

Analisis LoRa dengan Teknologi LoRaWAN dalam Ruangan di Lingkungan Politeknik Negeri Malang

Analysis of LoRa with LoRaWAN Technology Indoors in Polytechnic of Malang Environment

¹Noprianto*, ²Habibie Ed Dien, ³M. Hasyim Ratsanjani, ⁴Muhammad Afif Hendrawan
^{1,2,3,4}D4 Teknologi Informatika, Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Malang,
Jl. Soekarno Hatta No.9, Jatimulyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65141
*e-mail: noprianto@polinema.ac.id

(received: 15 January 2024, revised: 15 March 2024, accepted: 18 March 2024)

Abstrak

Teknologi merupakan salah satu bidang yang secara signifikan terpengaruh oleh perkembangan, mengalami evolusi yang cepat dari tahun ke tahun. Salah satu bagian dari teknologi yang terdampak oleh kemajuan ini adalah transmisi data, yang menghadapi tantangan unik dalam perkembangannya. Setiap wilayah memiliki kendala unik terkait koneksi, terutama dalam hal jarak pengiriman data. Dalam konteks ini, perluasan jangkauan transmisi data menjadi krusial untuk meningkatkan optimalitas koneksi dan kinerja sistem secara keseluruhan. Pemanfaatan LoRaWAN dalam pemantauan sensor pada perangkat IoT dirancang untuk mengatasi tantangan tersebut, dengan menawarkan kemampuan pengiriman data yang luas, konsumsi daya rendah, dan keberlangsungan penggunaan dalam jangka waktu yang panjang. Dalam penelitian ini, pengumpulan data dilakukan dengan memanfaatkan teknik pengukuran seperti RSSI, SNR, dan jeda waktu LoRa, dengan mempertimbangkan parameter jarak dan lokasi di Politeknik Negeri Malang dan sekitarnya. Data-data ini dikumpulkan dari setiap lantai gedung Teknik Sipil, yang memungkinkan untuk mendapatkan parameter yang lebih optimal, terutama ketika jarak antara node LoRa pengirim dan gateway LoRa semakin dekat. Setelah melakukan pengujian, penggunaan antena 35 dBi lebih baik dibandingkan dengan antena 10 dBi untuk melakukan pengiriman data. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai RSSI yang semakin mendekati 0 dari lantai 8 – 1 pada Gedung Sipil Politeknik Negeri Malang, selain itu penggunaan antena 35 dBi berpengaruh terhadap semakin cepat 50% dibandingkan dengan 10 dBi dalam hal pengiriman data. Penggunaan teknologi LoRAWAN, The Things Network dapat digunakan dalam mengelola LoRa, akan tetapi bisa menggunakan teknologi sejenis seperti Chirpstack agar dapat dengan mudah mengelola LoRAWAN lebih fleksibel di jaringan lokal.

Kata kunci: *Sensor, node, LoRa, LoRAWAN, Internet of Things*

Abstract

Technology is one of the domains greatly influenced by development, experiencing rapid changes every year. One aspect of technology that is affected is data transmission, which has its own challenges. Each region has unique constraints related to connectivity, especially concerning data transmission distances. In this context, expanding the range of data transmission is crucial to enhance connectivity optimization and overall system performance. Utilizing LoRaWAN in monitoring sensors on IoT devices is designed to address these challenges by offering wide data transmission capabilities, low power consumption, and sustainability for long-term usage. In this study, data collection is carried out using measurement techniques such as RSSI, SNR, and LoRa latency, considering distance and location parameters at Politeknik Negeri Malang and its surroundings. These data are gathered from each floor of the Civil Engineering building, enabling the acquisition of more optimal parameters, particularly when the distance between the transmitting LoRa node and the LoRa gateway decreases. Following testing, the use of a 35 dBi antenna proves to be superior to a 10 dBi antenna for data transmission. This is evidenced by RSSI values approaching 0 from floors 8 to 1 in the Civil Engineering building of Politeknik Negeri Malang. Additionally, the use of a 35 dBi

<http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>

antenna contributes to a 50% faster data transmission compared to a 10 dBi antenna. While LoRAWAN technology, specifically The Things Network, can be utilized to manage LoRa, similar technologies like Chripstack can also be employed for more flexible LoRAWAN management within the local network.

Keywords: *Sensor, Node, LoRAWAN, Internet of Things*

1 Pendahuluan

Teknologi adalah salah satu domain yang sangat terpengaruh oleh perkembangan yang cepat, mengalami perubahan yang signifikan dari tahun ke tahun. Salah satu bagian dari teknologi yang terkena dampak adalah proses pengiriman data. Sebagai bagian penting dari infrastruktur teknologi, Jaringan Sensor Nirkabel (WSN) muncul sebagai solusi yang mendukung kebutuhan akan pengiriman data yang efisien. Wireless Sensor Network terdiri dari beberapa node sensor yang berdaya rendah dan murah, yang disebarluaskan baik secara acak atau dengan cara yang telah ditentukan sebelumnya di area tertentu yang terhubung melalui tautan komunikasi nirkabel[1], [2], [3], [4], [5].

Pengiriman atau transmisi data menghadapi tantangan khusus, terutama di daerah-daerah yang memiliki keterbatasan konektivitas. Ini terutama berlaku untuk daerah yang belum memiliki akses listrik dan koneksi internet yang memadai. Selain itu, daerah perbukitan sering menghadapi masalah terkait dengan ketinggian bangunan yang bervariasi. Jarak yang jauh antara rumah dan perangkat di pedesaan juga menjadi hambatan dalam menerima data, sinyal internet, dan akses jaringan komunikasi. Walaupun telah ada pemanfaatan teknologi WiFi dan Bluetooth, namun masih terdapat hambatan dalam menyelesaikan masalah pengiriman data, terutama di wilayah-wilayah yang memiliki kesulitan dalam mendapatkan sinyal internet.

Teknologi seperti WiFi dan Bluetooth telah menjadi favorit di bidang Wireless Sensor Network (WSN) karena kemampuannya untuk mentransfer data secara nirkabel. Namun, perlu diperhatikan bahwa meskipun teknologi ini memiliki keunggulan dalam kemudahan penggunaan dan integrasi, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diatasi, terutama dalam konteks IoT atau Internet of Things. Salah satunya adalah jarak transmisi yang cenderung terbatas dan konsumsi daya yang tinggi, yang menjadi perhatian utama dalam pengembangan sistem WSN yang efisien[6], [7], [8], [9], [10]. Meskipun demikian, tantangan terbesar dalam penerapan WSN dalam IoT adalah kebutuhan akan komunikasi dua arah yang jaraknya jauh antara perangkat IoT yang tersebar luas. Dalam konteks ini, keberadaan teknologi dengan jangkauan jarak yang lebih luas dan konsumsi daya yang lebih efisien menjadi kunci untuk memastikan komunikasi yang handal dan efektif antar mesin yang menjadi bagian dari ekosistem IoT.

