

LoRa Gateway Implementation for Data Transmission Analysis to Network Servers

Implementasi LoRa Gateway untuk Analisa Pengiriman Data ke Network Server

Penulis menggunakan style (penulis), sedangkan afiliasi dan email menggunakan style (afiliasi)

Ignatia Indreswari Nugroho¹, Oktavia Ayu Permata², Helmy Widiantara³

^{1,2,3} Teknologi Informasi, Institut Teknologi Telkom Surabaya, Indonesia

¹ignatiaindy@student.ittelkom-sby.ac.id, ²oktapermata@ittelkom-sby.ac.id,

³helmywid@ittelkom-sby.ac.id

Informasi Artikel

Received: December 2020

Revised: January 2021

Accepted: January 2021

Published: February 2021

Menggunakan style info

Abstract (menggunakan style abstract)

Purpose: To comprehend the communication process from sensor nodes to the Telkom IoT platform, ascertain data transmission analysis results, and evaluate the effectiveness of LoRa usage.

Design/methodology/approach: Data transmission is accomplished using LoRa (Long Range) modules.

Findings/result: Communication from sensor nodes to the Telkom IoT Platform can occur. Through testing the impact of SF on QoS, SF12 emerges as the best performing spreading factor, and testing the impact of distance on QoS reveals that the optimal range is at 50m. The average QoS results include packet loss 6.44%, delay 41ms, throughput 414.88 bps, and jitter 1.31ms. The average total index is 3.5. The use of LoRa and MQTT protocol in this research has proven to be effective for IoT communication.

Originality/value/state of the art: Research utilizing LoRa, MQTT, and Telkom IoT Platform with variations in testing parameters such as time intervals, spreading factors (SF), and distance to assess Quality of Service is relatively rare among previous researchers.

Abstrak (menggunakan style abstrak)

Tujuan: Mengetahui proses komunikasi dari sensor node hingga ke Telkom IoT Platform, mengetahui hasil analisa pengiriman data, dan menguji seberapa efektif penggunaan LoRa.

Perancangan/metode/pendekatan: Pengiriman data dilakukan menggunakan modul LoRa (Long Range).

Keywords: Internet of Things; LoRa (Long Range); Telkom IoT Platform; Quality of Service

Kata kunci: Internet of Things; LoRa (Long Range); Telkom IoT Platform; Quality of Service

Hasil: Komunikasi dari sensor node hingga ke Telkom IoT Platform. Melalui pengujian pengaruh SF terhadap QoS diketahui SF terbaik adalah SF12 dan pada pengujian pengaruh jarak terhadap QoS diketahui jarak terbaik didapatkan pada jarak 50m. Rata-rata QoS yang didapat adalah *packet loss* 6,44%, *delay* 41ms, *throughput* 414,88 bps, dan *jitter* 1,31 ms. Hasil rata-rata indeks total 3,5. Penggunaan LoRa dan protokol MQTT pada penelitian ini terbukti efektif untuk komunikasi pada IoT.

Keaslian/ *state of the art*: Penelitian dengan menggunakan LoRa, MQTT, dan Telkom IoT Platform dengan variasi parameter pengujian berupa interval waktu, *spreading factors* (SF), dan jarak untuk menguji *Quality of Service* masih jarang dilakukan oleh peneliti sebelumnya.

1. Pendahuluan

Internet of Things (IoT) merupakan salah satu teknologi yang mengalami perkembangan pesat dan menarik minat masyarakat. Di Indonesia banyak kegiatan, organisasi, dan perusahaan yang memanfaatkan IoT untuk memantau dan mentransmisikan data ke internet. IoT merupakan sebuah sistem yang memungkinkan adanya pertukaran data (mengirim atau menerima) pada jaringan. Banyak teknologi yang digunakan untuk melakukan komunikasi antar device, salah satunya adalah LoRa. LoRa (Long Range) merupakan teknologi komunikasi yang memiliki kemampuan transmisi jarak jauh dengan daya rendah, dan oleh karena itu penelitian ini ingin menguji efektivitas penggunaan LoRa dalam pengiriman data.

Salah satu faktor penting dalam kemajuan *Internet of Things* (IoT) adalah Jaringan Sensor Nirkabel (*Wireless Sensor Network*). WSN merupakan kerangka infrastruktur nirkabel yang terdiri dari sensor node. Setiap node sensor bertugas untuk mengumpulkan dan meneruskan data serta informasi ke server jaringan. Salah satu solusi komunikasi yang populer di dalam WSN adalah LoRa (*Long Range*). LoRa adalah sebuah sistem komunikasi jaringan area luas dengan daya rendah (*Low Power Wide Area Network*) yang memiliki kemampuan untuk melakukan transmisi jarak jauh. LoRa telah dirancang untuk memenuhi tujuan dan kebutuhan dari LPWAN dan WSN, termasuk jarak jangkauan yang luas, konsumsi energi yang efisien, dan *Quality of Service* (QoS)[1]. *Gateway* juga diperlukan untuk mengirimkan data secara langsung ke server.

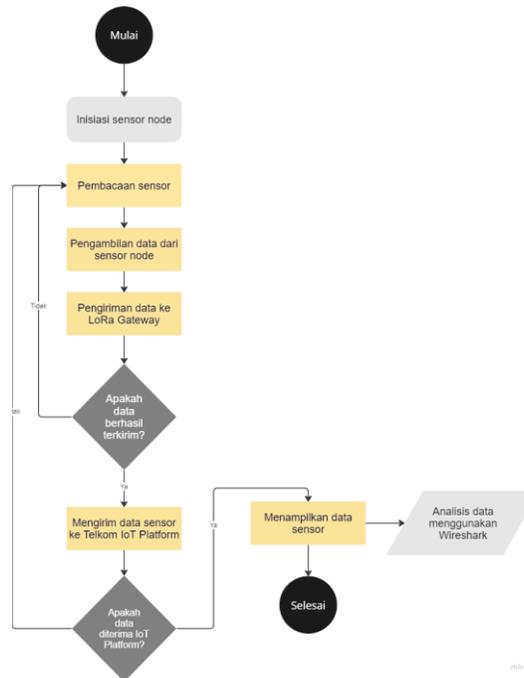
Platform IoT adalah layanan teknologi IoT yang menyediakan kemudahan dalam menghubungkan, mengelola, dan mengotomatisasi berbagai perangkat atau sensor, serta memvisualisasikan data perangkat yang tersimpan melalui *dashboard* pribadi yang dapat disesuaikan sesuai dengan kebutuhan *user*. Telkom IoT Platform merupakan *brand* di bawah PT. Telekomunikasi Indonesia, memiliki peran penting dalam mengumpulkan data yang dikirim dari perangkat IoT, kemudian memprosesnya melalui protokol yang aman dan dapat diandalkan seperti MQTT. Protokol MQTT digunakan sebagai protokol komunikasi antara *gateway* dan *network server* [2]. Telkom IoT menyediakan 3 protokol yang dapat digunakan dalam pengembangan IoT yaitu LoRa, MQTT, dan HTTP.

Dalam penelitian yang berjudul “Analisis Keamanan Wifi Menggunakan *Wireshark*,” telah diketahui bahwa penggunaan Aplikasi *wireshark* mempermudah dalam menampilkan informasi-informasi yang diperoleh. Namun, penelitian ini memiliki kekurangan yaitu kurangnya perolehan data dikarenakan keterbatasan waktu[3]. Sementara dalam penelitian yang berjudul “Analisis Pengiriman Data dari *Gateway LoRa* ke *Network Server*,” diperoleh hasil bahwa jumlah kilobytes yang digunakan selalu konstan. Namun penelitian ini hanya membandingkan jumlah *kilobytes* terhadap SF dan protokol sehingga kurangnya variasi data yang didapat[4].

