

DATA KOMUNIKASI SECARA *REAL TIME* MENGGUNAKAN *LONG RANGE (LORA)* BERBASIS *INTERNET OF THINGS* UNTUK PEMBUATAN *WEATHER STATION*

REAL TIME COMMUNICATION DATA USING LONG RANGE (LORA) BASED INTERNET OF THINGS FOR WEATHER STATION

Arifah Ramadhani¹, Angga Rusdinar², Azam Zamhuri Fuadi³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

¹arifahramadhani@student.telkomuniversity.ac.id, ²anggarusdinar@telkomuniversity.ac.id,

³azamzamhurifuadi@tass.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Weather Station adalah suatu sistem yang dibutuhkan untuk memantau kondisi cuaca. Sistem ini dimanfaatkan pada bidang pertanian dan perkebunan, pariwisata, dan lainnya. Pemantauan cuaca dilakukan secara *real time* dengan menggunakan sistem komunikasi data LoRa.

Komunikasi yang dibangun pada *Weather Station* ini berupa pengiriman data sensor. Adapun sensor yang digunakan diantaranya adalah; suhu, kelembaban, intensitas cahaya, tekanan udara, curah hujan, arah angin, dan kecepatan angin. Semua data sensor akan dikirim dari *node* ke *gateway* untuk diteruskan ke *server Internet of Things*. Komunikasi memanfaatkan LoRa yang terpasang di 2 *node* dan 1 *gateway* secara topologi *star* dan *half-duplex*.

Pada sistem ini, dilakukan pengujian jarak pada LoS dan NLoS terhadap RSSI, SNR, delay, *throughput*, dan *packet loss*. Data berhasil didapatkan pada LoS sejauh 1 km dan NLoS 500 m. Data yang diterima *gateway* berhasil dipantau pada Thingspeak secara *real time*.

Kata Kunci: *Weather Station, LoRa, RSSI, Internet of Things, Thingspeak.*

Abstract

Weather station is a system needed to monitor weather conditions. This system is used in agriculture and plantations, tourism, and others. Weather station monitoring is carried out in real time using the LoRa (Long Range).

The communication built on the *Weather station* is in the form of sending sensor data. The sensors used include; temperature, humidity, light intensity, air pressure, rainfall, wind direction, and wind speed. All sensor data will be sent from the *node* to the *gateway* to be forwarded to the *server Internet of Things*. Communication utilizes LoRa which is installed in 2 *nodes* and 1 *gateway* in topology *star* and *half-duplex*.

In this system, distance testing is carried out on LoS and NLoS against RSSI, SNR, delay, *throughput*, and *packet loss*. The data was successfully obtained at LoS as far as 1 km and NLoS 500 m. Data received by the *gateway* is successfully monitored on Thingspeak in real time.

Keywords : *Weather Station, LoRa, RSSI, Internet of Things, Thingspeak.*

1. Pendahuluan

Weather Station merupakan suatu sistem yang dirancang untuk mendapatkan bahan perkiraan cuaca. Dibutuhkannya perkiraan cuaca ini untuk memudahkan pengguna dalam merencanakan suatu kegiatan, biasanya dimanfaatkan pada bidang pertanian dan perkebunan, pariwisata, dan lain sebagainya[1][2]. Pada era digital ini, pemantauan cuaca bisa dilakukan secara otomatis dan tidak membutuhkan tenaga yang besar. *Weather Station* dapat berpindah-pindah atau diletakkan di beberapa titik untuk pemantauan yang lebih luas[3].

Untuk itu dirancang sistem *weather station* dengan menggunakan modul komunikasi untuk mempermudah pemantauan cuaca pada lahan perkebunan. Pemodelan sistem dengan menggunakan 2 *node* sensor. Pada *node* pertama akan mendapat data dari sensor suhu, kelembaban, intensitas

cahaya, dan tekanan udara, dan *node* kedua mendapat data dari sensor curah hujan dan arah angin, serta kecepatan angin. Data dari semua *node* akan dikirimkan ke *gateway* untuk dipantau. Untuk memudahkan pengguna dalam melakukan pemantauan cuaca, diperlukan data dari *gateway* yang diterjemahkan dan diteruskan ke *platform* menggunakan *Internet of Things*. *Gateway* yang dipilih adalah *Development board* LoRa ESP32 dengan *chip* RFM95W yang diharapkan dapat melakukan komunikasi sejauh 1 km atau lebih. Serta penempatan *node* juga pada lahan terbuka (LoS) untuk mempermudah melakukan komunikasi antar *node station* dengan *gateway*.