Berbagai teknologi komunikasi untuk menghubungkan perangkat IoT dan WSN telah dikembangkan. Salah satu teknologi yang telah berkembang adalah Low Power Wide Area Networks (LPWAN). LPWAN menawarkan komunikasi jarak jauh, konsumsi daya yang rendah dan cakupan wilayah yang luas. Di antara teknologi LPWAN, terdapat 4 macam teknologi yaitu, Long Range (LoRa), Long-Term Evolution for Machines (LTE-M), Sigfox dan Narrowband-IoT (NB-IoT). LoRa atau Teknologi LoRa Wide Area Network (LoRaWAN) terbukti paling dominan dari 4 teknologi di atas, Dalam hal jumlah operator jaringan dan jumlah negara yang memiliki jaringan LoRaWAN. LoRaWAN menawarkan jangkauan komunikasi yang panjang, konsumsi daya rendah, biaya rendah, dan masa pakai baterai yang lama[11], [12], [13], [14], [15].

Berdasarkan kebutuhan dan peluang yang muncul dalam penelitian terkait dengan teknologi LoRa, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memahami dan meningkatkan kinerjanya. Oleh karena itu, para peneliti mengambil inisiatif untuk melakukan penelitian yang melibatkan analisis kinerja LoRa yang diterapkan pada sensor-sensor menggunakan modul LoRaWAN sebagai media transmisi data. Keputusan untuk melakukan penelitian ini muncul dari kesadaran akan pentingnya memahami bagaimana kondisi lingkungan, seperti kepadatan bangunan tinggi atau frekuensi radio di sekitar, dapat memengaruhi kinerja LoRaWAN dalam mentransmisikan paket data. Dengan demikian, analisis ini menjadi sangat menarik karena dapat memberikan wawasan yang berharga tentang bagaimana teknologi LoRaWAN dapat dioptimalkan dalam berbagai kondisi lingkungan yang mungkin dijumpai.

Penelitian ini bertujuan untuk menilai efek dari pemanfaatan LoRaWAN dalam pengiriman data untuk menilai efisiensi modul LoRa dalam pengiriman data di wilayah Jawa Timur, terutama di sekitar Politeknik Negeri Malang. Pemilihan Politeknik Negeri Malang sebagai lokasi penelitian

<http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>

menjadi signifikan karena penelitian ini merupakan tahap awal dalam mengeksplorasi penggunaan teknologi komunikasi berbasis LoRa sebagai alternatif bagi media komunikasi nirkabel seperti Bluetooth atau WiFi, khususnya dalam pengembangan aplikasi Internet of Things.

2 Tinjauan Literatur

Dalam jurnal[16] hasil penelitian yang berjudul “Analisis Lora Dalam Komunikasi Nodemcu di Lingkungan Politeknik Negeri Malang”, dalam penelitian tersebut telah teruji bahwa modul LoRa dapat mengirimkan data dengan efektif dari lantai 4 hingga lantai 7, dengan LoRa penerima (concentrator) diletakkan di lantai 6. Pengiriman data dianggap berhasil ketika LoRa penerima dapat mendeserialisasi data untuk mengidentifikasi konten data yang dikirimkan oleh LoRa pengirim dari setiap lantai. Walaupun jarak antar lantai adalah 3 meter dengan ketebalan lantai 10-15 cm, nilai RSSI dan SNR di lantai 5 menunjukkan angka minus tertinggi dibandingkan dengan lantai 4, 6, dan 7, menunjukkan adanya penurunan sinyal yang signifikan di lokasi tersebut. Walau begitu, modul LoRa masih mampu mengirimkan data, meskipun dengan kualitas yang kurang ideal. Namun, pengujian di lantai 3 dan lantai 8 menunjukkan bahwa data yang dikirimkan tidak dapat diterima dengan baik.

Dalam jurnal[17] hasil penelitian yang berjudul “Evaluasi dan Analisis Kinerja LoRa Pada Sistem Irigasi Pertanian Berbasis IoT”, penelitian ini mengulas evaluasi serta analisis kinerja implementasi LoRa pada sistem irigasi pertanian yang berbasis IoT. Beberapa variabel yang akan dinilai dan dianalisis termasuk jarak, indikasi kekuatan sinyal yang diterima (RSSI), faktor penyebaran, tingkat kode, daya transmisi, dan rasio pengiriman paket (PDR). Temuan dari eksperimen dan pengukuran menunjukkan bahwa LoRa mampu mentransmisikan paket data hingga jarak 2,5 km, namun dengan tingkat PDR yang rendah, yaitu sekitar 5-7%. Ditemukan pula bahwa LoRa berkinerja optimal pada jarak 1 km dengan tingkat PDR sekitar 70-100%.

Dalam Jurnal hasil penelitian[18] yang berjudul “Prototipe Komunikasi Radio Jarak Jauh untuk Perangkat E-Nelayan menggunakan LoRaWAN Studi Kasus Kinerja dalam Batas Kota”. Pada Penelitian ini, Membahas tentang kemajuan radio jarak jauh berbasis komunikasi LoRaWAN pada sistem E-Nelayan adalah mencakup pengujian sistem radio di daerah perkotaan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur kinerja sistem sebelum diuji di bidang yang sesuai dan mendapatkan tolak ukur untuk nanti penyesuaian. penelitian ini dilakukan dalam tiga hari untuk mendapatkan jangkauan cakupan pada radio. Berdasarkan hasil pengujian, sistem ini dapat mencapai 5,15 km di kondisi LoS (kondisi uji lapangan tanpa hambatan), sedangkan pada kondisi NLoS cakupannya bervariasi antara 1,39 km hingga 2,12 km. Sedangkan packet loss data bervariasi antara 16,67% sampai dengan 57,47% yang dapat dikategorikan sebagai jarak perjalanan minimum karena ditransmisikan sinyal mempengaruhi kondisi kontur Kota Bandung, yaitu NLOS. Konfigurasi NLOS dapat mengurangi kekuatan sinyal transmisi karena memiliki pengaruh seperti memudar dan kebisingan.

