

**Desain Jaringan LoRa Mesh Pada Sistem Monitoring Pelanggaran Zona Tangkap Ikan
Oleh Kapal Nelayan Tradisional
(Studi Kasus : Selat Malaka)**

Depandi Enda¹, Rezki Kurniati², I Made Surya Kumara³

Politeknik Negeri Bengkalis^(1, 2)

Universitas Warmadewa⁽³⁾

depandienda@polbeng.ac.id¹, rezki@polbeng.ac.id², suryakumara33@gmail.com³

Abstract

Fishing Zones are designated areas for fish catches allocated to fishermen and permitted by the Indonesian government, as stipulated in Government Regulation No. 11 of 2023 regarding measured fishing, which establishes the Fisheries Management Areas of the Republic of Indonesia (WPPNRI) in the marine and high seas. The WPPNRI has determined that fishing zones in the high seas follow Indonesia's Exclusive Economic Zone (EEZ), which extends 200 nautical miles from the coastline baseline. Understanding the boundaries of fishing zones and mastering navigation technology are crucial for traditional fishermen to avoid violations and ensure their safety. Moreover, a monitoring system could provide a solution to reduce violations of fishing zones. The proposed monitoring system aims to provide real-time information to fishermen when they are about to breach fishing zones and to assist navigation authorities in monitoring fishing vessel movements, particularly for traditional fishing boats that lack adequate navigation equipment. To minimize production costs for data transmitter devices (transponders) and enable two-way communication between fishing vessels and monitoring stations, the monitoring system is designed using LoRa devices based on the LoRaWAN network for communication. However, the implementation of the LoRaWAN-based monitoring system faces challenges, particularly the limited signal coverage between the LoRa transponder devices and the gateway. To address this issue, this study proposes the use of a LoRa Mesh network as a communication method between LoRa end devices and the gateway. Instead of transmitting data directly to the gateway, which may be located at a considerable distance, the transponder devices can relay data through nearby transponder devices to reach the closest gateway. This design offers a solution to extend the signal coverage of LoRa transponder devices to the gateway using a LoRa Mesh network configuration.

Keywords : Monitoring System, Fishing Zone, Lora Mesh, Traditional Fisherman

1. PENDAHULUAN

Menurut Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 11 Tahun 2023 tentang penangkapan ikan terukur, menetapkan bahwa Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia (WPPNRI) di perairan laut dan laut lepas. WPPNRI merupakan wilayah pengelolaan perikanan untuk penangkapan ikan dan pembudidayaan ikan yang meliputi: Perairan Indonesia, Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) Indonesia, Sungai, Danau, Waduk, Rawa; dan genangan air lainnya yang potensial untuk diusahakan di wilayah Negara Republik Indonesia (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2023 tentang Penangkapan Ikan Terukur, 2023).

WPPNRI dapat dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia untuk melakukan aktivitas-aktivitas di perairan seperti penangkapan ikan, pemancingan ikan, tambak ikan dan kegiatan lainnya guna mendukung peningkatan ekonomi masyarakat. WPPNRI ini juga dijadikan sebagai acuan bagi para nelayan untuk melakukan aktivitas penangkapan ikan di wilayah

perairan Indonesia. Menurut WPPNRI wilayah tangkapan ikan yang diizinkan oleh pemerintah Indonesia menggunakan dasar acuan Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) yaitu zona yang luasnya 200 mil laut dari garis dasar pantai. Jika para nelayan mencari ikan di luar dari zona yang telah ditentukan atau melanggar aturan-aturan yang telah ditetapkan dalam melaut, maka mereka akan ditangkap dan diinterogasi oleh pihak yang berwenang baik dari pemerintah setempat maupun otoritas dari negara lain, karena telah melanggar peraturan hukum maritim internasional.