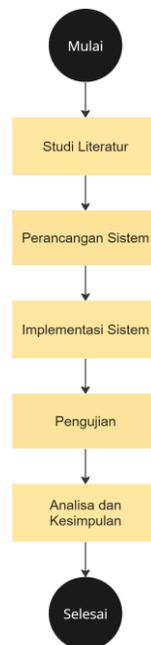
Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, maka objektif pada penelitian ini adalah penggunaan Telkom IoT Platform dalam pengiriman data menggunakan LoRa, melalui LoRa gateway yang terletak di ITTelkom Surabaya dan menggunakan protokol MQTT dalam komunikasi pengiriman data. Selanjutnya, kinerja komunikasi protokol yang digunakan akan dianalisis menggunakan *Wireshark*. Parameter pengujian akan mencakup *Quality of Service* (QoS) dengan variasi interval waktu, jarak, dan *spreading factors* (SF).

2. Metode/Perancangan

Berikut merupakan beberapa tahapan metode penelitian dan prosedur/pendekatan penelitian secara berurutan pada pengerjaan penelitian ini.



Gambar 1. Tahapan metode penelitian



Gambar 2. Prosedur penelitian

2.1. Studi Literatur

Dilakukan dengan cara pencarian studi dari jurnal, internet, atau sumber informasi lainnya untuk menunjang penelitian. Digunakan untuk memberikan pemahaman yang memadai dalam pengembangan sistem.

2.1.1. Internet of Things

IoT adalah sebuah konsep yang mengaitkan seluruh perangkat ke dalam jaringan internet, memungkinkan perangkat-perangkat IoT saling berkomunikasi melalui internet. Istilah IoT merujuk pada jaringan perangkat fisik yang terkoneksi dan saling berinteraksi melalui internet. Ini melibatkan objek-objek yang memiliki kapabilitas untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa bergantung pada interaksi manusia (antarm manusia) ataupun antarmuka komputer (antarmuka manusia-komputer). Sistem IoT juga memiliki kemampuan untuk mengirimkan pembacaan data yang dapat diukur melalui konektivitas nirkabel, sehingga memungkinkan sistem IoT untuk dengan mudah disesuaikan dengan berbagai jenis aplikasi[5].

2.1.2. Long Range

LoRa yang memiliki kepanjangan “*Long Range*”, adalah sebuah teknologi komunikasi nirkabel yang termasuk dalam jaringan wilayah luas konsumsi daya rendah (*Low Power Wide Area Network*), dirancang secara khusus untuk mendukung konektivitas jarak jauh dengan konsumsi daya yang minim. LoRa adalah protokol komunikasi radio yang sangat sesuai untuk solusi *Internet of Things* (IoT), dikembangkan oleh perusahaan Semtech menggunakan teknik modulasi *chirp spread spectrum* (CSS). LoRa menggunakan modulasi LoRa (*LoRa spread spectrum*) yang memungkinkan transmisi data dengan jangkauan yang sangat luas, mencakup area yang lebih besar dibandingkan dengan teknologi nirkabel tradisional. Keunggulan utama LoRa adalah jangkauannya yang luas dan penggunaan daya yang rendah. LoRa adalah opsi optimal untuk solusi IoT yang mengharuskan komunikasi data dalam jarak jauh sambil tetap mempertahankan penggunaan daya yang minimal[6].

2.1.3. LoRa Gateway

LoRa Gateway adalah perangkat yang digunakan dalam jaringan LoRaWAN (*Long Range Wide Area Network*). LoRaWAN sendiri adalah protokol komunikasi nirkabel yang dirancang khusus untuk mendukung konektivitas jaringan berkecepatan rendah, namun dengan jangkauan yang sangat luas. Fungsi utama LoRa Gateway adalah sebagai titik akses atau jembatan antara perangkat yang menggunakan teknologi LoRa (seperti sensor atau perangkat IoT) dan infrastruktur jaringan internet. Tugas utama LoRa Gateway adalah menerima paket data dari perangkat LoRa yang berada dalam jangkauan, kemudian meneruskannya ke *network server* menggunakan protokol MQTT. Meskipun teknologi LoRa Gateway tidak memiliki kemampuan untuk memproses data, namun LoRa Gateway dapat mengumpulkan semua data yang diterima dari sensor node[7].

2.1.4. Antares Sensor LoRa Shield



Gambar 3. Antares Sensor LoRa Shield

Antares Sensor LoRa Shield adalah sebuah perangkat tambahan yang dirancang khusus untuk memperluas kemampuan perangkat LoRa dengan menambahkan kemampuan sensor. Perangkat ini berfungsi sebagai perisai (*shield*) yang dapat dipasang pada modul LoRa, seperti Arduino atau ESP32, untuk memungkinkan penggunaan sensor tambahan. Perangkat ini biasanya dilengkapi dengan antarmuka dan pin GPIO (General Purpose Input/Output) yang memungkinkan penggunaan sensor-sensor eksternal. Dengan memanfaatkan kemampuan LoRa, data yang dikumpulkan oleh sensor-sensor ini dapat dikirimkan ke LoRa Gateway untuk dikirim ke *network server* atau sistem pengolahan data. Seluruh proses penerimaan dan pengiriman data dapat diprogram pada Arduino *Integrated Development Environment* (IDE)[8].

2.1.5. ESP32 Antares



Gambar 4. ESP32 Antares

ESP32 Antares atau bisa disebut dengan Lynx32 LoRa *Development Board* merupakan papan pengembangan yang menggunakan ESP32 sebagai mikrokontrolernya dan terdapat RFM95 (*Radio Frequency Module*) merupakan salah satu modul LoRa yang menggunakan komunikasi Radio Frekuensi. ESP32 Antares memungkinkan pengembang untuk membuat aplikasi IoT yang efisien dan terhubung dengan menggunakan modul ESP32. ESP32-WROOM-32 adalah

sebuah modul Wi-Fi dan Bluetooth yang kuat dan serba guna yang dirancang untuk berbagai aplikasi, mulai dari jaringan sensor dengan konsumsi daya rendah hingga tugas-tugas berat[9].

2.1.6. Telkom IoT Platform

Secara umum, sebuah platform IoT adalah solusi perangkat lunak yang menyediakan beragam alat dan fitur untuk mendukung pengembangan, pengelolaan, dan analisis perangkat IoT. Telkom Platform IoT merupakan bagian krusial dalam ekosistem IoT yang memiliki peran signifikan dalam mengumpulkan dan memproses data yang dikirim oleh perangkat IoT melalui protokol yang aman dan terpercaya seperti MQTT. Dengan menggunakan layanan mikro, Telkom IoT Platform memungkinkan pembuatan aplikasi IoT untuk pemantauan dan pengendalian. Platform ini menawarkan fitur unik seperti manajemen perangkat, interoperabilitas lintas merek, keterhubungan dengan berbagai jenis konektivitas, dan dashboard personal[10].

2.1.7. Message Queuing Telemetry Transport

MQTT merupakan protokol komunikasi ringan yang digunakan dalam Internet of Things (IoT) untuk pertukaran data antara perangkat dan sistem[11]. MQTT adalah suatu protokol pesan yang ringan, mengadopsi pendekatan publish-subscribe, dan beroperasi di atas protokol TCP/IP. Dalam lingkungan di mana perangkat-perangkat terhubung, penerbit (*publisher*) dapat mengirimkan pesan ke topik (*topic*) yang spesifik.[12]. Keuntungan MQTT adalah kemampuannya untuk mengatasi kondisi jaringan yang tidak stabil dan koneksi yang terputus. Pesan yang dikirim saat perangkat offline akan diantre (*queued*) oleh MQTT *broker* dan dikirimkan saat perangkat kembali online. Hal ini memastikan pengiriman pesan yang andal dan terjamin dalam lingkungan jaringan yang tidak dapat diandalkan. Penerapan MQTT cukup sederhana dan mampu mengelola banyak klien dalam jumlah besar yang berada pada jarak yang cukup jauh, hanya dengan menggunakan satu server[13].