Kemudian penelitian yang sudah dilakukan oleh Andre dkk[19] yang berjudul “Analisis Komunikasi Data Jaringan Nirkabel Berdaya Rendah Menggunakan Teknologi Long Range (LoRa) di Daerah Hijau Universitas Andalas”. Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian jaringan komunikasi berdaya rendah menggunakan teknologi Long Range (LoRa) pada frekuensi 920-923 MHz. Hasil pengujian sistem komunikasi LoRa di daerah hijau menunjukkan hasil Packet Delivery Ratio (PDR) dan Quality of Service (QoS). Rata-rata PDR adalah 92,43%. Sementara itu, untuk QoS, throughput rata-rata adalah 89,75%, yang diklasifikasikan sebagai "sangat baik". Latensi sebesar 255,4 ms masuk dalam kategori "baik", dan packet loss sebesar 8%, juga dikategorikan sebagai "baik". Secara keseluruhan, nilai QoS yang diperoleh menunjukkan kategori "Baik".

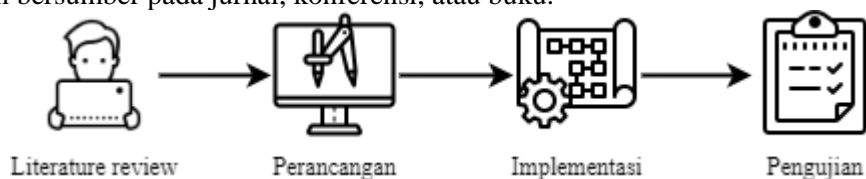
Jurnal selanjutnya yaitu jurnal penelitian yang sudah dilakukan oleh Batong dkk[20] yang berjudul “Analisis Kelayakan LoRa Untuk Jaringan Komunikasi Sistem Monitoring Listrik Di Politeknik Negeri Samarinda”. Dalam penelitian ini, dilakukan evaluasi terhadap kecocokan penggunaan teknologi LoRa dalam sistem pemantauan di Polnes melalui pengukuran link. Penilaian ini berdasarkan pada parameter RSSI, SNR, dan kehilangan paket (PL) yang diukur pada unit penerima yang ditempatkan di beberapa gedung, dengan sinyal yang dikirim dari unit pengirim yang terletak di luar gedung Laboratorium Teknik Elektro. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dua frekuensi operasi LoRa, yaitu 433 MHz dan 915 MHz. Hasil pengukuran pada kedua frekuensi menunjukkan bahwa nilai RSSI melebihi -120 dB, SNR melebihi -20 dB, dan kehilangan paket

kurang dari 3%. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan teknologi LoRa adalah layak dalam sistem pemantauan komunikasi. Selain itu, ditemukan bahwa LoRa dengan frekuensi operasi 433 MHz memiliki performa yang lebih baik daripada yang menggunakan frekuensi 915 MHz. Selanjutnya, penggunaan antenna Yagi-Uda umumnya memberikan hasil yang lebih baik dan konsisten dibandingkan dengan antenna rubber duck.

Berdasarkan analisis literatur dan penelitian terdahulu, peneliti akan melaksanakan penelitian dengan menggunakan board Raspberry Pi RAK2247 sebagai gateway LoRaWAN (penerima), serta LILYGO Ttgo lora32 sebagai node LoRa (pengirim). Node dilengkapi dengan berbagai sensor, termasuk sensor jarak (HC-SR04), sensor suhu dan kelembaban (DHT11), dan sensor intensitas cahaya (LDR). Peneliti juga akan menambahkan modul RTC pada node LoRa untuk memungkinkan analisis jeda waktu (delay). Pada penelitian ini dilakukan analisis berupa parameter RSSI, SNR, dan delay. Dilakukan pada lingkungan kampus Politeknik Negeri Malang dengan LoRaWAN gateway (penerima) diletakkan pada lantai paling atas Gedung jurusan Sipil, LoRa Pengirim diletakkan dengan jarak yang berbeda dan juga dilakukan dengan kondisi NLOS.

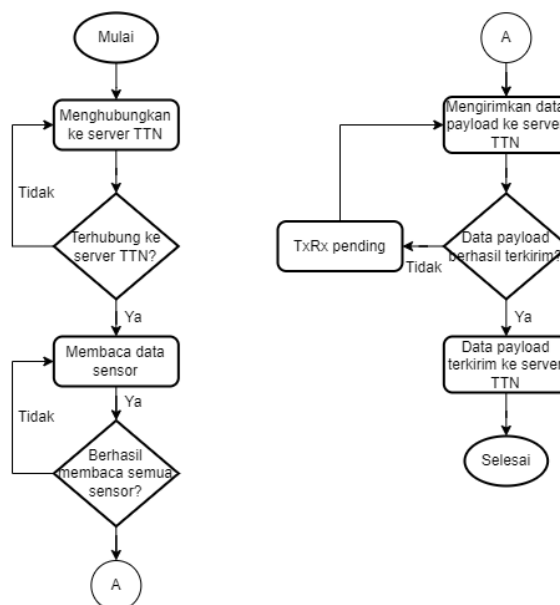
3 Metode Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini diawali dengan literatur review, perancangan, implementasi, dan pengujian yang digambarkan pada Gambar 1. Literatur review berperan penting untuk mendapatkan informasi-informasi penelitian yang sejenis dan yang telah dilakukan sebelumnya, sumber informasi yang didapatkan bersumber pada jurnal, konferensi, atau buku.



Gambar 1 Metode penelitian

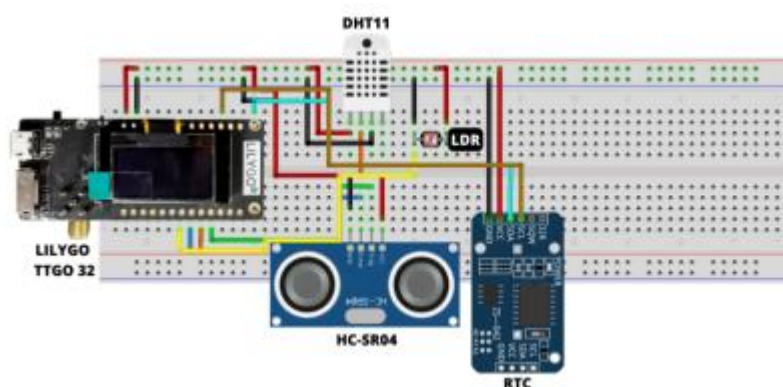
Pada tahap perancangan, dilakukan proses perancangan perangkat keras yang akan digunakan, perangkat lunak yang diperlukan, arsitektur yang akan dikembangkan, serta jenis data yang akan diproses dan dikirimkan. Penelitian ini dilakukan di lingkungan kampus Politeknik Negeri Malang, khususnya di lantai 8 jurusan Teknologi Informasi, serta area sekitar kampus tersebut. Data yang digunakan berasal dari berbagai sensor, seperti sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembaban, sensor LDR untuk mengukur intensitas cahaya, dan sensor HC-SR04 untuk mengukur jarak. Data ini dikumpulkan dari berbagai lantai, mulai dari lantai 1 hingga lantai 8, menggunakan perangkat NODEMCU yang dilengkapi dengan modul LoRa sebagai pengirim. Kemudian, data tersebut dikirimkan ke perangkat Raspberry yang telah dipasang sebagai gateway LoRaWAN (penerima), dan selanjutnya disimpan dalam database. Proses ini diilustrasikan dalam Gambar 2, yang menunjukkan bagaimana node LoRa mengirimkan data sensor hingga sampai ke platform TTN (The Things Network).



