditransmisikan melalui modul LoRa *Shield*, dan diterima oleh Mappi32. Suksesnya kontrol pelepasan pakan ditandai dengan notifikasi suara *buzzer* dan status penerangan ditampilkan di aplikasi. Sistem kontrol ini bersifat *close loop*, menggunakan output sistem sebagai umpan balik untuk penyesuaian dan pencapaian keberhasilan pengendalian.

2.3. Diagram Alir

Gambar 3. menunjukkan proses pengendalian sistem dimulai saat sistem mulai beroperasi. Prasyarat utama untuk memulai instruksi ini adalah adanya koneksi yang sudah terjalin antara perangkat Android dan ESP32 melalui *Bluetooth*. Ketika pengguna melakukan aksi “klik” pada salah satu tombol yang ada di aplikasi, perangkat Android akan memberikan sinyal pemicu atau ‘*trigger*’. Selanjutnya, data dikirim menuju ke Mappi32 melalui komunikasi LoRa. Data ini dikirim melalui modul LoRa *transmitter* yang sebelumnya sudah terhubung ke ESP32. Jika data yang dikirimkan oleh *transmitter* tidak berhasil diterima oleh modul LoRa *receiver*, sistem akan melakukan proses pengulangan atau ‘*looping*’ pengiriman data sampai data berhasil diterima oleh *receiver*.

Setelah data diterima, data tersebut kemudian diteruskan ke Mappi32 untuk diproses lebih lanjut. Data ini kemudian diterjemahkan menjadi satu paket data yang siap dikirimkan melalui modul LoRa. Paket data ini berisi beberapa data di dalamnya, di mana setiap data menginstruksikan perintah tertentu untuk melakukan proses pengendalian. Proses ini memastikan bahwa sistem dapat berfungsi dengan baik dan efisien, dengan memanfaatkan teknologi komunikasi LoRa dan *Bluetooth* untuk memfasilitasi transfer data yang cepat dan akurat antara berbagai komponen sistem. Dengan demikian, sistem dapat merespon dengan cepat terhadap input dari pengguna dan melakukan tindakan yang diperlukan untuk memastikan operasi yang lancar dan efisien.

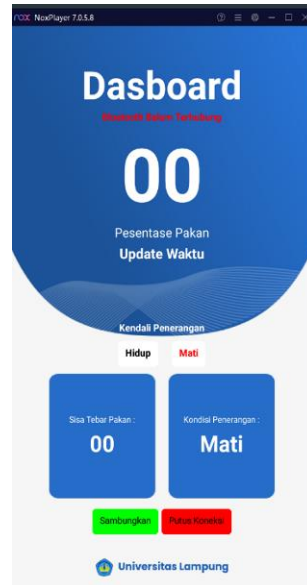


Gambar 3. Diagram Alir Kerja Alat

2.4. Perancangan Software

Aplikasi android yang berfungsi sebagai pusat kontrol dan pemantauan, dibuat menggunakan *platform* MIT App Inventor. *Platform* ini menggunakan metode *drag-and-drop* dalam setiap perintah kode bloknya, memudahkan proses pemrograman[14].

Aplikasi dijalankan menggunakan emulator dengan kode blok yang disusun berdasarkan algoritma dan sistem yang telah dibuat. Fungsi *built-in* dalam kode blok memudahkan proses pemrograman. Setelah kode blok disusun dan algoritmanya sesuai rancangan, aplikasi dijalankan menggunakan *Nox Player*, emulator Android pada Windows. Dengan spesifikasi minimum Android versi 2.1 (*Eclair*), aplikasi ini kompatibel dengan semua perangkat Android saat ini

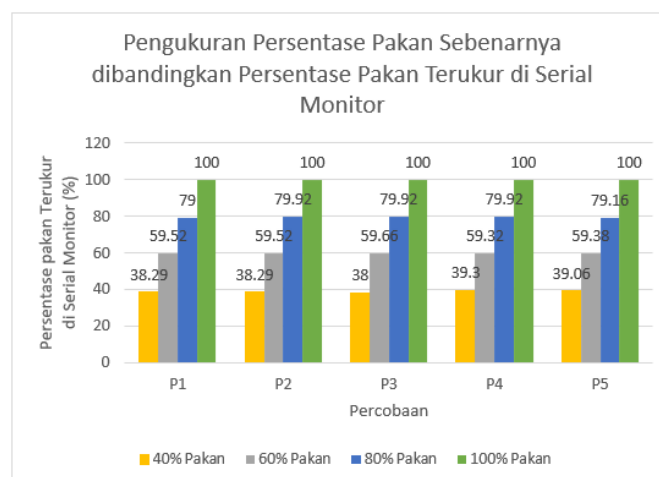


Gambar 4. Perancangan *Software* Aplikasi Pengendalian dan Pemantauan Alat Pakan Ikan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Sensor Ultrasonic HCSR-04 terhadap Presentase Pakan

Pengujian dilakukan untuk menilai persentase pakan dari jarak terukur pada wadah menggunakan sensor HCSR-04.