2.1.8. LoRa Spreading Factors

SF (*Spreading Factor*) adalah rasio antara kecepatan simbol (*symbol rate*) dan kecepatan chip (*chip rate*) dalam sistem radio. Sebuah faktor sebaran yang lebih tinggi akan meningkatkan *Signal to Noise Ratio* (SNR), tidak hanya itu, sensitivitas dan jangkauan serta waktu penggunaan paket (*airtime* packet) meningkat. Jumlah chip per simbol dihitung dengan mengalikan 2 dengan nilai SF dengan kata lain dapat dihitung sebagai 2SF. Sebagai contoh, dengan SF 12 (SF12) akan digunakan 4096 chip / simbol. Setiap peningkatan SF akan mengurangi setengah laju transmisi, sehingga meningkatkan dan menggandakan durasi transmisi dan akhirnya konsumsi energi. Faktor sebaran dapat dipilih dari rentang 7 hingga 12[14].

2.1.9. Quality of Service

Quality of Service (QoS) adalah sebuah metrik yang digunakan untuk mengukur dan menentukan tingkat kepuasan pengguna (*user*) terhadap suatu layanan. QoS juga mencerminkan kemampuan sebuah jaringan dalam memberikan pelayanan terbaik dengan menganalisis factor-faktor seperti hilangnya paket data (*packet loss*), waktu tunda (*delay*), kecepatan transfer data (*throughput*), dan variasi kedatangan paket (*jitter*) [15]. Berdasarkan studi literatur didapatkan persamaan dan kategori *Quality of Service* berdasarkan standar TIPHON.

$$\text{Packet Loss} = \frac{(\text{Paket dikirim} - \text{Paket diterima})}{\text{Paket dikirim}} \times 100\% \quad (1)$$

$$Delay = \frac{Total\ Delay}{Jumlah\ total\ paket} \quad (2)$$

$$Throughput = \frac{Paket\ data\ yang\ diterima}{Waktu\ pengiriman\ data} \quad (3)$$

$$Jitter = \frac{Total\ Variasi\ Delay}{Total\ paket\ diterima-1} \quad (4)$$

Tabel 1. Kategori *Packet Loss* menurut Standar TIPHON

Kategori <i>Packet Loss</i>	<i>Packet Loss</i> (%)	Indeks
Sangat Bagus	0%	4
Bagus	3%	3
Sedang	15%	2
Jelek	25%	1

Tabel 2. Kategori *Delay* menurut Standar TIPHON

Kategori <i>Delay</i>	<i>Delay</i> (ms)	Indeks
Sangat Bagus	<150 ms	4
Bagus	150 ms s/d 300 ms	3
Sedang	300 ms s/d 450 ms	2
Jelek	<450 ms	1

Tabel 3. Kategori *Throughput* menurut Standar TIPHON

Kategori <i>Throughput</i>	<i>Throughput</i> (bps)	Indeks
Sangat Bagus	100 bps	4
Bagus	75 bps	3
Sedang	50 bps	2
Jelek	<25 bps	1

Tabel 4. Kategori *Jitter* menurut Standar TIPHON

Kategori <i>Jitter</i>	<i>Jitter</i> (ms)	Indeks
Sangat Bagus	0 ms	4
Bagus	0 ms s/d 75 ms	3
Sedang	75 ms s/d 125 ms	2
Jelek	125 ms s/d 225 ms	1

Kategori ini digunakan sebagai acuan untuk mengevaluasi *Quality of Service* yang berkaitan dengan efektivitas penggunaan LoRa dalam pengiriman data.

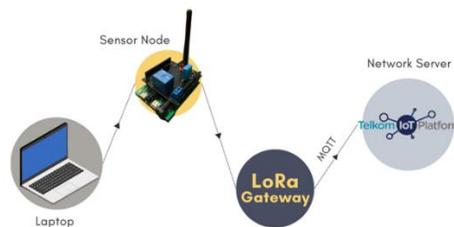
2.1.10. Wireshark

Wireshark adalah perangkat lunak (*software*) *open-source* yang digunakan untuk analisis paket yang digunakan untuk memecahkan suatu permasalahan jaringan, menganalisis perangkat lunak, dan mengembangkan protokol komunikasi. *Wireshark* menyediakan kemampuan yang kuat untuk memeriksa, menganalisis, dan merekam paket-paket data yang dikirim melalui jaringan komputer. Perangkat lunak ini mendukung berbagai protokol jaringan populer seperti TCP, UDP, IP, HTTP, FTP, DNS, dan masih banyak lagi. Fitur filter yang kuat memungkinkan

pengguna untuk menyaring dan memfokuskan analisis hanya pada paket-paket data yang relevan, mempermudah pemahaman dan identifikasi masalah. *Wireshark* memiliki kemampuan untuk menangkap dan menganalisis berbagai jenis paket informasi dalam berbagai format protokol yang ada dalam jaringan[3], [16].

2.2. Perancangan Sistem

Pada tahap perancangan sistem, suatu struktur dihasilkan yang terdiri dari serangkaian langkah-langkah yang merinci proses pengolahan data serta prosedur yang bertujuan untuk mendukung pelaksanaan penelitian. Langkah perancangan sistem ini menjadi fondasi pertama dalam mewujudkan implementasi sistem. Dalam hal ini, berikut adalah gambaran desain sistem penelitian.



Gambar 5. Desain Sistem

Ada beberapa komponen/elemen utama dalam sistem ini, yakni sensor node, *gateway*, dan server. Fungsi utama dari node sensor adalah untuk mengumpulkan data. Protokol LoRa berperan sebagai perangkat *transceiver* yang menghubungkan sensor node, *gateway*, dan Telkom IoT Platform. Modul gerbang dalam sistem ini menggunakan LoRa Gateway yang ditempatkan di IT Telkom Surabaya. Data yang dihasilkan oleh sensor node akan diterima oleh *gateway*, lalu diteruskan ke server jaringan. Selanjutnya, *gateway* mengirimkan data ke Telkom IoT Platform melalui protokol MQTT.

2.3. Implementasi Sistem

Implementasi sistem dilakukan menggunakan LoRa. Penerapan LoRa dimulai dengan membangun perangkat keras yang diperlukan. Komponen utama pada sensor node terdiri dari ESP32 Antares dan Antares Sensor Lora Shield yang dilengkapi dengan sensor DHT11 untuk pengiriman data. Protokol LoRa digunakan untuk menghubungkan perangkat keras yang akan digunakan. Langkah berikutnya melibatkan pelaksanaan perangkat lunak yang diperlukan, yang berupa penulisan kode program untuk sensor node. Kode program yang diimplementasikan berfokus pada fungsi inti dari sensor node. Setelah itu, langkah implementasi juga melibatkan penyusunan kode program untuk mengirimkan data dari sensor node menuju Telkom IoT Platform. Dalam hal ini, *gateway* bertindak sebagai perantara yang menghubungkan pengiriman data dari sensor node ke server jaringan (Telkom IoT Platform). Bagian akhir dari proses ini melibatkan analisis pengiriman data menggunakan perangkat lunak *Wireshark*. Parameter-parameter yang dianalisis berdasarkan *Quality of Service (QoS)* mencakup *packet loss*, *delay*, *throughput*, dan *jitter*. Analisis tersebut meliputi parameter pada protokol MQTT. Pengujian

dilakukan dengan memvariasikan spreading factors (SF), interval waktu, dan jarak antara sensor node dan LoRa Gateway.