Gambar 2 Diagram alur node LoRa

Ketika *node* LoRa dinyalakan, *node* akan menghubungkan ke server TTN sesuai dengan konfigurasi yang telah ditentukan, Jika berhasil *node* akan terhubung ke server TTN dan mendapatkan device address sebagai bukti bahwa terhubung ke server TTN. Kemudian Node akan membaca semua sensor jika salah satu sensor tidak dapat terbaca, Maka data tidak akan terkirim hingga semua sensor benar benar terbaca. Jika berhasil membaca semua sensor, hasil pembacaan akan dijadikan satu di dalam data payload yang kemudian akan di kirimkan ke server TTN, jika pengiriman gagal hal tersebut dikarenakan adanya interferensi frekuensi. Dimana interferensi frekuensi adalah adanya sinyal dari frekuensi yang tidak diinginkan yang mengganggu penerimaan sinyal yang berasal dari frekuensi yang diinginkan. Data payload yang terkirim dapat dilihat pada payload di server TTN.

Sedangkan perancangan *node* LoRa sebagai pengirim data dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini



Gambar 3 Perancangan pengkabelan *node* LoRa

Terdapat Lora Lilygo TTGO 32 sebagai microcontroller yang dihubungkan pada setiap sensor yaitu DHT11, HC-SR04, LDR dan RTC. Setiap sensor dihubungkan melalui pin pin yang berbeda di microcontroller. Sensor DHT11 memiliki 3 kaki pin diantaranya VCC, Data Out, dan GND. Adapun penempatan pin pada sensor DHT11 dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1 Posisi pin DHT11

DHT pin	Node
VCC	VIN
Out	GPIO 14
GND	GND

Sensor HC-SR04 memiliki 4 kaki pin diantaranya VCC, Echo, Trig dan GND. Adapun penempatan pin pada sensor HC-SR04 dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2 Posisi pin HC-SR04

HC-SR04 pin	Node
VCC	VIN
Echo	GPIO 35
Trig	GPIO 12
GND	GND

Sensor LDR memiliki 4 kaki pin diantaranya VCC, Digital Ouput, Analog Output dan GND. Adapun penempatan pin pada sensor LDR dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3 Posisi pin LDR

LDR pin	Node
VCC	VIN
DO	GPIO 13
GND	GND

Modul RTC memiliki 4 kaki pin diantaranya VCC, SDA, SCL dan GND. Adapun penempatan pin pada modul RTC dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4 Posisi pin RTC

RTC pin	Node
VCC	VIN
SDA	GPIO 21
SCL	GPIO 22
GND	GND

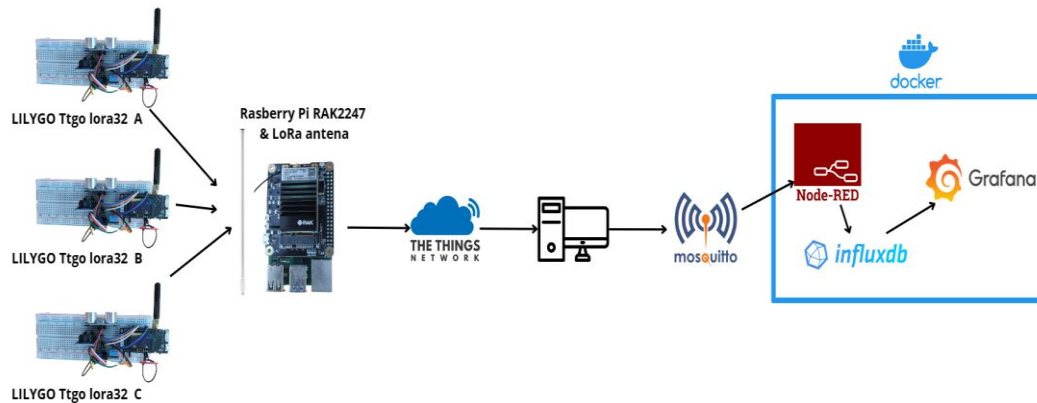
Berdasarkan data yang diperoleh dari pembacaan sensor yang telah diambil pada sensor yaitu *timestamp*, *temperature*, *humidity*, dan intensitas cahaya akan disimpan ke dalam database. Data – data tersebut dikirimkan melalui *node* LoRa yang dikirimkan ke LoRaWAN gateway sebagai penerima. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini antara lain Received Signal Strength Indicator (RSSI), Signal Noise Ratio (SNR), dan delay. Parameter tersebut akan digunakan sebagai analisis kelayakan pengiriman data tersebut.

Untuk perancangan perangkat keras yang dibutuhkan sesuai dengan hasil studi literatur pada tahap sebelumnya dapat dilihat pada Table 5 di bawah ini

Tabel 5 Kebutuhan perangkat keras

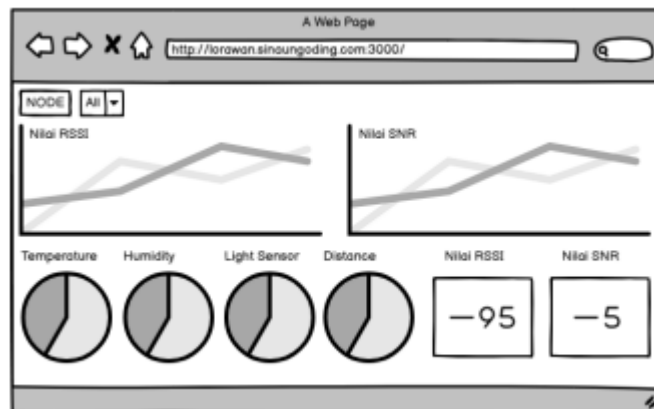
Nama Komponen	Deskripsi
Raspberry Pi RAK2247	Gateway Lora 915 Mhz
LILYGO Ttgo lora32	Node 915 Mhz
LoRa Antenna Fiberglass	Antena Gateway
DHT11	Sensor suhu dan kelembaban
LDR	Sensor intentitas cahaya
HC-SR04	Sensor jarak
RTC DS3231	Penyimpan waktu

Selanjutnya secara umum arsitektur yang akan dibangun pada penelitian ini disajikan pada Gambar 4 di bawah ini