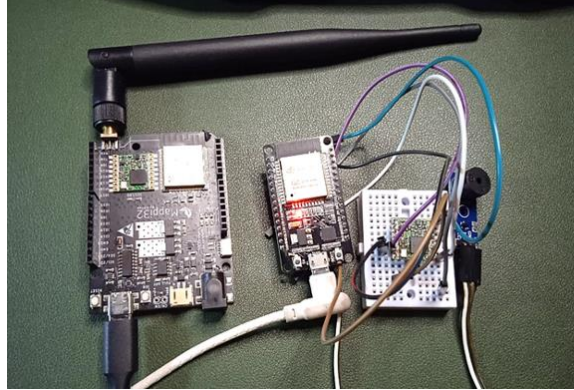


Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Jarak Sensor terhadap Jarak Sebenarnya

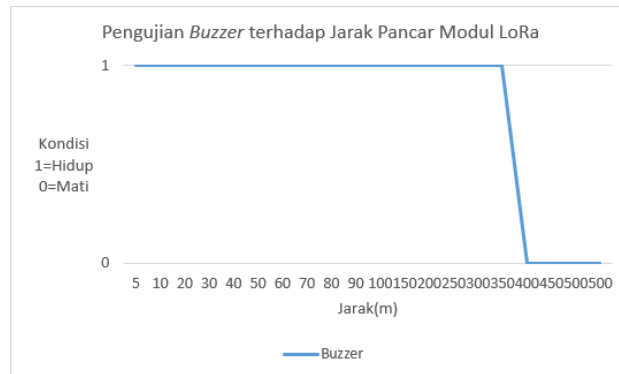
Gambar 5. Menunjukkan grafik empat variabel persentase pakan yaitu 40%, 60%, 80% dan 100%. Dari lima kali percobaan, hasil pengukuran menunjukkan kesesuaian nilai dengan rata-rata error pada setiap jarak berturut-turut 3,53%, 0,86%, 0,52% dan 0% dengan rata-rata keseluruhan 1,22%. Di mana nilai yang dibaca sensor mendekati nilai yang ditetapkan.

3.2. Pengujian Modul LoRa

LoRa adalah singkatan dari Long Range dan merupakan teknologi komunikasi nirkabel berbasis *wide-area-network* (WAN) yang dirancang untuk mengirim data dengan jarak jauh dan tingkat baterai yang rendah [15]. LoRa memanfaatkan frekuensi radio yang luas untuk mengirimkan data dengan tingkat enkripsi yang tinggi dan efisiensi spektrum yang baik. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan jarak maksimum yang dapat dicapai oleh sinyal dari modul LoRa.



Gambar 6. Rangkaian Pengujian Jarak Pancar dan Jarak Terima Modul LoRa

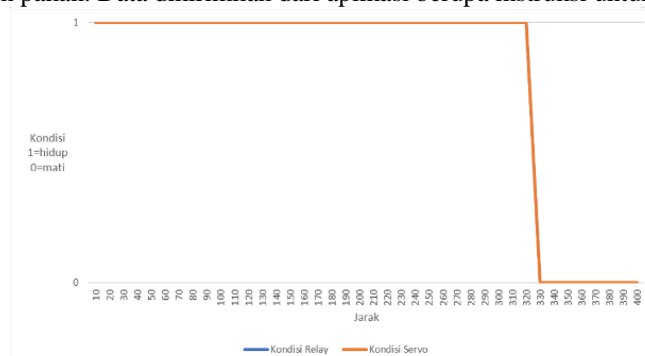


Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Jarak Pancar Modul LoRa terhadap Buzzer

Berdasarkan Gambar 7. diketahui bahwa *buzzer* dapat menyala pada jarak 5 m-350 m. Kemudian pada jarak di atas 350-550 m buzzer dalam keadaan mati. Dengan demikian sinyal LoRa dapat diterima pada jarak 5 m-350 m. Dapat disimpulkan bahwa LoRa bekerja dengan baik sampai pada jarak 350 m.