2.4. Pengujian

Menguji berjalannya sistem sesuai dengan parameter yang telah ditentukan. Parameter pengujian adalah variasi *spreading factors* dimulai dari SF7, SF10, dan SF12, variasi interval waktu dimulai dari 10 detik, 30 detik, 100 detik, dan 200 detik. Serta variasi jarak 10m, 30m, 50m, 100m, 500m, dan 1km.

2.5. Analisa dan Kesimpulan

Hasil pengujian akan dianalisa menggunakan *wireshark*. Subjek yang dianalisa berupa pengaruh sf, interval waktu, dan jarak pada pengiriman data. Kesimpulan diambil berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilaksanakan.

3. Hasil dan Pembahasan

Bab ini akan menjelaskan secara rinci mengenai implementasi perangkat keras (*hardware*) dan lunak (*software*), pengujian peralatan, serta analisis dan diskusi mengenai hasil yang diperoleh.

3.1. Implementasi Sensor Node

Implementasi alat pada penelitian ini dilakukan agar dapat mengetahui kinerja dari alat penelitian seperti sensor node untuk pengambilan data, dengan harapan alat penelitian dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Komponen dari sensor node yang akan digunakan dalam implementasi adalah ESP32 Antares dan Antares Sensor LoRa Shield. Proses implementasi ini dilakukannya untuk mengetahui dan mengevaluasi kinerja dan fungsionalitas perangkat tersebut (sensor node) dalam konteks aplikasi IoT. Sensor DHT11 telah terpasang pada Antares Sensor LoRa Shield, yang terhubung ke pin pada papan ESP32 Antares. Sensor node disambungkan ke Laptop menggunakan kabel USB Type-C. Dilakukannya pembacaan data suhu dan kelembapan oleh sensor node, dan berdasarkan pembacaan didapatkan hasil berupa tampilan suhu dan kelembapan, hal ini memastikan bahwa sensor node berfungsi dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan.

3.2. Implementasi LoRa

Implementasi LoRa ini merupakan implementasi sensor node hingga bisa tersambung ke Telkom IoT Platform, melibatkan perangkat keras ESP32 Antares dan Antares Sensor LoRa Shield, perangkat keras ini memanfaatkan fitur dan layanan yang disediakan oleh Telkom IoT platform untuk menghubungkan, mengelola, dan menganalisis data dari perangkat IoT. Dalam implementasi ini, sensor node diintegrasikan dengan Telkom IoT Platform, memanfaatkan LoRa dan protokol komunikasi seperti MQTT, untuk memastikan transfer data yang andal dan aman antara perangkat dan platform. Implementasi ini memungkinkan *user* untuk melihat data yang didapat dari sensor node dalam platform tersebut secara efektif dan efisien. Konfigurasi yang digunakan pada *device* di Telkom IoT Platform menggunakan ABP sebagai LoRa *Activation Mode* yang melibatkan perangkat akhir baru yang ditambahkan tanpa *keys* yang sudah ada seperti AppEUI, devEUI, dan lainnya. Kemudian mengatur LoRa *Device Class* menjadi *Class C* yang memiliki keunggulan dapat melakukan komunikasi secara *real time*. Dengan konfigurasi yang telah dilakukan, platform dapat terkoneksi dengan LoRa. Setelah membuat dan mengkonfigurasi *device* pada Telkom IoT Platform, selanjutnya menjalankan program sensor node pada Arduino IDE. Setelah dijalankan, muncul *output* data yang

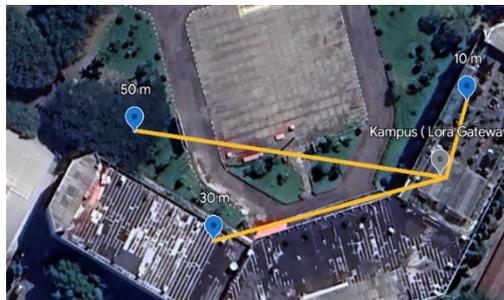
ditampilkan / dapat dilihat dalam Telkom IoT Platform. Munculnya “t” (suhu / *temperature*) dan “h” (kelembapan / *humidity*) menandakan data telah berhasil terbaca, dan dikirimkan dari sensor node melalui LoRa Gateway hingga ke Telkom IoT Platform. Dapat disimpulkan bahwa program dapat dijalankan dan dapat terkirimkan dengan benar hingga ke Telkom IoT Platform, yang menandakan Implementasi LoRa telah berhasil.

3.3. Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja dari sensor dan sistem. Terdapat beberapa parameter pengujian seperti tiga variasi *spreading factors* yaitu dari SF7, SF10, dan SF12 guna memberi dampak kinerja dari komunikasi LoRa, empat interval waktu yaitu 10 detik, 30 detik, 100 detik, dan 200 detik. Pengujian data dilakukan pada enam jarak yaitu 10m, 30m, 50m, 100m, 500m, dan 1000m. Fungsi dari dilakukannya pengujian dengan beberapa variasi parameter pengujian seperti SF, interval waktu, dan jarak yang berbeda ialah untuk melihat ada atau tidaknya perbedaan data dan juga melihat kualitas data.

Tabel 5. Skenario Pengujian

No	Jarak (m)	Interval Waktu (s)	Spreading Factors (SF)
1	10m – 1000m	10s	SF7
2		10s	SF10
3		10s	SF12
4	10m – 1000m	30s	SF7
5		30s	SF10
6		30s	SF12
7	10m – 1000m	100s	SF7
8		100s	SF10
9		100s	SF12
10	10m – 1000m	200s	SF7
11		200s	SF10
12		200s	SF12

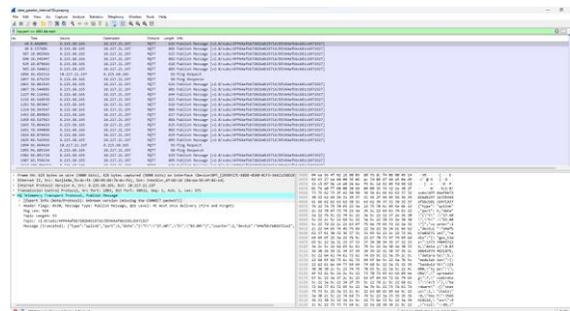


Gambar 6. Denah jarak pengujian 10m-50m



Gambar 7. Denah jarak pengujian 100m-1000m

Pengujian pada semua scenario pengujian menunjukkan hasil observasi mulai dari pembacaan sensor node hingga ke Telkom IoT Platform. Data yang telah berhasil terkirim dan ditampilkan pada platform kemudian di analisa / *capture* dengan menggunakan *Wireshark*. Pada *wireshark*, *interface* Wi-Fi yang terhubung dipilih untuk menangkap paket data, digunakannya filter “tcp.port == 1883 && mqtt” untuk memungkinkan fokus pada paket data tertentu yang relevan dengan kebutuhan analisis penelitian ini. Bagian pertama dari filter ini “tcp.port == 1883” digunakan untuk menyaring paket data. Penggunaan dari port 1883 dikarenakan port 1883 merupakan nomor port standar yang digunakan oleh protokol komunikasi MQTT. Port 1883 digunakan oleh MQTT *broker* untuk menerima koneksi dari perangkat yang ingin berkomunikasi melalui protokol MQTT. Bagian kedua “mqtt” adalah kondisi untuk menyaring paket data yang merupakan protokol MQTT sehingga hanya paket data MQTT saja yang akan ditampilkan.