Gambar 4 Perancangan arsitektur sistem

Dalam desain tersebut terdapat tiga perangkat LILYGO Ttgo lora32 dengan frekuensi 915 MHz yang merupakan varian NodeMCU yang mencakup sensor LDR, DHT11, HC-SR04, RTC DS3231, dan modul LoRa. Node-node ini bertugas untuk mengirimkan data ke gateway LoRaWAN. Gateway LoRaWAN yang digunakan adalah Raspberry Pi yang dilengkapi dengan modul Raspberry Pi RAK2247 dengan frekuensi 915 MHz, dilengkapi juga dengan antenna LoRa fiberglass 902-930 MHz untuk menerima data. Setelah data diterima, data tersebut akan dikirimkan ke server pada platform The Things Network (TTN) sebagai penerima data di cloud. Selanjutnya, data diakses dengan mengonversi data ke dalam format MQTT Broker agar data bisa diakses melalui Node-Red menggunakan PC atau laptop. Selanjutnya untuk perancangan antarmuka pemantauan menggunakan Grafana dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini



Gambar 5 Perancangan antarmuka sistem

Data pembacaan dari sensor yang masuk ke dalam database dapat ditampilkan menggunakan Grafana. visualisasi dari parameter yang akan di analisis yaitu RSSI dan SNR. Dan terdapat juga visualisasi dari hasil pembacaan sensor yaitu Suhu udara, Kelembaban udara, Intensitas cahaya dan Jarak. Pada kolom node terdapat pilihan untuk menampilkan *node* pengirim mana yang akan ditampilkan datanya. Selanjutnya, pada Node-Red, informasi yang diterima melalui MQTT akan diproses untuk disimpan ke dalam basis data influxDB. Pemilihan influxDB dipilih karena merupakan jenis basis data time series yang sesuai untuk menyimpan data sensor dalam lingkungan IoT, serta mempunyai kemampuan yang mudah diatur dalam hal penyimpanan data berkelanjutan. Informasi yang telah tersimpan di basis data influxDB akan dipresentasikan melalui Grafana untuk memungkinkan penggunaannya secara langsung melalui peramban web dengan tampilan yang real-time. Teknologi Container yang digunakan pada penelitian ini yaitu Docker akan berperan untuk untuk mengemas berbagai file perangkat lunak ke dalam unit yang disebut kontainer. Node-Red, InfluxDb dan Grafana akan berjalan pada Container di dalam Docker. Terakhir untuk langkah pengujian, menggunakan pengujian black box untuk menguji kinerja sistem monitoring. Pengujian dilakukan pada perangkat keras dan perangkat lunak, perangkat keras dilakukan pengujian terhadap

sensor sensor yang digunakan, apakah sensor sensor dapat melakukan pembacaan dengan baik seperti nilai suhu udara, kelembaban udara, intensitas cahaya dan jarak. Apabila sensor tidak dapat berjalan dengan semestinya maka akan dilakukan perangkaian ulang.

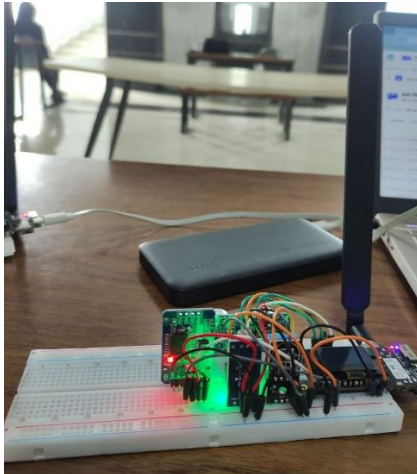
Selanjutnya untuk perangkat lunak dilakukan pengujian apakah data pada transmitter LoRa dapat terkirim pada gateway LoRa dengan sensor pada jarak tertentu serta titik tertentu. Pengujian dilakukan dengan pembacaan sensor dari masing-masing *node* LoRa yang dikirimkan menuju LoRaWAN Gateway sebagai LoRa penerima. Pada pengiriman data akan didapatkan parameter berupa RSSI, SNR, dan time delay. Pengukuran RSSI dilakukan dengan mengukur ukuran sinyal yang diterima oleh receiver, Satuan yang digunakan adalah desibel (dB). Standar minimum RSSI adalah -120 dB sehingga penerima LoRa dapat memproses data yang diterima. Pengukuran RSSI dapat dikategorikan menjadi nilai RSSI dari nilai sinyal yang sangat kuat hingga yang sangat buruk. SNR adalah parameter pengukuran untuk memeriksa perbandingan antara sinyal yang diterima dan noise dari receiver. Secara default, receiver LoRa dapat memproses paket data jika nilai SNR minimum adalah 20 dB. Jika daya yang diberikan kepada SNR semakin besar maka semakin besar pula nilai SNR tersebut. Kemudian Pengukuran time delay dilakukan dengan menghitung waktu pengiriman data dari *node* LoRa kedalam LoRaWAN Gateway yang diterima. Perhitungan dilakukan dengan mengurangi waktu yang diterima dengan waktu yang dikirim.

Parameter tersebut didapatkan dari *node* LoRa yang telah diperintahkan mengirimkan data, kemudian akan terkirim ke LoRaWAN gateway dan disimpan pada *cloud server* yaitu The Things Network. Data tersebut juga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti tempat pengiriman data (*indoor* atau *outdoor*), penyebaran pengiriman data, kondisi pengiriman data (LOS atau NLOS), dan jarak perangkat tersebut.

4 Hasil dan Pembahasan

Salah satu yang membedakan penggunaan komunikasi data menggunakan LoRaWAN dengan Peer-To-Peer(P2P) adalah karena latar belakang keamanan data dan pengelolaan baik perangkat *node* ataupun gateway oleh aplikasi pihak ketiga, The Things Network (TTN). Sehingga dengan adanya LoRaWAN data sudah diamankan menggunakan algoritma tertentu, kemudian setiap gateway dan *node* akan diberikan identifikasi untuk memastikan perangkat yang terhubung hanya yang sudah didaftarkan. Sementara P2P, tidak ada pengelolaan keamanan data serta jika ada perangkat penerima LoRa dengan frekuensi yang sama akan mendapatkan data yang dikirimkan oleh perangkat LoRa lain.

Proses pengujian yang telah dilakukan dalam kondisi NLOS atau antara *node* dengan gateway terhalang oleh setiap lain, pada sebuah gedung di Politeknik Negeri Malang dari lantai 1 – 8. Penempatan gateway di atap sedangkan *node* diujicobakan pada setiap lantai, gateway dan *node* sebelumnya telah didaftarkan pada The Things Network (TTN), serta gateway dan *node* memiliki frekuensi yang sama yaitu 915 Mhz. Gambar 6 dan Gambar 7 adalah antara *node* LoRa dan gateway ketika proses pengujian.