3.3. Pengujian Sistem Pengendalian Alat Pakan Ikan Otomatis

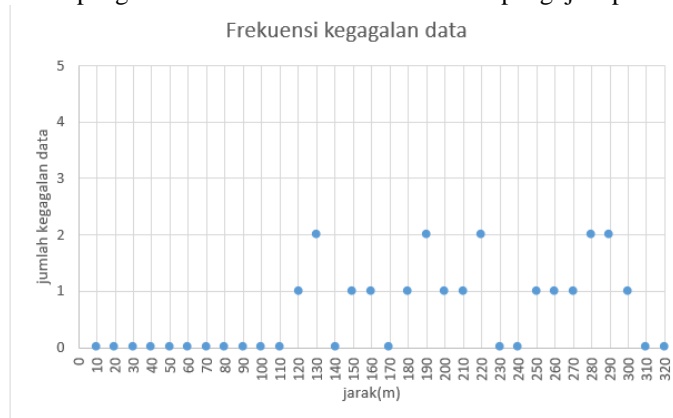
Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah fitur pengendalian aktuator pada alat pakan ikan sudah sesuai dengan rancangan. Fitur pengendalian mengatur kondisi beberapa aktuator yaitu *relay* penerangan dan motor servo untuk melontarkan pakan. Data dikirimkan dari aplikasi berupa instruksi untuk menghidupkan aktuator.



Gambar 8. Menunjukkan grafik data hasil pengujian pengendalian sistem dapat diketahui bahwa aktuator aktif ketika dikendalikan dalam rentang jarak 10 m sampai 320 m. Hal tersebut dibuktikan dengan bunyi *buzzer* yang ada di ESP32. Adapun ketika jarak 330 m sampai dengan 400 m aktuator tidak aktif, ditandai dengan tidak ada bunyi pada *buzzer*.

3.4. Pengujian Sistem Pemantauan Alat Pakan Ikan Otomatis

Pengujian ini bertujuan untuk memeriksa data yang diterima pada sistem pemantauan alat pakan ikan otomatis apakah data yang dikirim dapat diterima oleh *receiver*. Jarak pengujian diukur dengan mencari titik koordinat pada Google Maps. Data yang dipantau sebelumnya telah dilakukan pengkondisian dengan menyesuaikan jarak yang diukur pada sensor ultrasonic HCSR-04 pada wadah pakan. Variabel yang akan dipantau berupa keberhasilan pengiriman data. Berikut adalah rincian pengujian pada alat pakan ikan otomatis.



Gambar 9. Error Data yang Diterima pada Sistem Pemantauan

Gambar 9. Diketahui bahwa sistem dapat menerima sinyal data. Jarak yang dapat dijangkau sinyal adalah rentang 0m sampai dengan 310 m dengan nilai kegagalan menerima data sebesar 12,9%. Gambar grafik menunjukkan bahwa pemantauan sistem tidak mengalami kegagalan pada jarak 10 m sampai dengan 110 m. Kemudian muncul *error* pada data di jarak 120 m sampai 320 m dengan jumlah kegagalan maksimal sebanyak 2 kali dalam 5 kali percobaan setiap jarak pengujian. Adanya kegagalan data dikarenakan hambatan bergerak diantaranya kendaraan dan dahan pepohonan yang tertiuap angin. Adapun pada jarak 320 m sampai dengan 350 m, data tidak dapat diterima oleh *receiver*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa sistem pengendalian dan pemantauan pakan ikan otomatis untuk keramba jaring apung telah berhasil beroperasi sesuai dengan rancangan awal. Sinyal pancar pada modul LoRa mampu menjangkau jarak hingga 350 m. Aplikasi Android yang telah dirancang dapat melakukan komunikasi *Bluetooth* pada jarak 13 m dan delay 2 detik. Selain itu, integrasi antara aplikasi Android dan ESP32 menggunakan komunikasi *Bluetooth* telah berhasil, memungkinkan kendali dan pemantauan efektif pada alat pakan ikan otomatis.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah DIPA Fakultas Teknik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Martha, Sukendra. "The analysis of geospatial information for validating some numbers of islands in Indonesia." *The Indonesian Journal of Geography* 49.2 (2017): 204-211.
- [2] Sukarni Sukarni, Malik Abdurrachman, Ardianto Prasetyo, Avita Ayu Permanasari, Poppy Puspitasari, Heru Suryanto. "Rancang Bangun TTG I-Bite (IoT Basic Automatic Smart Feeder) untuk Meningkatkan Kapasitas Produksi Tambak Ikan Lele." *Jurnal KARINOV* 4.1 (2020): 13-17.
- [3] Fau, Yohanna Theresia Venty, dan Yan Piter Basman Ziralu. "Strategi Budidaya Ikan Kerapu Dengan Memakai Sistem Keramba Jaring Apung Di Pulau-Pulau Batu." *Jurnal Education and Development* 10.1 (2022): 553-558.
- [4] Sodik, Moh Maulana Fajar, ALI AKBAR, and HARIS MAHMUDI. Rancang Bangun Alat Pelontar Pakan Ikan Otomatis Skala UMKM Dengan Kapasitas Pelontaran Maksimal 3 Meter. Diss. Universitas Nusantara PGRI Kediri, 2022.
- [5] Murdyantoro, E., Rosyadi, I., & Septian, H. (2019). Studi Performansi Jarak Jangkauan LoRa OLG01 Sebagai Infrastruktur Konektivitas Nirkabel Iot. *Dinamika Rekayasa*, 15(1), 47-56.
- [6] Bukit, Ferry Rahmat Astianta, Arman Sani, dan Dian Morfi Nasution. "Pembuatan Alat Penebar Pakan Ikan Otomatis Berbasis Mikrokontroler bagi Peternak Ikan Lele di Desa Suka Maju." *E-Dimas: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat* 13.2 (2022): 222-227.
- [7] Edriati, S., Husnita, L., Amri, E., Samudra, A. A., & Kamil, N. (2021). Penggunaan Mit App Inventor untuk Merancang Aplikasi Pembelajaran Berbasis Android. *E-Dimas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*.