Gambar 8. Hasil *capture* paket data

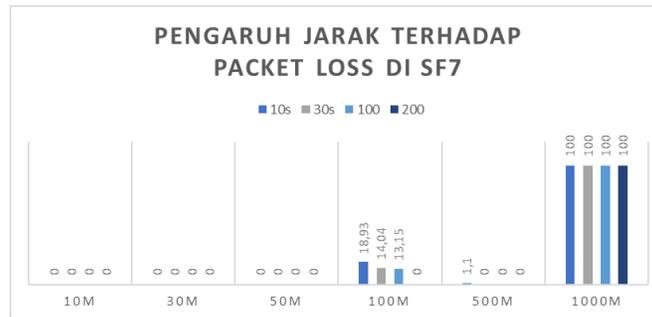
Setelah pengaplikasian filter maka paket data yang muncul hanya paket data dengan protokol MQTT dengan port 1883. Untuk memudahkan analisis maka dilakukannya “*Export Specified Packets*” (ekspor paket tertentu) dalam hal ini hanya paket terfilter saja yang nantinya terekspor. Untuk dapat menghitung *Quality of Service* (QoS) pada data maka memerlukan informasi paket data yang didapat dari hasil penangkapan paket data di *Wireshark*. Diterapkannya pula filter “tcp.analysis.lost_segment” untuk menandai paket TCP yang dianggap sebagai “hilang”, dapat membantu mengidentifikasi adanya paket-paket yang hilang atau tidak berhasil diterima.

Tabel 6. Hasil pengujian skenario

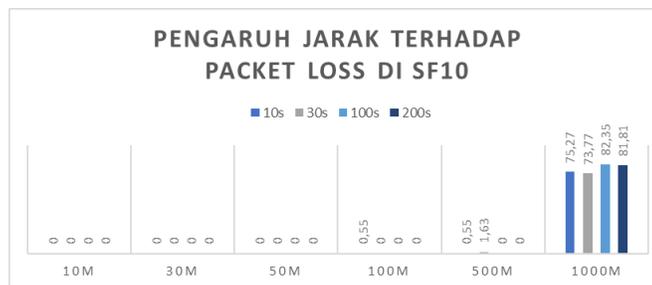
No	SF	Interval Waktu (s)	Jarak (m)	Packet Loss (%)	Delay (ms)	Throughput (bps)	Jitter (ms)
1	SF7	10s	10m	0%	43,85	1154,91	0,41
2			30m	0%	49,55	1095,25	0,08
3			50m	0%	38,23	1183,75	0,43
4			100m	18,93%	52,48	926,01	0,12
5			500m	1,10%	51,89	1116,28	0,36
6			1000m	100%	-	-	-
7		30s	10m	0%	46,30	407,86	0,89
8			30m	0%	56,66	313,61	2,98
9			50m	0%	39,28	415,38	1,13
10			100m	14,04%	54,82	330,52	0,43
11			500m	0%	57,75	409,68	1,82
12			1000m	100%	-	-	-
13		100s	10m	0%	34,57	131,28	1,59
14			30m	0%	63,72	111,93	9,78
15			50m	0%	37,48	132,81	3,81
16			100m	13,15%	44,32	100,22	0,95
17			500m	0%	55,84	120,91	2,98
18			1000m	100%	-	-	-
19		200s	10m	0%	38,51	74,04	2,59
20			30m	0%	70,14	81,72	9,86
21			50m	0%	34,58	71,73	4,64
22			100m	0%	47,19	64,42	4,32
23			500m	0%	49,68	64,31	7,56
24			1000m	100%	-	-	-
25	SF10	10s	10m	0%	38,16	1165,51	0,49
26			30m	0%	45,27	1199,29	0,47
27			50m	0%	38,15	1136,17	0,85
28			100m	0,55%	44,21	1128,02	0,22
29			500m	0,55%	42,92	1150,23	0,08
30			1000m	75,27%	60,11	288,21	0,96
31		30s	10m	0%	41,27	399,28	1,82
32			30m	0%	30,33	278,08	1,19
33			50m	0%	37,21	416,71	2,17
34			100m	0%	44,35	405,12	0,75
35			500m	1,63%	50,14	383,13	0,93
36			1000m	73,77%	54,59	107,42	1,85
37		100s	10m	0%	36,29	138,52	0,93
38			30m	0%	38,31	129,22	3,21
39			50m	0%	33,49	133,08	2,62
40			100m	0%	48,42	118,81	3,76
41			500m	0%	45,31	120,50	1,75
42			1000m	82,35%	72,18	27,45	43,23
43		200s	10m	0%	42,55	71,16	4,11
44			30m	0%	34,07	71,16	3,93
45			50m	0%	35,95	73,16	10,96
46			100m	0%	50,32	63,01	5,19
47			500m	0%	43,36	64,52	4,09
48			1000m	81,81%	90,24	114,82	0
49	SF12	10s	10m	0%	35,14	1086,79	0,27
50			30m	0%	32,36	1187,94	0,52
51			50m	0%	39,21	1161,44	1,54

No	SF	Interval Waktu (s)	Jarak (m)	Packet Loss (%)	Delay (ms)	Throughput (bps)	Jitter (ms)
52			100m	0,55%	43,13	1147,98	0,09
53			500m	0%	37,11	1156,84	0,24
54			1000m	9,94%	52,04	1038,10	0,17
55		30s	10m	0%	33,32	437,37	0,41
56			30m	0%	35,97	403,98	0,38
57			50m	0%	36,88	413,66	2,72
58			100m	0%	40,60	389,73	0,93
59			500m	4,91%	36,26	574,88	0,93
60			1000m	18,03%	58,02	330,32	1,46
61		100s	10m	0%	36,54	153,69	4,18
62			30m	0%	39,24	133,53	2,43
63			50m	0%	35,39	139,16	2,85
64			100m	0%	46,20	121,21	1,46
65			500m	0%	39,19	120,42	2,42
66			1000m	10,52%	50,35	108,25	0,31
67		200s	10m	0%	37,23	71,203	2,92
68			30m	0%	37,84	74,27	1,93
69			50m	0%	44,86	74,35	15,84
70			100m	0%	54,59	64,47	11,98
71			500m	0%	35,61	64,66	4,43
72			1000m	0%	49,45	65,22	5,85

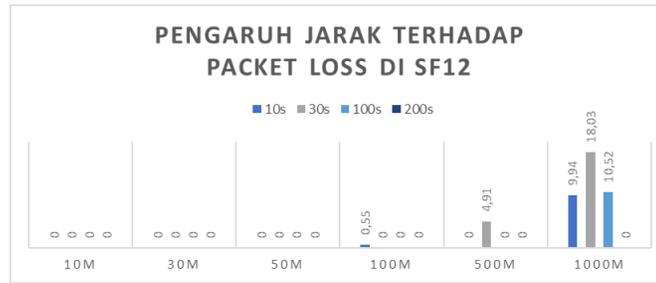
3.3.1. Analisa Pengaruh Jarak Terhadap QoS