Beberapa kasus pelanggaran zona tangkap ikan yang dialami oleh para nelayan, umumnya terjadi di wilayah perairan Indonesia yang berbatasan langsung dengan negara tetangga. Salah satu wilayah yang banyak terjadi pelanggaran adalah wilayah perairan Selat Malaka. Karena Selat Malaka ini bersinggungan langsung dengan negara jiran yaitu Malaysia dan Singapura. Banyak para nelayan di wilayah Riau Pesisir dan Riau Kepulauan ditangkap karena melanggar batas zona tangkapan ikan baik itu secara sengaja maupun tidak disengaja, karena beberapa kondisi yang terjadi diluar kendali saat melaksanakan aktivitas penangkapan di laut, seperti mesin motor mati, ombak kuat dan hal-hal tidak terduga lainnya.

Kasus penangkapan kapal nelayan tradisional di perbatasan wilayah laut Indonesia, Malaysia dan Singapura baru-baru ini sering terjadi, menurut data dari Koran harian Kompas, sejak tahun 2019 telah lebih dari 100 orang nelayan pesisir Selat Malaka ditangkap oleh Polisi Maritim Negara Malaysia, hal ini dikarenakan kapal nelayan tradisional tersebut menangkap ikan di luar dari zona tangkap ikan atau WPPNRI (Kompas.id, 2018). Contohnya adalah kasus 8 Nelayan yang berasal dari Pulau Serasan Kepri ditangkap dan ditahan oleh Polisi Malaysia karena diduga melanggar batas tangkap ikan (Gusmeri, 2024). Meskipun belum sepenuhnya melewati batas wilayah tangkap ikan Malaysia, nelayan-nelayan tersebut sudah terlanjur ditahan, mayoritas nelayan di Kepri masih tradisional, baik dari segi sarana maupun peralatan tangkap yang digunakan. Ditambah lagi, mereka tidak memiliki perangkat navigasi yang memadai untuk membantu memberikan arah pada kapal saat berlayar.



Gambar 1. Nelayan Tradisional Pulau Batam Menangkap Ikan di Daerah Perbatasan Indonesia-Singapura

Kemudian kasus 6 Nelayan Bintan Kepulauan Riau, yang ditangkap polisi Malaysia saat melaut, bahkan kejadian penahanan terhadap nelayan ini sudah terjadi berulang kali, Pasalnya, Perairan Pulau Awor di Kepulauan Riau memang menjadi daerah perbatasan yang berbatasan langsung dengan perairan Malaysia. UU Nomor Tahun 2016 tentang Perlindungan Nelayan, Pembudidaya, dan Petambak Garam sudah menjadi tugas negara untuk menjamin dan melindungi nelayan. Kronologi penangkapan bermula ketika nelayan tersebut melaut pada Kamis, 8 Juli 2021 pukul 02.00 WIB. Ketiga nelayan ini menggunakan kapal kecil berukuran 3 GT dan membawa alat tangkap berupa rawai dan pancing. Area nelayan memancing adalah pada titik kordinat 104 derajat dengan nomor GPS 35.36 di Perairan Pulau Awor, diperkirakan sekitar 52 mil dari bibir pantai Kampung Masiran ke arah barat mendekati kawasan Johor Baru. Biasanya nelayan tersebut melaut 2-3 hari. Namun tiba-tiba salah satu nelayan menghubungi pemilik kapal sekira pukul 20.00 WIB pada 11 Juli 2021 menggunakan media perpesanan WA yang menyatakan mereka telah ditahan oleh polisi Malaysia dan meminta pertolongan. Selain itu, tiga orang juga ditahan dengan masalah yang sama akibat mesin rusak dan akhirnya masuk ke perairan negara tetangga (Yahya, 2021).