2. Dasar Teori

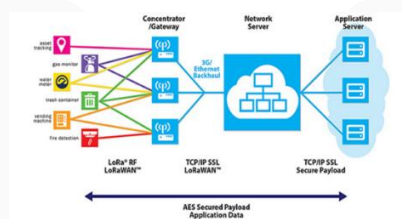
2.1. Weather Station

Weather Station merupakan alat yang digunakan untuk mengamati cuaca yang diperlukan untuk bahan dalam memperkirakan cuaca dari waktu ke waktu. Dengan bahan yang diperoleh dapat dimanfaatkan oleh pengguna dalam melakukan kegiatan sesuai kondisi cuaca[1].

Pemantauan dari *Weather Station* memanfaatkan data dari sensor, lalu data dikirim ke modul komunikasi, selanjutnya data diterjemahkan dan diteruskan ke *platform* dengan *Internet of Things*[4].

2.2. Long Range (LoRa)

Long Range atau biasa dikenal LoRa merupakan teknologi *wireless* yang dikenalkan oleh LoRa banyak dikembangkan di USA dan Eropa[2]. LoRa adalah sebuah sistem komunikasi *Low Power Wide Area Network* (LPWAN) yang diasumsikan memiliki sifat berdaya rendah dan jangkauan transmisi jarak jauh yang tergabung dalam LoRA Alliance[5]. Jaringan LoRaWAN diterapkan dalam topologi *star to star* yang artinya dibutuhkan suatu jembatan penghubung antara *end device* dengan *server* yang disebut *gateway*. Dengan bantuan *gateway*, pengiriman dapat dipantau pada *server* yang sudah terhubung *Internet of Things* (IoT)[6][7].



Gambar 2.1 Arsitektur LoRaWAN

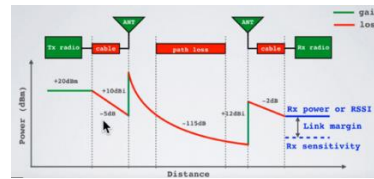
2.3. Topologi Jaringan

Topologi menggambarkan struktur atau desain sebuah jaringan. Topologi merupakan suatu cara untuk menghubungkan node (komputer) satu dengan yang lainnya. Adapun jenis-jenis dari topologi yaitu topologi *bus*, *mesh*, *star*, *ring*, dan *tree*[8]. Sistem ini menggunakan topologi *star* yang merupakan topologi yang umum untuk digunakan dalam memanfaatkan teknologi LoRa. Biasanya menggunakan satu titik koordinator (*gateway*) berperan sebagai saluran untuk semua lalu lintas jaringan. Semua transmisi jaringan dari *end-node* diarahkan ke koordinator pusat. Topologi *star* membantu meminimalisir penggunaan jumlah lalu lintas jaringan[9].

2.4. Parameter Pengujian LoRa

2.4.1 Received Signal Strength Indicator (RSSI)

RSSI merupakan teknologi yang digunakan untuk mengukur kekuatan sinyal[10]. Semakin jauh jarak pancar, sinyal yang diterima akan semakin lemah dan pengiriman data akan semakin lama. RSSI dipengaruhi oleh *noise*, *multi-path fading*, *power transmit*, gangguan dan hal lain yang fluktuatif pada kekuatan yang diterima[11]. Sinyal yang diterima akan bagus jika nilai dari RSSI yang dihasilkan mendekati 0. Nilai RSSI dinyatakan dalam dBm dan berupa nilai negatif[12].



Gambar 2.2 Skema RSSI

Persamaan RSSI:

$$RSSI(dBm) = TxPower(dBm) + TxGain(dBi) - FreeSpacePathLoss + RxGain(dBi) \tag{2.1}$$

Persamaan *Free Space Path Loss*:

$$FSPL(dB) = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + K \tag{2.2}$$

2.4.2 Signal to Noise Ratio (SNR)

SNR didefinisikan sebagai rasio antara kekuatan sinyal dengan kekuatan derau (*noise*). Kualitas sinyal dapat dilihat dari nilai SNR yang dihasilkan dalam satuan dB. Semakin tinggi nilai SNR maka akan semakin baik, karena terdapat lebih banyak sinyal daripada *noise*[13].