Gambar 9. Grafik Pengaruh Jarak terhadap Packet Loss di SF7

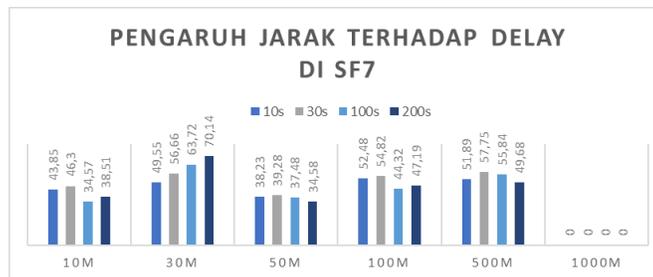


Gambar 10. Grafik Pengaruh Jarak terhadap Packet Loss di SF10



Gambar 11. Grafik Pengaruh Jarak terhadap *Packet Loss* di SF12

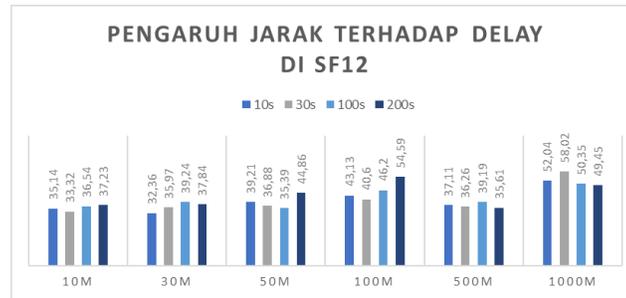
Berdasarkan Gambar 9-11, secara keseluruhan data menunjukkan bahwa jarak memang mempengaruhi *packet loss*, tetapi dampaknya bisa berbeda-beda tergantung pada sejauh mana jarak yang dimaksud. Proses penelitian pengaruh jarak terhadap *packet loss* dari SF7 hingga SF12, ditemukan hasil terbaik pada jarak 100m dengan nilai rata-rata 0,1375%, kemudian pada jarak 500m dengan nilai rata-rata 0,275%, dan pada jarak 1000m dengan nilai rata-rata 9,62%. Dari analisa ini, dapat disimpulkan bahwa semakin pendek jaraknya, persentase *packet loss* cenderung semakin rendah. Semakin rendah nilai *packet loss*, maka semakin baik performa jaringan. Dari hasil analisa tersebut, nilai *packet loss* terbaik diperoleh pada jarak 100m dengan nilai rata-rata 0,1375%.



Gambar 12. Grafik Pengaruh Jarak terhadap *Delay* di SF7

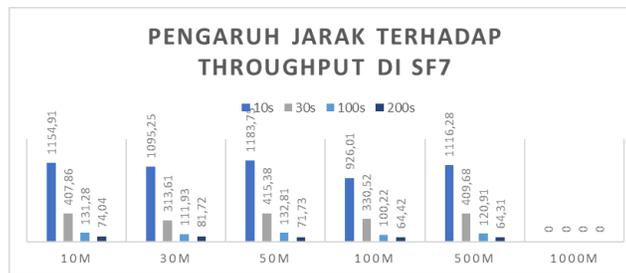


Gambar 13. Grafik Pengaruh Jarak terhadap *Delay* di SF10

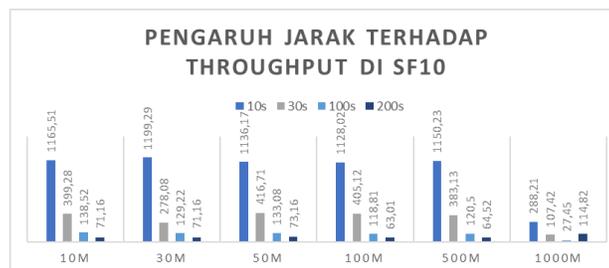


Gambar 14. Grafik Pengaruh Jarak terhadap Delay di SF12

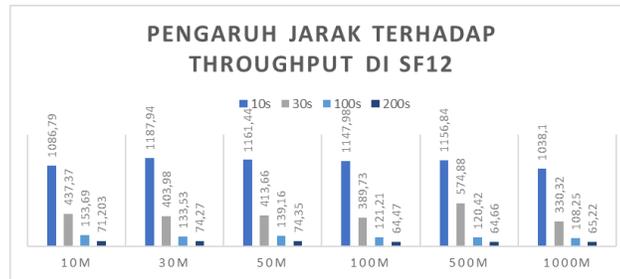
Berdasarkan Gambar 12-14, dapat ditarik kesimpulan bahwa variasi delay pada masing-masing jarak dapat dipengaruhi oleh halangan yang ada selama proses pengujian. Proses penelitian pengaruh jarak terhadap delay dari SF7 hingga SF12 didapatkan hasil terbaik pada jarak 10m dengan nilai rata-rata 35,55ms, pada jarak 30m dengan nilai rata-rata 36,25ms, pada jarak 50m dengan nilai rata-rata 36,2ms, pada jarak 100m dengan nilai rata-rata 46,13ms, pada jarak 500m dengan nilai rata-rata 37,04ms, dan pada jarak 1000m dengan nilai rata-rata 52,45ms. Semakin rendah nilai delay, maka semakin optimal. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai delay terbaik ditemukan pada jarak 50m dengan nilai rata-rata 36,2ms.



Gambar 15. Grafik Pengaruh Jarak terhadap Throughput di SF7

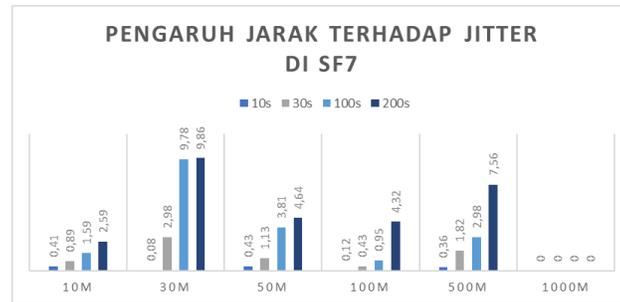


Gambar 16. Grafik Pengaruh Jarak terhadap Throughput di SF10



Gambar 17. Grafik Pengaruh Jarak terhadap *Throughput* di SF12

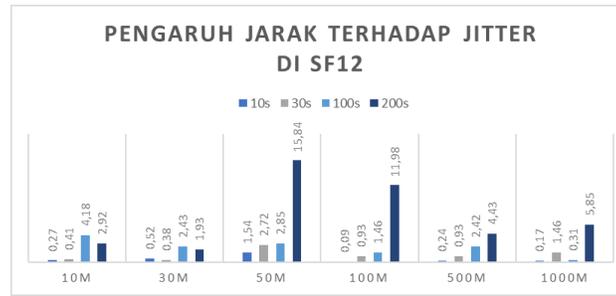
Berdasarkan Gambar 15-17, dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar interval waktu, maka *throughput* semakin kecil. Proses penelitian pengaruh jarak terhadap *throughput* dari SF7 hingga SF12 didapatkan hasil terbaik pada jarak 10m dengan nilai rata-rata 443,6bps, pada jarak 30m dengan nilai rata-rata 449,9bps, pada jarak 50m dengan nilai rata-rata 450,9bps, pada jarak 100m dengan nilai rata-rata 428,7bps, pada jarak 500m dengan nilai rata-rata 479,2bps, dan pada jarak 1000m dengan nilai rata-rata 385,47bps. Semakin besar nilai *throughput* maka semakin bagus. Berdasarkan analisa maka, nilai *throughput* terbaik ada pada jarak 50m dengan nilai sebesar 450,9bps.



Gambar 18. Grafik Pengaruh Jarak terhadap *Jitter* di SF7



Gambar 19. Grafik Pengaruh Jarak terhadap *Jitter* di SF10



Gambar 20. Grafik Pengaruh Jarak terhadap *Jitter* di SF12

Berdasarkan Gambar 18-20, dapat dilihat, semakin besar interval waktu maka *jitter* juga akan semakin besar. Proses penelitian pengaruh jarak terhadap *jitter* dari SF7 hingga SF12 didapatkan hasil terbaik pada jarak 10m dengan nilai rata-rata 1,37ms, pada jarak 30m dengan nilai rata-rata 1,31ms, pada jarak 50m dengan nilai rata-rata 2,5ms, pada jarak 100m dengan nilai rata-rata 1,45ms, pada jarak 500m dengan nilai rata-rata 1,71ms, dan pada jarak 1000m dengan nilai rata-rata 1,94ms. Semakin kecil nilai *jitter* maka semakin optimal. Berdasarkan analisa maka, nilai *jitter* terbaik ada pada jarak 30m dengan nilai sebesar 1,31ms.