Gambar 6 Node LoRa



Gambar 7 Gateway LoRa

Pada pengujian tersebut menggunakan dua *node* LoRa *transmitter* dan satu *receiver* atau *gateway* pada Raspberry pi. Receiver LoRa pada raspberry dapat menerima data dari transmitter LoRa pada *node* dengan jarak tertentu. Pada gateway menggunakan antenna dengan kekuatan sinyal 5.8 dBi yang diletakan di atap Gedung Sipil seperti pada Gambar 7, sedangkan pada *node* pertama menggunakan antenna dengan kekuatan 10 dBi dan pada *node* kedua menggunakan antenna dengan kekuatan 35 dBi. Jika dilihat dari bawah gateway yang terdapat pada atap gedung, disajikan seperti pada Gambar 8 di bawah ini



Gambar 8 Penempatan gateway

4.1 Implementasi Antarmuka Sistem

Implementasi tampilan sistem berupa antar muka dari sistem sesuai dengan perancangan tampilan sistem yang telah dibuat,



Gambar 9 Hasil antarmuka sistem

Pada Gambar 9 merupakan tampilan secara keseluruhan untuk melihat grafik RSSI dan SNR serta visualisasi dari pembacaan sensor. Terdapat beberapa panel yang akan muncul sesuai dengan banyaknya Node yang menyala.

4.2 Pengujian Perangkat Lunak

Pada tahap ini, pengujian sistem dilakukan menguji fungsionalitas sistem dari awal terhubung hingga dapat di monitoring. Adapaun pengujiannya berupa pengujian koneksi *node*, pengujian gateway LoRa, pengujian pengiriman data, dan pengujian dashboard monitoring. Pengujian koneksi *node* dilakukan dengan skenario ketika menyalakan *node* maka akan terhubung ke server TTN, *node* yang terhubung ke server TTN dapat dilihat jika mendapatkan Device Address, Application Session Key, dan Network Session Key yang merupakan informasi atau parameter agar *node* dapat berkomunikasi ke *server* TTN. Pada pengujian Gateway LoRa dilakukan apakah gateway dapat menerima koneksi dan data dari *node* LoRa dan diteruskan ke server TTN. Selanjutnya, pengujian pengiriman data dilakukan dengan mengirimkan data dari *node* berupa data sensor hingga data dapat disimpan pada database. Sementara pengujian dashboard dilakukan dengan skenario pengguna dapat melihat tampilan grafik pada halaman dashboard monitoring. Secara lengkap skenario pengujian dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini

Tabel 6 Skenario pengujian sistem

No	Deskripsi	Skenario	Hasil	Status
1	Koneksi node	Node terhubung ke Server TTN	Node dapat terhubung ke Server TTN	Berhasil
2	Gateway LoRa	Gateway menerima koneksi dari Node	Gateway dapat menerima koneksi dari Node	Berhasil
3	Gateway LoRa	Gateway menerima data dari Node	Gateway dapat menerima data dari Node	Berhasil
4	Gateway LoRa	Gateway mengirim data dari Node ke server TTN	Gateway dapat mengirim data dari Node ke server TTN	Berhasil
5	Mengirim data	Node mengirim data sensor ke server TTN	Node dapat mengirim data sensor ke server TTN	Berhasil

6	Menerima data	Server TTN menerima data sensor dari Node	Server TTN dapat menerima data sensor dari Node	Berhasil
7	Menyimpan data ke database	Cloud Server menyimpan data sensor ke database	Cloud server dapat menyimpan data sensor ke database	Berhasil
8	Dashboard	Pengguna melihat grafik RSSI dan SNR.	Pengguna dapat melihat grafik RSSI dan SNR.	Berhasil
9	Dashboard	Pengguna melihat hasil pembacaan sensor.	Pengguna dapat melihat hasil pembacaan sensor.	Berhasil

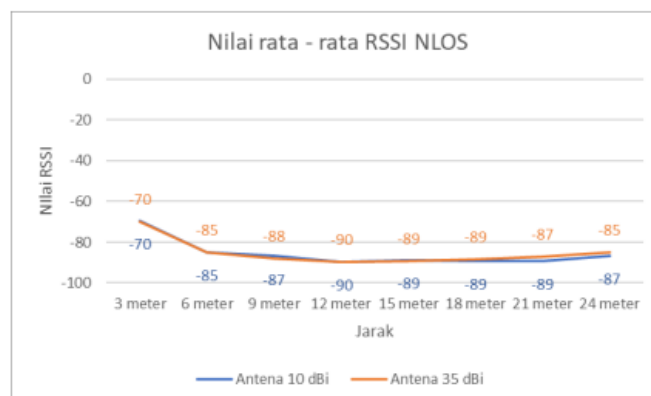
4.3 Pengujian LoRa

Dalam pengujian ini menggunakan parameter berupa jarak untuk mendapatkan nilai RSSI, SNR, dan time delay, dengan meletakkan kedua Node pada lantai 8 sampai 1 Gedung Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang. Data yang digunakan adalah 10 record data dari masing – masing lantai yang ditunjukkan seperti pada Tabel 7 yang mana masing-masing lantai berjarak sekitar 3 meter dengan ketebalan lantai 10 – 15 cm.

Tabel 7 Pengujian nilai RSSI dan SNR

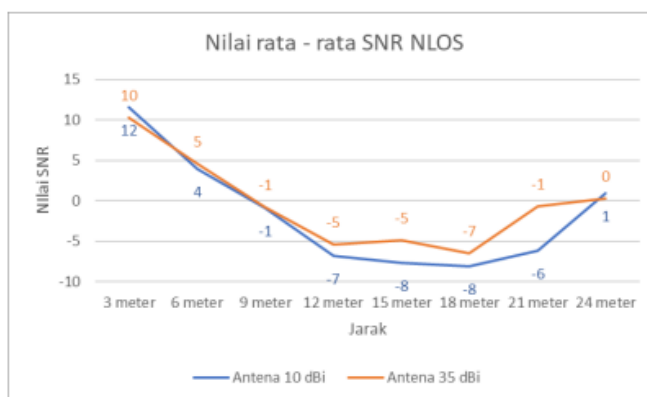
Lokasi	Data ke-	Antena 10 dBi		Antena 35 dBi	
		RSSI	SNR	RSSI	SNR
Lantai 8 (3 m)	1	-72	12	-60	12
	2	-68	10	-62	10
	3	-72	12	-69	11
	4	-70	12	-72	11
	5	-72	12	-80	9
	6	-74	12	-74	8
	7	-72	9	-71	11
	8	-70	12	-68	12
	9	-60	12	-72	11
	10	-66	13	-70	8

Selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik untuk semua jarak atau lantai digambarkan pada Gambar 10, nilai RSSI diambil rata-rata untuk setiap lantai.