Selain telah ditetapkannya Zona Penangkapan Ikan Terukur, PP No 11 Tahun 2023 turut mengatur mengenai Kuota Penangkapan Ikan pada Zona Penangkapan Ikan Terukur di mana kuota tersebut dihitung berdasarkan potensi sumber daya ikan yang tersedia dan jumlah tangkapan yang diperbolehkan dengan mempertimbangkan tingkat pemanfaatan sumber daya ikan. Oleh karena itu, pemahaman tentang zona tangkap ikan, kuota tangkapan, potensi sumber daya ikan serta penguasaan teknologi navigasi sangat penting diketahui oleh nelayan, agar tidak melanggar aturan hukum maritim internasional yang telah ditetapkan.

Adanya sistem monitoring juga dapat memberikan solusi untuk mengurangi aktivitas pelanggaran zona tangkap ikan yang terjadi selama ini. Sistem monitoring yang dibuat dapat memberikan informasi secara *realtime* dan lebih awal kepada para nelayan, ketika hendak melanggar zona tangkapan ikan. Selain itu, juga dapat membantu pihak navigasi dalam memantau pergerakan kapal nelayan, khususnya kapal nelayan tradisional yang belum memiliki perangkat navigasi atau GPS yang memadai. Sistem monitoring yang dirancang menggunakan perangkat akhir LoRa berbasis jaringan LoRaWAN untuk berkomunikasi, guna untuk meminimalisir biaya produksi dari perangkat pengirim data (*transponder*) dan memungkinkan adanya komunikasi dua arah antar kapal nelayan dan stasiun pemantau. Akan tetapi, terdapat permasalahan dalam implementasi sistem monitoring berbasis jaringan LoRaWAN yang dikembangkan, yaitu kurangnya cakupan sinyal perangkat lora *transponder* ke *gateway*. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan jaringan LoRa Mesh sebagai metode untuk berkomunikasi antara perangkat lora *transponder* ke *gateway*. Alih-alih secara langsung mengirimkan data ke *gateway* yang mungkin memiliki jarak cukup jauh, alangkah baiknya jika perangkat *transponder* dapat melempar atau meneruskan data ke perangkat *transponder* lainnya yang berdekatan, untuk menuju ke *gateway* terdekat. Sehingga, secara tidak langsung dapat menambah cakupan sinyal perangkat lora *transponder* ke *gateway* dengan menggunakan skenario dan desain jaringan LoRa Mesh. Desain jaringan ini juga diharapkan dapat menjadi solusi alternatif sebagai perangkat komunikasi data yang relatif murah dan dapat diandalkan dari karakteristik lingkungan laut yang sangat tidak menentu dan banyak gangguan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa kajian terdahulu yang membahas pemanfaatan jaringan LoRaWAN dan jaringan LoRa Mesh pada berbagai bidang penelitian dikaji oleh beberapa peneliti sebelumnya, pengembangan *prototype* sistem komunikasi radio jarak jauh (*long range*) yang digunakan pada perangkat e-Nelayan telah diteliti oleh Fuada, dkk. Prototype ini dirancang untuk meningkatkan produktivitas dan keselamatan nelayan dengan menggunakan teknologi komunikasi berbasis LoRaWAN dan aplikasi mobile Android. Sistem berguna untuk melaporkan pelanggaran maritim, mengakses informasi mengenai cuaca, area penangkapan ikan, serta berkomunikasi dengan daratan menggunakan *smartphone* Android dalam jangkauan yang lebih luas. Hasil pengujian jangkauan sinyal perangkat LoRa diperoleh jarak maksimum komunikasi ke *gateway* sebesar 5,15km dengan kondisi lingkungan bebas tanpa halangan (*Line of Sight*) dan 2,12km dengan kondisi lingkungan banyak hambatan (*Non-Line-of-Sight*), dan tingkat kehilangan paket bervariasi antara 16,67% hingga mencapai 57,47% (Fuada et al., 2018). Implementasi LoRaWAN Server untuk sistem pelacakan perahu nelayan secara *realtime* berbasis *MQTT Protocol*. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan keselamatan nelayan kecil yang melakukan pelayaran singkat. Data yang dikumpulkan dari perahu dikirimkan melalui protokol MQTT ke *cloud server* yang ditampilkan dalam bentuk koordinat di peta *web*. Hasil implementasi menunjukkan bahwa *server* dapat merespon data yang dikirimkan secara periodik dari perangkat akhir (Putra et al., 2018).