- [8] Yoshua, A., Primananda, R., & Budi, A. S. (2020). Implementasi Pengiriman Data Multi-Node Sensor Menggunakan Metode Master-slave pada Komunikasi LoRa. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 4(10), 3445-3454.
- [9] Almufaridz, Prayogo Khanua, Mila Kusumawardani, and Rachmad Saptono (2021). "Telecontrolling Smart Fish Feeder Berbasis Mikrokontroler Dan Aplikasi Android." *Jurnal Jaringan Telekomunikasi (Journal of Telecommunication Networks)* 11.4: 228-237.
- [10] A Marsha Alviani, Setyawan Dwi Nugroho, Rizki Ilmal Yaqin (2020). "Rancang Bangun Autofeeder dengan Pelontar Berbahan Poly Vinil Chloride (PVC) untuk Tambak Udang." *COJ (Coastal and Ocean Journal)* Vol. 4, No. 2, Desember: 71 – 76.
- [11] Chaidir, Ali Rizal, Gamma Aditya Rahardi, and Haidzar Nurdiansyah. "Alat Bantu Pemberi Pakan Ikan Budidaya dengan Sistem Monitoring Sisa Pakan dan Pakan Keluar Berbasis IoT." *Procedia of Engineering and Life Science* Vol 1.2 (2021).
- [12] Laxmy Devy, Sekar Naviola, Adi Chandranata, Suryadi, M. Irmansyah (2021). " Rancang Bangun Alat Pemberi Makan Ikan Menggunakan Blynk untuk KerambaJaring ApungBerbasis IoT." *Elektron Jurnal Ilmiah* Volume 13 Nomor 2 Desember, 53-59.
- [13] Michael Paul Smart Simbolon, Heru Wijanarko, Fitriyanti Nakul, Rahmi Mahdaliza (2021). " Penerapan Komunikasi Nirkabel LoRa pada Sistem Pencatat Kehadiran Portabel." *Journal of Applied Electrical Engineering*, Vol. 5, No. 2, December, 30-35.
- [14] Prianbogo, A. A. (2022). "Pengembangan Modul Elektronik Berbasis Android Dengan Aplikasi MIT APP Inventor pada Mobile Learning Mata Pelajaran Penataan Produk Kelas XI BDP SMK. " *Jurnal Pendidikan Tata Niaga (JPTN)*, 10(1), 1669-1678.
- [15] Fathan Muhammad, Adhitya Bhawiyuga, Dany Primanita Kartikasari (2019). "Analisis Kinerja Protokol LoRaWAN untuk Transmisi Data pada Skenario Urban Area. " *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* e-ISSN: 2548-964X Vol. 3, No. 9, September, 9054-9060.