Gambar 10 Grafik nilai rata-rata RSSI

Jika dilihat pada grafik yang disajikan pada gambar xx, terlihat bahwa untuk antena 35 dBi semakin baik ketika jaraknya semakin jauh atau pada kasus ini sampai dengan lantai dasar. Dibuktikan nilai RSSI yang mendekati 0, artinya sinyal yang dipancarkan lebih baik atau kuat. Sementara untuk grafik nilai SNR dapat disajikan pada Gambar 11 di bawah ini



Gambar 11 Grafik nilai rata-rata SNR

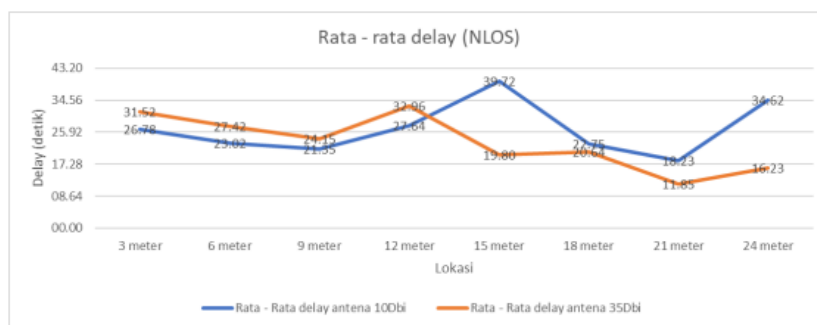
Sama halnya untuk nilai SNR, antenna 35 dBi akan berpengaruh ketika jaraknya semakin jauh yaitu dari Gambar 11 dimulai ketika jaraknya 12 meter. Kemudian pada Tabel 8 dan Tabel 9 waktu terkirim merupakan waktu dari *node* yang telah terhubung dengan modul RTC (Real Time Clock), sedangkan waktu terima merupakan waktu menerima data dari LoRa Gateway. Waktu delay didapatkan dengan cara mengurangi waktu terima pada *receiver* dengan waktu dikirimkannya data pada Gateway.

Tabel 8 Waktu pengiriman antenna 10 dBi

Lokasi	Data ke-	Waktu kirim	Waktu terima	Delay (detik)
Lantai 8 (3 m)	1	14:13:54.757	14:13:34.813	00:00:20.757
	2	14:14:14.802	14:13:54.757	00:00:20.802
	3	14:14:46.163	14:14:14.802	00:00:32.163
	4	14:15:10.537	14:14:46.163	00:00:36.537
	5	14:15:24.795	14:15:10.537	00:00:20.795
	6	14:15:50.509	14:15:24.795	00:00:26.509
	7	14:16:04.809	14:15:50.509	00:00:20.809
	8	14:16:36.179	14:16:04.809	00:00:32.179
	9	14:16:54.785	14:16:36.179	00:00:30.785
	10	14:17:20.513	14:16:54.785	00:00:26.513

Tabel 9 Waktu pengiriman antenna 35 dBi

Lokasi	Data ke-	Waktu kirim	Waktu terima	Delay (detik)
Lantai 8 (3 m)	1	13:58:45.922	13:58:04.000	00:00:41.922
	2	13:59:04.813	13:58:19.000	00:00:45.813
	3	13:59:16.188	13:59:04.000	00:00:12.188
	4	13:59:44.809	13:59:09.000	00:00:35.809
	5	14:00:08.227	13:59:44.000	00:00:24.227
	6	14:00:24.824	13:59:49.000	00:00:35.824
	7	14:00:44.829	14:00:24.000	00:00:20.829
	8	14:01:07.615	14:00:44.000	00:00:23.615
	9	14:01:24.817	14:00:49.000	00:00:35.817
	10	14:01:48.141	14:01:09.000	00:00:39.141



Gambar 12 Grafik nilai rata-rata jeda pengiriman data

Jika merujuk pada Gambar 12 ditampilkan bahwa nilai rata-rata jeda pengiriman data untuk antenna 35 dBi lebih cepat ketika jaraknya semakin jauh, berbeda dengan antenna 10 dBi justru lebih lambat hampir 50% ketika jaraknya semakin jauh.

5 Kesimpulan

Penggunaan teknologi lora sebagai alternatif teknologi tanpa kabel lainnya seperti WiFi atau bluetooth, tentunya perlu mengetahui parameter-parameter yang sesuai sebelum menerapkan teknologi tersebut. Seperti penempatan gateway atau *node*, jenis antenna yang digunakan, serta keadaan lokasi di sekitar *node* atau gateway. Setelah melakukan pengujian menggunakan perangkat gateway dan teknologi LoRAWAN pada kondisi NLOS di dalam gedung teknologi tersebut mampu menjangkau di semua lantai di Gedung Sipil Politeknik Negeri Malang. Penggunaan antenna pada *node* antara 10 dBi dan 35 dBi juga berpengaruh terhadap kekuatan sinyal, terutama dengan lokasi yang semakin jauh dari lokasi gateway. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai RSSI yang mendekati nilai 0, hal tersebut mengisyaratkan kekuatan sinyal semakin baik. Penggunaan antenna 10 dBi dan 35 dBi juga berpengaruh terhadap jeda waktu pengiriman data, penggunaan antenna 35 dBi lebih cepat 50% dibandingkan dengan antenna 10 dBi.

Selanjutnya, penggunaan The Things Network(TTN) akan lebih tepat ketika lokasi pemasangan *node* dan gateway di lingkungan luar yang memang susah untuk dijangkau. The Things Network(TTN) tentunya akan membutuhkan koneksi internet untuk berkomunikasi antara *node* dan gateway, terutama untuk pengiriman data. Selain itu, untuk versi TTN yang komunitas juga dibatasi jumlah *node* yang digunakan. Sedangkan untuk versi yang enterprise harus membayar. Hal tersebut jika diimplementasikan di dalam lingkungan akan tidak cocok, sehingga perlu pengguna teknologi LoRAWAN yang lain seperti ChripStack.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih peneliti sampaikan kepada unit Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P2M) Politeknik Negeri Malang pada skema Penelitian DIPA Swadana Reguler Kompetisi (Reguler Kompetisi) dengan Nomor SP DIPA: 023.18.2.677606/2023 yang telah memberikan pendanaan.