Persamaan SNR:

$$SNR(dB) = 10\log_{10}(S/N) \tag{2.3}$$

2.4.3 Quality of Service (QoS)

QoS merupakan parameter pada jaringan yang menentukan bahwa aplikasi atau layanan berjalan sesuai dengan standar kualitas layanan yang ditetapkan. Salah satu standar dari QoS adalah TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*) yang dikeluarkan oleh ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*)[14]. Parameter QoS mengacu pada parameter pada performansi tingkat kecepatan dan ketepatan penyampaian data dalam komunikasi[15]. Adapun parameter-parameter QoS sebagai berikut:

a. Delay

Delay merupakan waktu yang diperlukan sebuah data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. *Delay* dipengaruhi oleh jarak, media fisik, dan juga waktu proses yang lama[16]. Menurut TIPHON, besarnya *delay* dapat mengacu pada:

Tabel 2.1 Kategori *Delay*

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

Persamaan rata-rata *delay* sebagai berikut:

$$\text{Rata - rata } delay(s) = \frac{\text{Total } delay}{\text{Total paket yang diterima}} \tag{2.4}$$

b. Throughput

Throughput merupakan kecepatan transfer data yang diukur dalam bps. *Throughput* dilihat dari jumlah total *length* paket yang berhasil diterima selama interval waktu tertentu[16]. Berdasarkan TIPHON, kategori *throughput* sebagai berikut:

Tabel 2.2 Kategori *Throughput*

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

Persamaan *Throughput* sebagai berikut:

$$Throughput = \frac{\text{Paket data diterima}}{\text{Lama pengamatan}} \tag{2.5}$$

c. Packet Loss

Packet loss adalah parameter yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang pada suatu jaringan pengiriman[16]. Kategori *packet loss* menurut TIPHON yaitu:

Tabel 2.3 Kategori *Packet Loss*

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

Persamaan *Packet loss* sebagai berikut:

$$Packet\ loss = \frac{(\text{Paket data dikirim} - \text{Paket data diterima})}{\text{Paket data yang dikirim}} \times 100\% \quad (2.6)$$

2.4.4 Bit Rate

Bit rate merupakan laju perubahan bit setiap satuan waktu. Semakin tinggi nilai *bit rate* maka menggambarkan laju perubahan yang semakin cepat. Nilai dari *bit rate* diukur dalam bps[17][18]. Persamaan *bit rate* sebagai berikut:

$$R_b = SF \times \frac{1}{\left[\frac{2^{SF}}{BW} \right]} \times CR \quad (2.7)$$

SF merupakan singkatan dari *Spreading Factor* yang merupakan rasio antara simbol *rate* dan *chip rate*. Nilai *Spreading Factor* pada modulasi LoRa terdiri dari SF7 hingga SF12. Setiap nilai SF merepresentasikan *chips* yang dimodulasikan per simbol[17].

Bandwidth (BW) adalah lebar pita frekuensi pada suatu transmisi. Semakin tinggi nilai BW maka akan tinggi kecepatan data pada transmisi. Namun, hal tersebut membuat sensitivitasnya semakin rendah dan begitu sebaliknya. LoRa beroperasi pada BW 125 kHz, 250 kHz, atau 500 kHz[17].

Coding Rate (CR) merupakan jumlah bit yang memuat data untuk ditransmisikan. Semakin banyaknya gangguan pada kanal transmisi, maka akan lebih baik meningkatkan nilai CR. Namun, tingginya nilai CR dapat meningkatkan durasi pada transmisi[17]. Persamaan *Coding Rate* sebagai berikut:

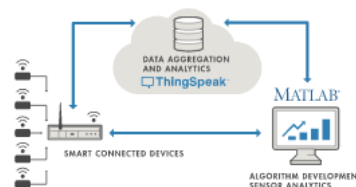
$$CR = \frac{4}{4 + n}, \quad n = 1, 2, 3, 4 \quad (2.8)$$

2.5. Line of Sight (LoS) dan Non-Line of Sight (NLoS)

Line of sight (LoS) merupakan teknik mentransmisikan sinyal yang saling terhubung tanpa adanya penghalang apapun, sehingga sinyal dari pengirim langsung menuju penerima. Pada LoS, sinyal yang dipancarkan dari pengirim ke penerima akan lebih kuat karena tidak adanya halangan[19]. Lain halnya dengan *Non-line of sight*, sinyal ditransmisikan dengan adanya halangan. Sehingga kekuatan sinyal pada NLoS tidak sekuat sinyal pada LoS[20].