3.3.2. Analisa Pengaruh SF Terhadap QoS



Gambar 21. Grafik Pengaruh SF terhadap *Packet Loss* di jarak 10m - 50m



Gambar 22. Grafik Pengaruh SF terhadap *Packet Loss* di jarak 100m

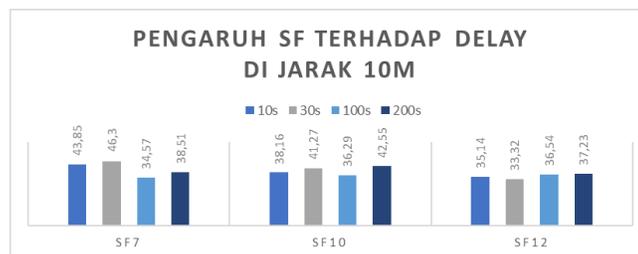


Gambar 23. Grafik Pengaruh SF terhadap *Packet Loss* di jarak 500m

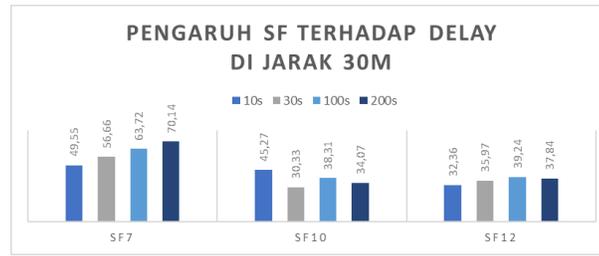


Gambar 24. Grafik Pengaruh SF terhadap *Packet Loss* di jarak 1000m

Berdasarkan Gambar 21, diketahui bahwa pada jarak 10m hingga 50m tidak didapati adanya *packet loss*, hal ini dikarenakan jarak pengujian masi kecil atau lebih dekat dengan *Gateway*. Berdasarkan Gambar 21-24, pada SF7 didapatkan *packet loss* sebesar 100% yang artinya tidak ada paket yang diterima, pada SF10 mendapatkan rata-rata nilai sebesar 78,3%, dan pada SF12 didapatkan rata-rata nilai sebesar 9,62%, didapatkan total nilai rata-rata sebesar 62.64%. Berdasarkan analisa maka didapatkan SF12 menghasilkan *packet loss* paling kecil dibanding lainnya. Hal ini dikarenakan semakin besar *spreading factor* yang digunakan maka semakin jauh range sinyal dapat berjalan[17]. Secara keseluruhan, data menunjukkan bahwa SF memang mempengaruhi *packet loss*, semakin besar SF maka semakin kecil *packet loss* yang didapat. Analisa pengaruh SF terhadap *packet loss* di jarak 10m hingga 1000m pada interval waktu 10s hingga 200s mendapatkan total nilai rata-rata sebesar 11,21%. Berdasarkan nilai rata-rata total pengaruh SF terhadap *packet loss*, maka mendapatkan index 3 dengan kategori “Bagus”.



Gambar 25. Grafik Pengaruh SF terhadap *Delay* di jarak 10m



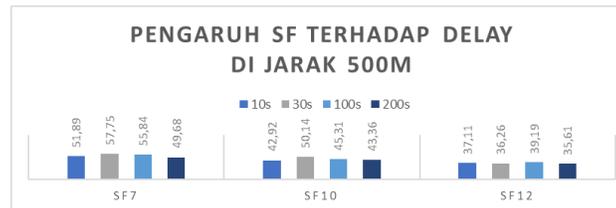
Gambar 26. Grafik Pengaruh SF terhadap Delay di jarak 30m



Gambar 27. Grafik Pengaruh SF terhadap Delay di jarak 50m



Gambar 28. Grafik Pengaruh SF terhadap Delay di jarak 100m



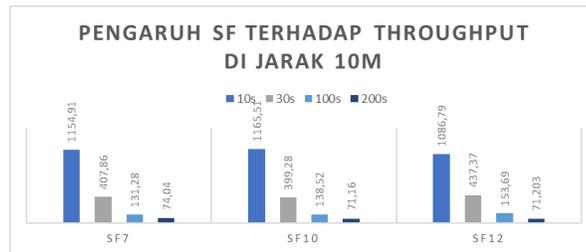
Gambar 29. Grafik Pengaruh SF terhadap Delay di jarak 500m



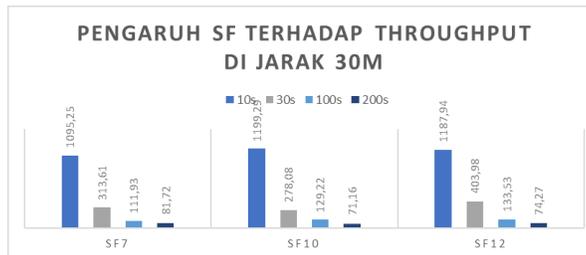
Gambar 30. Grafik Pengaruh SF terhadap Delay di jarak 1000m

Berdasarkan Gambar 30, pada *spreading factor* 7 (SF7), nilai *delay* tidak dapat dihitung dan dianalisa karena tidak ditemukannya paket yang berhasil diterima. Berdasarkan Gambar 25-30, pada SF10 didapatkan nilai rata-rata 69,28ms dan pada SF12 didapatkan nilai rata-rata 52,4ms.

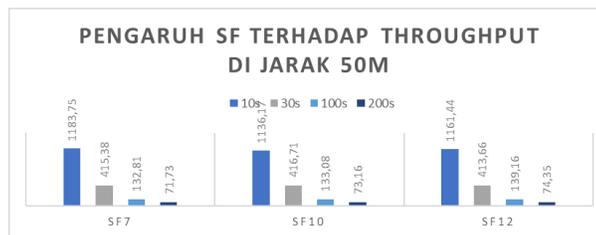
Dari hasil rata-rata, dapat ditarik kesimpulan bahwa rata-rata nilai *delay* terbaik berada pada SF12 dan *delay* terburuk ada pada SF10. Berdasarkan analisa maka didapatkan hasil, pada jarak 1000m SF yang bagus untuk digunakan adalah SF12. Dengan ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar SF maka *delay* akan semakin besar pula. Pada analisa pengaruh SF terhadap *delay* di jarak 10m hingga 1000m pada interval waktu 10s hingga 200s didapatkan hasil bahwa penggunaan SF yang memberikan hasil lebih baik adalah penggunaan SF12. Secara keseluruhan total nilai rata-rata *delay* yang didapat sebesar 41,40ms, sehingga data menunjukkan bahwa SF memang mempengaruhi *delay*. Berdasarkan total nilai rata-rata pengaruh SF terhadap *delay*, maka dapat dikelompokkan dalam indeks 4 dengan kategori “Sangat Bagus”.