Studi Performansi Jarak Jangkauan LoRa OLG01 sebagai Infrastruktur Konektivitas Nirkabel IoT. Penelitian ini bertujuan untuk menguji performa jarak jangkauan radio dari modul LoRa OLG01 pada frekuensi ISM 915 MHz di atmosfer Indonesia, terutama untuk

mendukung sistem IoT. Pengujian memfokuskan pada jarak jangkauan dengan parameter RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) dan paket yang tidak diterima (*packet loss*) pada kondisi *Line of Sight* (LOS) dan Non-LOS. Hasilnya, jarak jangkauan maksimum yang diukur adalah 400 meter untuk kondisi tanpa penghalang dan 300 meter untuk kondisi dengan penghalang, yang jauh dari spesifikasi LoRa yang dapat menjangkau hingga 5 km. Perlunya optimasi lebih lanjut untuk meningkatkan jangkauan, seperti penggunaan frekuensi yang lebih rendah atau antena yang lebih baik (Murdyantoro et al., 2019). Alat Pelacak Berbasis *Long Range Wide Area Network* (LoRaWAN). Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat pelacak menggunakan teknologi LoRaWAN yang mampu melacak lokasi tanpa memerlukan jaringan internet atau data seluler. Alat ini diimplementasikan dengan modul GPS SX1278 yang memungkinkan transmisi data pada frekuensi 433 MHz dengan jangkauan luas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini mampu melacak lokasi (*latitude* dan *longitude*) dan dapat digunakan di daerah yang minim sinyal internet seperti hutan atau pegunungan, menjadikannya alat yang potensial bagi tim SAR (Irawati et al., 2022).

Implementasi LoRaWAN untuk Membangun Komunikasi Jaringan Nelayan Perikanan Tangkap Menggunakan Konsep Protokol ARP. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah kurangnya akses komunikasi antar nelayan di laut, terutama terkait informasi lokasi ikan, keselamatan, dan pengawasan. Solusi yang ditawarkan adalah menggunakan teknologi LoRaWAN untuk membangun sistem komunikasi jarak jauh berbasis pesan teks antara nelayan. Sistem yang dibangun menggunakan perangkat LoRa ESP32 dan aplikasi Android sebagai antarmuka pengguna. Hasil uji coba menunjukkan bahwa tidak ada *Packet Loss* atau *Bit Error Rate*, sehingga sistem dianggap berhasil dalam menyediakan komunikasi yang efektif antara nelayan (Ardyansah et al., 2022). Pengembangan Sistem Pemantauan Lalu Lintas Kapal di Area Terbatas Berdasarkan Data AIS. Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem pemantauan lalu lintas kapal di area terbatas menggunakan data AIS. Sistem ini bertujuan untuk mendeteksi kapal yang memasuki zona larangan dan memberikan notifikasi melalui Telegram, sebagai upaya untuk melindungi infrastruktur bawah laut seperti kabel dan pipa. Data AIS yang digunakan mencakup data statis dan dinamis kapal. Sistem diuji menggunakan metode *Black-Box*, dengan hasil menunjukkan semua fitur berfungsi sesuai harapan. Sistem juga diuji kompatibilitas pada berbagai perangkat seperti *desktop*, *mobile*, dan *tablet*, dengan menemukan beberapa masalah tampilan pada perangkat *mobile*. Pengujian kinerja menunjukkan waktu muat halaman *web* yang cukup baik dengan rata-rata 737ms di Chrome (Enda et al., 2024).