Referensi

- [1] Z. Zhang, A. Mehmood, L. Shu, Z. Huo, Y. Zhang, and M. Mukherjee, "A survey on fault diagnosis in wireless sensor networks," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 11349–11364, Feb. 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2794519.
- [2] P. K. Singh and A. Sharma, "An intelligent WSN-UAV-based IoT framework for precision agriculture application," *Computers and Electrical Engineering*, vol. 100, p. 107912, May 2022, doi: 10.1016/J.COMPELECENG.2022.107912.
- [3] A. Fascista, "Toward Integrated Large-Scale Environmental Monitoring Using WSN/UAV/Crowdsensing: A Review of Applications, Signal Processing, and Future Perspectives," *Sensors 2022, Vol. 22, Page 1824*, vol. 22, no. 5, p. 1824, Feb. 2022, doi: 10.3390/S22051824.
- [4] V. K. Quy, V. H. Nam, D. M. Linh, N. T. Ban, and N. D. Han, "A Survey of QoS-aware Routing Protocols for the MANET-WSN Convergence Scenarios in IoT Networks," *Wirel* <http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>

- Pers Commun*, vol. 120, no. 1, pp. 49–62, Sep. 2021, doi: 10.1007/S11277-021-08433-Z/METRICS.
- [5] H. B. Mahajan and A. Badarla, “Cross-Layer Protocol for WSN-Assisted IoT Smart Farming Applications Using Nature Inspired Algorithm,” *Wirel Pers Commun*, vol. 121, no. 4, pp. 3125–3149, Dec. 2021, doi: 10.1007/S11277-021-08866-6/METRICS.
- [6] K. Haseeb, I. U. Din, A. Almogren, and N. Islam, “An Energy Efficient and Secure IoT-Based WSN Framework: An Application to Smart Agriculture,” *Sensors 2020, Vol. 20, Page 2081*, vol. 20, no. 7, p. 2081, Apr. 2020, doi: 10.3390/S20072081.
- [7] A. Srivastava, A. Singh, S. G. Joseph, M. Rajkumar, Y. D. Borole, and H. K. Singh, “WSN-IoT Clustering for Secure Data Transmission in E-Health Sector using Green Computing Strategy,” *2021 9th International Conference on Cyber and IT Service Management, CITSM 2021*, 2021, doi: 10.1109/CITSM52892.2021.9588977.
- [8] S. Murugesan, S. Ramalingam, and P. Kanimozhi, “Theoretical modelling and fabrication of smart waste management system for clean environment using WSN and IOT,” *Mater Today Proc*, vol. 45, pp. 1908–1913, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.MATPR.2020.09.190.
- [9] G. Irin Loretta and V. Kavitha, “Privacy preserving using multi-hop dynamic clustering routing protocol and elliptic curve cryptosystem for WSN in IoT environment,” *Peer Peer Netw Appl*, vol. 14, no. 2, pp. 821–836, Mar. 2021, doi: 10.1007/S12083-020-01038-6/METRICS.
- [10] F. Hamid, E. Ratuloli, A. Setia Budi, and A. Bhawiyuga, “Implementasi Skema Anti-Collision Menggunakan Metode TDMA dan TPSN pada Sistem WSN Berbasis LoRa,” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 5, no. 1, pp. 283–290, Jan. 2021, Accessed: Jul. 05, 2023. [Online]. Available: <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/8463>
- [11] J. de C. Silva, J. Rodrigues, A. Alberti, P. Šolić, and A. L. L. Aquino, “LoRaWAN — A low power WAN protocol for Internet of Things: A review and opportunities,” *2017 2nd International Multidisciplinary Conference on Computer and Energy Science (SpliTech)*, 2017.
- [12] S. Aguilar, A. Platis, R. Vidal, and C. Gomez, “Energy Consumption Model of SCHC Packet Fragmentation over Sigfox LPWAN,” *Sensors 2022, Vol. 22, Page 2120*, vol. 22, no. 6, p. 2120, Mar. 2022, doi: 10.3390/S22062120.
- [13] M. H. Widiyanto, A. Sinaga, and M. A. Ginting, “A Systematic Review of LPWAN and Short-Range Network using AI to Enhance Internet of Things,” *Journal of Robotics and Control (JRC)*, vol. 3, no. 4, pp. 505–518, Jul. 2022, doi: 10.18196/JRC.V3I4.15419.
- [14] Y. Chen, Y. A. Sambo, O. Onireti, and M. A. Imran, “A Survey on LPWAN-5G Integration: Main Challenges and Potential Solutions,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 32132–32149, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3160193.
- [15] E. U. Ogbodo, A. M. Abu-Mahfouz, and A. M. Kurien, “A Survey on 5G and LPWAN-IoT for Improved Smart Cities and Remote Area Applications: From the Aspect of Architecture and Security,” *Sensors 2022, Vol. 22, Page 6313*, vol. 22, no. 16, p. 6313, Aug. 2022, doi: 10.3390/S22166313.
- [16] N. Noprianto, M. A. Hendrawan, and M. H. Ratsanjani, “ANALISIS LORA DALAM KOMUNIKASI NODEMCU DI LINGKUNGAN POLITEKNIK NEGERI MALANG,” *Jurnal Sistem Informasi dan Bisnis Cerdas*, vol. 15, no. 2, pp. 1–8, Aug. 2022, doi: 10.33005/SIBC.V15I2.9.
- [17] K. D. Irianto, “Performance Evaluation of LoRa in Farm Irrigation System with Internet of Things,” *Kinetik: Game Technology, Information System, Computer Network, Computing, Electronics, and Control*, vol. 7, no. 4, pp. 383–390, Nov. 2022, doi: 10.22219/KINETIK.V7I4.1551.
- [18] F. Dawani *et al.*, “Prototype of Long-Range Radio Communication for e-Nelayan Devices using LoRaWAN,” *JURNAL INFOTEL*, vol. 10, no. 4, pp. 202–209, Nov. 2018, doi: 10.20895/INFOTEL.V10I4.411.
- [19] H. Andre, B. Arma Sugara, R. Fernandez, R. Wahyu Pratama, and J. Teknik Elektro, “Analisis Komunikasi Data Jaringan Nirkabel Berdaya Rendah Menggunakan Teknologi Long Range (LoRa) di Daerah Hijau Universitas Andalas,” *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id*

- Telecommunication, Information, and Power Engineering*), vol. 9, no. 1, pp. 1–7, Oct. 2022, doi: 10.33019/JURNALECOTIPE.V9I1.2480.
- [20] A. R. Batong, P. Murdiyat, and A. H. Kurniawan, “Analisis Kelayakan LoRa Untuk Jaringan Komunikasi Sistem Monitoring Listrik Di Politeknik Negeri Samarinda,” *PoliGrid*, vol. 1, no. 2, pp. 55–64, Dec. 2020, doi: 10.46964/POLIGRID.V1I2.602.