2.6. Internet of Things (IoT)

Perkembangan teknologi bertambah pesat sejak munculnya *Internet of Things*[21][22]. Konsep *Internet of Things* adalah menghubungkan suatu objek dengan objek lainnya kapan saja dan dimana saja menggunakan jaringan atau layanan apapun[23].



Gambar 2.3 Thingspeak IoT

Pada sistem menggunakan *platform* Thingspeak, yang dapat mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, dan memvisualisasi data yang ingin dipantau[24]. Perancangan sistem dengan banyak perangkat atau sistem yang jarak jauh akan membutuhkan banyak waktu untuk dipantau[25].

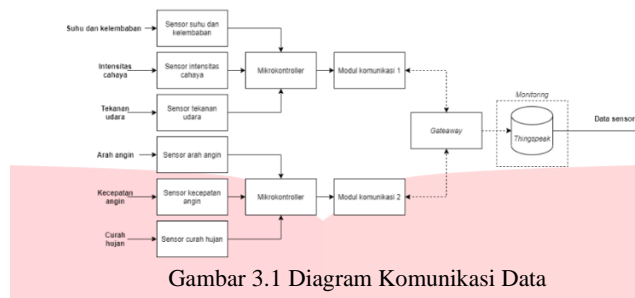
2.7. Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan perangkat komputer kecil yang mengatasi permasalahan dalam pembuatan elektronika dengan kapasitas I/O yang berfungsi untuk melakukan komunikasi dengan sistem elektronika lainnya. Bahasa pemrograman yang tersedia untuk mikrokontroler berupa *Assembler, C, Java, Phyton*, dan lain sebagainya[26].

3. Perancangan Sistem

3.1. Desain Sistem

Perancangan sistem pada penelitian ini terfokus pada sistem komunikasi untuk *monitoring* data cuaca yang sudah didapatkan oleh sensor. Alur komunikasi data dapat dilihat pada Gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.1 Diagram Komunikasi Data

Pada konfigurasi sistem ini, terdapat 3 modul komunikasi yang digunakan sebagai *end-node* yang mendapat data dari sensor lalu meneruskannya ke *gateway*. *Output* sistem berupa data sensor yang dilihat pada *platform* IoT kapan dan dimana saja.

3.2. Desain Perangkat Lunak

3.2.1 Diagram Alir LoRa Node



Gambar 3.2 Diagram Alir Sistem LoRa Node

Gambar 3.7 merupakan diagram alir sistem mikrokontroler pada LoRa *node*. Pertama, saat sistem dimulai maka dilakukan inisialisasi LoRa dan kemudian menerima data berupa notifikasi dari LoRa *gateway*. Lalu, data yang diterima akan dicek paket *length*, jika sesuai maka data yang diterima akan ditampilkan dan jika tidak sesuai maka akan melakukan perintah sebelumnya. Kemudian LoRa *node* akan mengirim data sensor ke LoRa *gateway*.

3.2.2 Diagram Alir LoRa Gateway



Gambar 3.4 Diagram Alir Sistem LoRa Gateway

Gambar 3.8 merupakan diagram alir sistem mikrokontroler pada LoRa gateway. Pertama, saat sistem dimulai maka dilakukan inisialisasi LoRa dan ESP 32. Kemudian memeriksa sistem terhubung internet, jika tidak akan dilakukan pemeriksaan kembali. LoRa gateway mengirim data berupa notifikasi dari LoRa node. Lalu menerima data sensor dari LoRa node. Data yang diterima akan dicek paket *length*, jika sesuai maka data yang diterima akan ditampilkan dan jika tidak sesuai maka akan menerima data kembali. LoRa Gateway mengirim data sensor ke Thingspeak, dan kemudian menampilkan data sensor untuk dipantau.