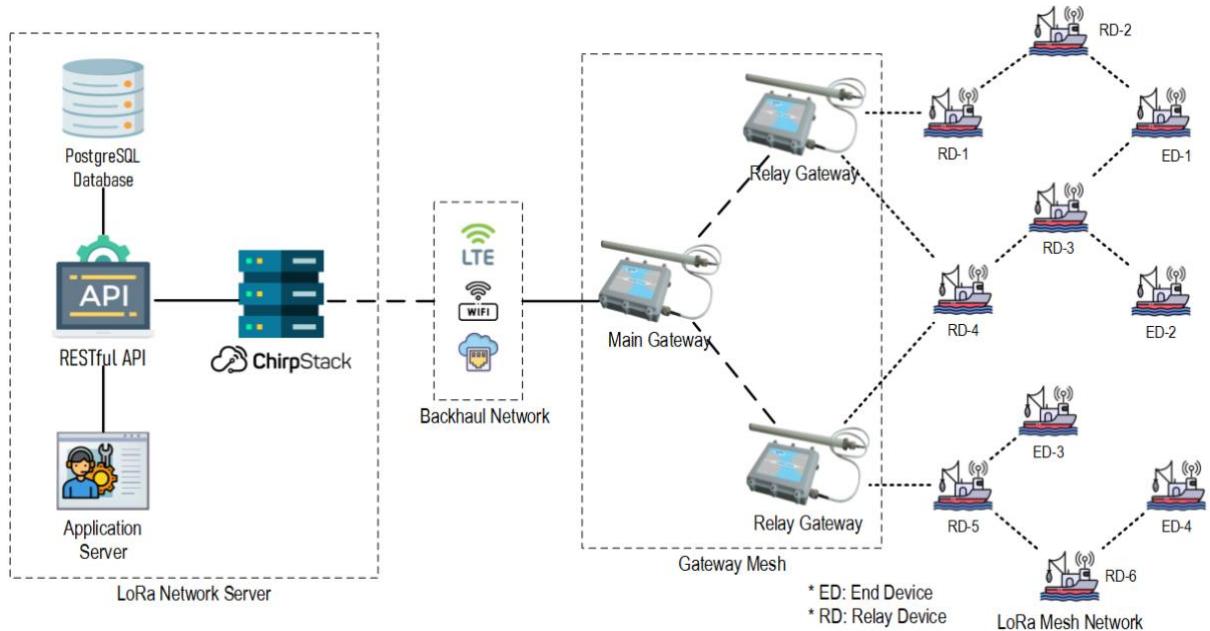
Jaringan Mesh LoRaWAN: Tinjauan dan Klasifikasi Komunikasi Multihop. Penelitian ini memberikan tinjauan mendalam tentang perkembangan jaringan *mesh* LoRaWAN yang bertujuan untuk meningkatkan Internet of Things (IoT) melalui komunikasi jarak jauh yang hemat energi. Penelitian ini mengkaji perkembangan jaringan LoRaWAN, dari topologi bintang *single-hop* tradisional menjadi jaringan *mesh multihop* yang meningkatkan skalabilitas, efisiensi energi, dan jangkauan. Beberapa topik kajian yang dibahas meliputi dasar-dasar LoRaWAN, komunikasi *multihop*, tantangan, klasifikasi perangkat, aplikasi dan topologi jaringan. Penelitian ini menekankan area penelitian terbuka, seperti optimalisasi daya, sinkronisasi jaringan *multihop*, dan masalah keamanan, untuk lebih meningkatkan adopsi dan kinerja jaringan mesh LoRaWAN (Cotrim & Kleinschmidt, 2020). Usulan pendekatan inovatif untuk meningkatkan jangkauan aplikasi Internet of Things (IoT) menggunakan jaringan *hybrid* LoRa Mesh/LoRaWAN telah diusulkan oleh Almeida, dkk. Aspek utama yang dibahas meliputi teknologi *Low Power Wide Area Networks* (LPWAN), Tantangan dengan Jaringan LoRaWAN Tradisional, Solusi Jaringan Hybrid yang diusulkan, Mekanisme Routing, dan Manfaat Integrasi LoRa Mesh dengan LoRaWAN. Solusi ini menjawab tantangan aplikasi IoT dunia nyata, seperti kebutuhan akan konektivitas yang andal di lingkungan dengan topografi yang kompleks dengan banyak halangan, menjadikannya peningkatan penting untuk memperluas jaringan IoT (Almeida et al., 2020).