Gambar 31. Grafik Pengaruh SF terhadap *Throughput* di jarak 10m



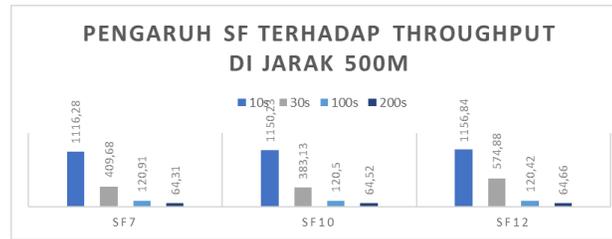
Gambar 32. Grafik Pengaruh SF terhadap *Throughput* di jarak 30m



Gambar 33. Grafik Pengaruh SF terhadap *Throughput* di jarak 50m



Gambar 34. Grafik Pengaruh SF terhadap *Throughput* di jarak 100m



Gambar 35. Grafik Pengaruh SF terhadap *Throughput* di jarak 500m



Gambar 36. Grafik Pengaruh SF terhadap *Throughput* di jarak 1000m

Berdasarkan Gambar 36, pada *spreading factor* 7 (SF7), nilai *throughput* tidak dapat dihitung dan dianalisa karena tidak ditemukannya paket yang berhasil diterima. Berdasarkan Gambar 31-35, pada SF10 didapatkan nilai rata-rata 134,4bps dan pada SF12 didapatkan nilai rata-rata 385,4bps. Dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai *throughput* terendah berada pada SF10 dan *throughput* tertinggi ada pada SF12. Dapat ditarik kesimpulan pula bahwa semakin besar interval waktu maka *throughput* semakin kecil. Pada analisa pengaruh SF terhadap *throughput* di jarak 10m hingga 1000m pada interval waktu 10s hingga 200s didapatkan hasil bahwa penggunaan SF yang memberikan hasil lebih baik adalah penggunaan SF12. Secara keseluruhan total nilai rata-rata *throughput* yang didapat sebesar 390,137bps, sehingga data menunjukkan bahwa SF memang mempengaruhi *throughput*. Berdasarkan total nilai rata-rata pengaruh SF terhadap *throughput*, maka dapat dikelompokkan dalam indeks 4 dengan kategori “Sangat Bagus”.

4. Kesimpulan dan Saran

Pada penelitian ini, Komunikasi antara sensor node sampai ke Telkom IoT platform dapat berjalan dengan baik dengan menggunakan LoRa dan protokol MQTT. Dimulai dari sensor node (ESP32 Antares dan Antares Sensor LoRa Shield) yang mengirimkan data ke LoRa Gateway di ITTelkom Surabaya (Glass Fiber Antenna), setelah mengkonfigurasi Telkom IoT Platform maka data akan muncul dan dapat dilihat oleh *user*.

Berdasarkan analisa pengiriman data didapatkan, besar kecilnya interval waktu sangat mempengaruhi hasil dari *throughput*. Interval waktu yang kecil akan membuat *throughput* semakin besar. Semakin besar nilai *Spreading Factors* (SF) berpengaruh terhadap *delay* dan *packet loss* yang semakin kecil dan *throughput* yang semakin besar. Semakin jauh jarak pengujian dan semakin besar interval waktu, maka *jitter* semakin besar. Analisa pengiriman data mendapatkan hasil, pengujian pengaruh SF terhadap QoS diketahui SF yang terbaik adalah SF12. Pengujian pengaruh jarak terhadap QoS diketahui jarak yang terbaik adalah pada jarak

50m. Pengujian dengan variasi parameter seperti interval waktu, SF, dan juga jarak mendapat hasil, *Packet Loss* 6,44%, *Delay* 41ms, *Throughput* 414,88 bps, dan *Jitter* 1,31 ms. Hasil rata-rata indeks total 3,5 dan dapat dikategorikan sebagai “Bagus”. Penggunaan LoRa dan protokol MQTT pada penelitian ini terbukti efektif.

Berdasarkan hasil dari penelitian ini, adanya beberapa saran yang diberikan untuk kepentingan penelitian dan pengembangan kedepannya seperti, interval waktu dapat diperbesar untuk mendapatkan lebih banyak variasi data yang dapat dianalisis dan mencoba konfigurasi dan penggunaan protokol yang berbeda pada Telkom IoT Platform.

Daftar Pustaka

- [1] E. Didik Widiyanto, A. A. Faizal, D. Eridani, R. Dwi, O. Augustinus, and M. S. Pakpahan, “Simple LoRa Protocol: Protokol Komunikasi LoRa Untuk Sistem Pemantauan Multisensor Simple LoRa Protocol: LoRa Communication Protocol for Multisensor Monitoring Systems,” *TELKA*, vol. 5, no. 2, pp. 83–92, 2019.
- [2] H. Arijuddin, A. Bhawiyuga, and K. Amron, “Pengembangan Sistem Perantara Pengiriman Data Menggunakan Modul Komunikasi LoRa dan Protokol MQTT Pada Wireless Sensor Network,” 2019. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [3] R. Tri Novita, I. Gunawan, I. Marleni, O. Gregarius Grasia, and M. Nanda Valentika abcde Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu Penulis Korenspondensi, “Analisis Keamanan Wifi Menggunakan Wireshark,” 2021. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/316464159_Analisis_Keama
- [4] A. R. Zain, S. Azka, R. Hudi, and I. Neforawati, “Analisis Pengiriman Data Dari Gateway LoRa ke,” 2021.
- [5] S. Shakya, “A Self Monitoring and Analyzing System for Solar Power Station using IoT and Data Mining Algorithms,” *Journal of Soft Computing Paradigm*, vol. 3, no. 2, pp. 96–109, Jun. 2021, doi: 10.36548/jsep.2021.2.004.
- [6] A. Morande, M. Bansod, and K. Nagne, “REVIEW ANALYSIS INTERNET OF THINGS (IOT) USING LORA TECHNOLOGY,” 2021. [Online]. Available: www.irjmets.com
- [7] C. Ndukwe, M. T. Iqbal, X. Liang, J. Khan, and L. Aghenta, “LoRa-based communication system for data transfer in microgrids,” *AIMS Electronics and Electrical Engineering*, vol. 4, no. 3, pp. 303–325, Sep. 2020, doi: 10.3934/ElectrEng.2020.3.303.
- [8] U. Mahanin Tyas, A. Apri Buckhari, P. Studi Pendidikan Teknologi Informasi, and P. Studi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, “IMPLEMENTASI APLIKASI ARDUINO IDE PADA MATA KULIAH SISTEM DIGITAL,” 2023.
- [9] Espressif, “ESP32WROOM32 Datasheet,” 2023. [Online]. Available: <https://www.espressif.com/en/support/download/documents>.
- [10] ITDRI, “Telkom-IoT-Platform,” <https://itdri.telkomiot.id/>, 2022.

- [11] G. B. Candra, E. Sakti Pramukantoro, and R. Primananda, “Implementasi Antarmuka Komunikasi Berbasis Long Range pada IoT Middleware untuk Mendukung Network Interoperability,” 2020. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [12] K. J. Harnanta, A. Bhawiyuga, and A. Basuki, “Implementasi MQTT Broker dengan Kemampuan Auto Scaling pada Internet of Things,” 2020. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [13] G. Yudha Saputra, A. Denhas Afrizal, F. Khusnu Reza Mahfud, F. Angga Pribadi, and F. Jati Pamungkas, “PENERAPAN PROTOKOL MQTT PADA TEKNOLOGI WAN (STUDI KASUS SISTEM PARKIR UNIVERISTAS BRAWIJAYA),” 2017.
- [14] A. Arifin, M. Rizal, and R. Angriawan, “PENGARUH SPREADING FACTOR (SF) TERHADAP JARAK DAN PERSENTASE DATA TERKIRIM LORA DALAM HUTAN,” *Seminar Nasional Sistem Informasi dan Teknik Informatika*, pp. 1103–1108, 2019.
- [15] A. R. Maulana, H. Walidainy, M. Irhamsyah, Fathurrahman, and Akhyar, “Analisis Quality of Service (QoS) Jaringan Internet Pada Website e-Learning Universitas Syiah Kuala Berbasis Wireshark,” 2021.
- [16] F. Fakhrusy, S. Sadeli, and D. Aryanta, “Prosiding Seminar Nasional Energi, Telekomunikasi dan Otomasi SNETO 2021 Kinerja Delay Transmisi Jaringan Komputer menggunakan Wireshark Pada Topologi Star,” 2021.
- [17] Semtech, “LoRa-Spreading-Factors,” <https://loro-developers.semtech.com/documentation/tech-papers-and-guides/loro-and-lorawan/>, 2023.