4. Pengujian dan Analisis

4.1. Scenario Pengujian

Pada bab ini, dilakukan pengujian untuk mengetahui performa sistem pengiriman pada gateway to node dan node to gateway yang telah dirancang. Untuk mengetahui sistem berjalan sesuai perancangan, maka pengujian meliputi:

- a. Pengujian jarak terhadap *delay* pada *line of sight* dan *non-line of sight*.
- b. Pengujian jarak terhadap RSSI pada *line of sight* dan *non-line of sight*.
- c. Pengujian jarak terhadap SNR pada *line of sight* dan *non-line of sight*.
- d. Pengujian jarak terhadap *packet loss* pada *line of sight* dan *non-line of sight*.
- e. Pengujian *monitoring* pada platform Thingspeak.

Pengujian pertama dilakukan pada tanpa jarak dan dilihat pengaruh pengiriman terhadap setiap parameter. Berikut hasilnya:

Tabel 4.1 Pengujian Tanpa Jarak

	G to N1	G to N2	N1 to G	N2 to G
Rata – rata <i>delay</i> (s)	0,00218	0,00282	0,0123	0,01468
RSSI (dBm)	-10,24	-10,7	-11,62	-11,86
SNR (dB)	9,54	9,475	9,725	10,4
<i>Throughput</i> (bps)	9,2139	7,0088	51,2862	23,5583
<i>Packet Loss</i> (%)	0	0	0	0

Data pada Tabel 4.1 diperoleh dari pemilihan SF 7, BW 250 kHz, dan CR 4. Pemilihan angka tersebut dilakukan untuk membantu mengoptimalkan LoRa selama melakukan transmisi data. Dari angka tersebut dapat dilakukan perhitungan pada *bit rate* sebagai berikut:

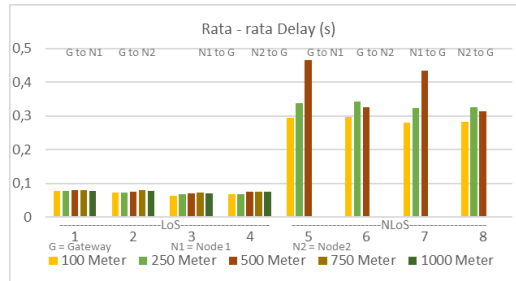
$$Rb = 7 \times \frac{1}{\left[\frac{2^7}{250000} \right]} \times \frac{4}{8} = 6,8359 \text{ kbps}$$

Bit rate yang didapatkan merepresentasikan kecepatan perubahan bit. Dengan *bit rate* yang sama, dilakukan pengujian jarak LoRa pada 100 meter, 250 meter, 500 meter, 750 meter dan 1 km. Data yang diambil pada setiap pengujian *delay* sebanyak 50 data yang diterima dan untuk pengujian RSSI, SNR, *throughput*, dan *packet loss* data diperoleh dari 50 kali pengiriman. Data tersebut didapatkan dari *timestamp serial monitor* Arduino IDE dengan menggunakan 2 laptop. Terdapat 2 lokasi pengujian yaitu lokasi *Line of Sight* (LoS) dan *Non-Line of Sight* (NLoS). Lokasi LoS tepatnya

pada sepanjang Jl. Batununggal Indah Raya, Kec. Bandung Kidul, Jawa Barat, dan lokasi NLoS berada pada lingkungan Universitas Telkom, Bandung, Jawa Barat.

4.1.1. Pengujian Jarak terhadap Delay pada Line of Sight (LoS) dan Non-Line of Sight (NLoS)

Pengujian ini dilakukan untuk menghitung dan membandingkan delay yang diperlukan untuk mengirim data dari node ke gateway dan gateway ke node.

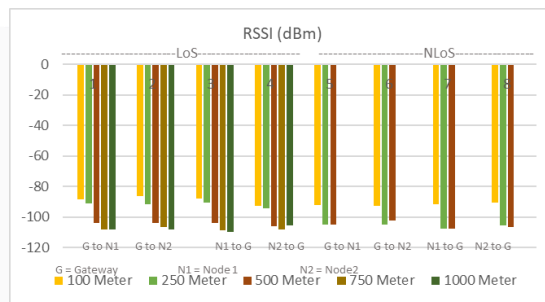


Gambar 4.1 Pengujian Jarak Terhadap Delay

Berdasarkan Gambar 4.1 pada LoS nilai rata-rata delay menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu signifikan. Namun di NLoS, data yang diterima berakhir pada jarak 530 meter, sehingga untuk data pada jarak 750 meter dan 1000 meter tidak bisa didapatkan. Delay terkecil berada pada jarak 100 meter dalam pengiriman dari dalam pengiriman dari node 1 to gateway yaitu 0,0635s. Semakin jauh jarak transmisi dari pengirim dan penerima, maka akan semakin tinggi nilai rata-rata delay yang dihasilkan. Penghalang selama pengiriman juga mempengaruhi nilai delay.