Jaringan Mesh Berbasis LoRa untuk Aplikasi IoT. Penelitian ini mengeksplorasi implementasi teknologi LoRa di jaringan pribadi yang disesuaikan untuk aplikasi Internet of Things (IoT). Tantangan yang terkait dengan penerapan perangkat LoRa di jaringan pribadi teridentifikasi, terutama dalam skenario operasional yang berbeda dari LoRaWAN (*Long Range Wide Area Network*) standar. Protokol LoRa yang ditingkatkan untuk menggantikan LoRaWAN, dengan mengatasi keterbatasannya seperti tingginya tingkat tabrakan data dan tidak adanya komunikasi langsung antar-node. Protokol yang diusulkan mengadopsi arsitektur jaringan mesh, yang memungkinkan cakupan jaringan dan ketahanan yang lebih baik (Huh & Kim, 2019). Pemantauan Sensor IoT Area Luas Menggunakan Sistem Jaringan Mesh Nirkabel LoRa: Desain dan Evaluasi. Penelitian ini membahas desain dan evaluasi sistem jaringan mesh nirkabel LoRa untuk memantau sensor Internet of Things (IoT) di area yang luas. Kajian ini melibatkan penyebaran 19 perangkat mesh LoRa di area seluas 800 x 600 meter di kampus universitas yang mencapai rasio pengiriman paket (PDR) rata-rata sebesar 88,49%, jauh lebih tinggi daripada PDR 58,7% dari topologi jaringan bintang tradisional yang digunakan oleh LoRa dalam kondisi serupa (Lee & Ke, 2018). Jaringan Mesh Berbasis LoRa untuk Komunikasi Jarak Jauh Peer-to-Peer. Penelitian ini memperkenalkan jaringan mesh berbasis LoRa yang inovatif, yang memungkinkan komunikasi *peer-to-peer* tanpa bergantung pada gateway LoRaWAN tradisional. Arsitektur ini memfasilitasi komunikasi *multi-hop* antara perangkat, meningkatkan jangkauan dan menjaga privasi, terutama di lingkungan yang menantang seperti situasi bencana. Hasil awal menunjukkan bahwa jaringan *mesh* ini secara efektif menyeimbangkan cakupan dan keterlambatan transmisi, menjadikannya cocok untuk skenario di mana akses Internet langsung tidak memungkinkan (Berto et al., 2021).

Dari beberapa kajian yang telah dibahas, menunjukkan bahwa untuk mengatasi permasalahan cakupan jaringan yang terbatas dan situasi dimana lingkungan jaringan LoRa yang kompleks seperti di wilayah perkotaan dan laut, maka solusi Jaringan LoRa Mesh dapat digunakan. Disisi performa Jaringan LoRa Mesh dipercaya dapat meningkatkan cakupan jaringan, skalabilitas dan efisiensi energi. Oleh karena itu, penerapan desain jaringan mesh di sistem monitoring pelanggaran zona tangkap ikan oleh kapal nelayan tradisional yang diusulkan pada penelitian ini sangat dibutuhkan.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Desain jaringan LoRa Mesh yang diusulkan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Desain Jaringan LoRa Mesh Pada Sistem Monitoring Pelanggaran Zona Tangkap Ikan

Desain jaringan LoRa Mesh yang diusulkan terdiri atas 4 sub bagian sistem yaitu, *LoRa Mesh Network*, *Gateway Mesh*, *Backhaul Network*, dan *LoRa Network Server*. Berikut pembahasan dari 4 sub bagian sistem tersebut:

LoRa Mesh Network

Perangkat LoRa yang terpasang di setiap kapal nelayan tradisional akan bekerja menggunakan konsep Mesh. Dimana sebuah perangkat akhir (*End Device*) dapat bertindak sebagai pengumpul data dan mampu berinteraksi di dalam jaringan serta dapat menghasilkan paket LoRa. *Relay* adalah perangkat yang mampu meneruskan semua pesan yang diterima dari perangkat akhir lainnya. Perangkat dengan fungsi *relay* ini juga dapat berfungsi sebagai perangkat akhir biasa pada saat yang bersamaan. Perangkat *relay* akan mempertahankan karakteristik jaringan LoRaWAN dengan melarang komunikasi antara perangkat akhir.

Gateway Mesh

Setiap perangkat LoRa dapat berfungsi sebagai *relay* untuk meneruskan paket dari perangkat akhir lain menuju ke *gateway* terdekat. Setiap paket akan dikumpulkan terlebih dahulu ke *gateway* terdekat untuk selanjutnya akan diteruskan ke *gateway* utama. *Gateway* yang bertindak mengumpulkan data dari perangkat akhir disebut dengan *relay gateway*. *Relay gateway* akan dipasang ditepi laut dengan jarak beberapa kilometer dari *gateway* utama yang bertujuan untuk menambah cakupan jaringan.

Backhaul Network

Relay gateway tidak akan terhubung dengan koneksi jaringan *internet*, hanya *gateway* utama yang terkoneksi ke *internet* untuk meneruskan paket yang dikumpulkan dari *relay gateway* ke *LoRa Network Server*. Koneksi jaringan *internet* ini disebut dengan *backhaul network*. Adapun koneksi jaringan yang dapat digunakan seperti LTE 4G, WiFi, dan Ethernet LAN.

LoRa Network Server

Server jaringan LoRa yang dipakai bersifat *open source* yaitu Chirpstack LNS. Chirpstack LNS memberikan fleksibilitas yang tinggi bagi pengembang dalam mengembangkan aplikasi. Terdapat beberapa dukungan integrasi ke aplikasi server seperti HTTP POST API, MQTT, AWS SNS, Google Cloud Pub/Sub, IFTTT, InfluxDB, dan masih banyak lagi yang dapat mempermudah tim pengembang dalam mengolah data perangkat LoRa ke dalam aplikasi server. Layanan database relasional yang digunakan adalah PostgreSQL yang berfungsi untuk menyimpan data persisten di server.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Tantangan yang dihadapi dalam penerapan jaringan LoRaWAN di Sistem Monitoring Pelanggaran Zona Tangkap Ikan adalah terbatasnya cakupan sinyal antara perangkat akhir LoRa *transponder* dan *gateway*. Untuk mengatasi masalah tersebut, penelitian ini mengusulkan penggunaan desain jaringan LoRa Mesh, di mana perangkat akhir LoRa transponder dapat berkomunikasi secara tidak langsung melalui perangkat lain di sekitarnya sebelum mencapai *gateway* terdekat. Desain jaringan ini menawarkan solusi praktis untuk memperluas cakupan sinyal dan meningkatkan efektivitas sistem monitoring berbasis teknologi LoRa dalam pengelolaan zona tangkapan ikan. Adanya desain jaringan LoRa Mesh ini perlu diuji dan dianalisis lebih lanjut bagaimana penerapannya di lingkungan sesungguhnya dari sistem monitoring yang dikembangkan, untuk mengetahui performa dari desain jaringan yang diusulkan.

5. DAFTAR PUSTAKA

Almeida, N. C., Rolle, R. P., Godoy, E. P., Ferrari, P., & Sisinni, E. (2020). Proposal of a Hybrid LoRa Mesh / LoRaWAN Network. *2020 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 and IoT, MetroInd 4.0 and IoT 2020 - Proceedings*, 702–707.

- https://doi.org/10.1109/MetroInd4.0IoT48571.2020.9138206
- Ardyansah, I., Hayati, L. N., & Satra, R. (2022). Implementasi Lorawan Untuk Membangun Komunikasi Jaringan Nelayan Perikanan Tangkap Menggunakan Konsep Arp Protocol. *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, 5(1), 55–64. https://doi.org/10.31598/jurnalresistor.v5i1.821
- Berto, R., Napoletano, P., & Savi, M. (2021). *A LoRa-Based Mesh Network for Peer-to-Peer Long-Range Communication*.
- Cotrim, J. R., & Kleinschmidt, J. H. (2020). LoRaWAN Mesh networks: A review and classification of multihop communication. *Sensors (Switzerland)*, 20(15), 1–21. https://doi.org/10.3390/s20154273
- Enda, D., Kurniati, R., Mawarni, S., Budiana, A., & Hardiyanto, H. (2024). *Development of Ship Traffic Monitoring System in Restricted Areas Based on AIS Data*. https://doi.org/10.4108/eai.21-9-2023.2342921
- Fuada, S., Anindya, S. F., Dawani, F., Rifai, A., & Adinugraha, E. (2018). Prototype of Long-Range Radio Communication for e- Nelayan Devices using LoRaWAN Performance Case Study within City Boundaries. *Jurnal Infotel*, 10(4), 202–209.
- Gusmeri, E. (2024). *8 Nelayan Kepri yang Ditangkap Polisi Malaysia Masih Ditahan*. SuaraBatam.id. https://batam.suara.com/read/2024/05/05/135646/8-nelayan-kepri-yang-ditangkap-polisi-malaysia-masih-ditahan
- Huh, H., & Kim, J. Y. (2019). LoRa-based Mesh Network for IoT Applications. *IEEE 5th World Forum on Internet of Things, WF-IoT 2019 - Conference Proceedings*, 524–527. https://doi.org/10.1109/WF-IoT.2019.8767242
- Irawati, I., Roi, F. Y., Agung, T. Y., & Lutfi, M. (2022). Alat Pelacak Berbasis Long Range Wide Area Network (Lorawan). *Jeis: Jurnal Elektro Dan Informatika Swadharma*, 2(2), 44–48. https://doi.org/10.56486/jeis.vol2no2.222
- Kompas.id. (2018). *Daftar Nelayan yang Ditangkap Malaysia Semakin Panjang*. https://www.kompas.id/baca/utama/2018/09/27/daftar-nelayan-yang-ditangkap-malaysia-semakin-panjang/
- Lee, H. C., & Ke, K. H. (2018). Monitoring of Large-Area IoT Sensors Using a LoRa Wireless Mesh Network System: Design and Evaluation. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 67(9), 2177–2187. https://doi.org/10.1109/TIM.2018.2814082
- Murdyantoro, E., Rosyadi, I., & Septian, H. (2019). Studi Performansi Jarak Jangkauan Lora-Dragino Sebagai Infrastruktur Konektifitas Nirkabel Pada WP-LAN. *Dinamika Rekayasa*, 15(1), 47. https://doi.org/10.20884/1.dr.2019.15.1.239
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2023 tentang Penangkapan Ikan Terukur, 1 (2023). www.permenpora.go.id
- Putra, W. P., M, R. I., Sumarudin, A., & Putro, A. E. (2018). Implementasi Lorawan Server Untuk Sistem Tracking Perahu Nelayan Berbasis MQTT Protocol. *Journal of Applied Informatics and Computing*, 2(2), 46–50. https://doi.org/10.30871/jaic.v2i2.1024
- Yahya, A. N. (2021). *DFW Catat 42 Kecelakaan di Laut dalam 7 Bulan Terakhir, 83 Nelayan Hilang*. Kompas.com. https://nasional.kompas.com/read/2021/06/21/09523191/dfw-catat-42-kecelakaan-di-laut-dalam-7-bulan-terakhir-83-nelayan-hilang