4.1.2. Pengujian Jarak terhadap RSSI pada Line of Sight (LoS) dan Non-Line of Sight (NLoS)

Pengujian RSSI diperlukan untuk mengetahui kekuatan sinyal pengiriman antar node dan gateway.

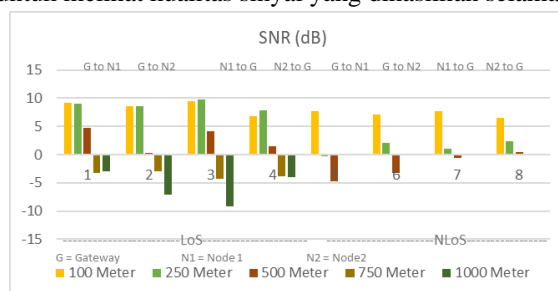


Gambar 4.2 Pengujian Jarak Terhadap RSSI

Berdasarkan Gambar 4.2, nilai RSSI semakin besar jika jarak transmisi semakin dekat. Nilai RSSI terbesar berada pada jarak 100 m yaitu -86,43 dBm selama pengiriman dari node 2 to gateway. Begitu juga terhadap halangan, seperti pada 250 meter LoS, nilai RSSI pengiriman G to N1 sebesar -90,872 dBm. Sementara pada 250 meter NLoS, nilai RSSI pengiriman yang sama bernilai -105,08 dBm.

4.1.3. Pengujian Jarak terhadap SNR pada Line of Sight (LoS) dan Non-Line of Sight (NLoS)

Pengujian SNR dilakukan untuk melihat kualitas sinyal yang dihasilkan selama pengiriman.

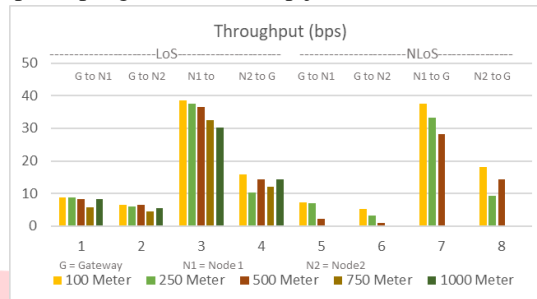


Gambar 4.3 Pengujian Jarak Terhadap SNR

Pada Gambar 4.3, diperoleh nilai SNR yang semakin kecil saat jarak semakin jauh. Semakin jauh jarak, maka akan banyak interferensi pada sinyal. Kualitas sinyal yang bagus dengan minimnya interferensi ada pada jarak 100 meter LoS saat transmisi *node 1 to gateway* yaitu 9,48 dB.

4.1.4. Pengujian Jarak terhadap *Throughput* pada *Line of Sight* (LoS) dan *Non-Line of Sight* (NLoS)

Throughput mengetahui kecepatan pengiriman terhadap jarak dan hambatan.

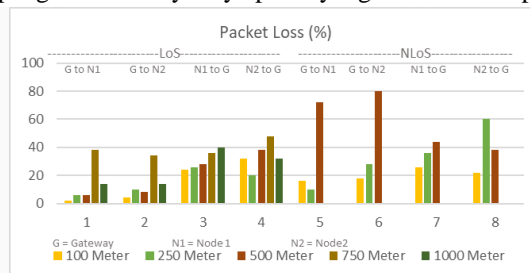


Gambar 4.4 Pengujian Jarak Terhadap *Throughput*

Berdasarkan Gambar 4.4, nilai *throughput* membesar saat pengiriman N1 to G dan N2 to G. Pada pengiriman ini, memiliki jumlah paket *length* yang lebih besar dari pada G to N1 dan G to N2. Paket *length* dipengaruhi oleh banyaknya data yang dikirim dalam bit. Sehingga jika dibandingkan dengan waktu pengamatan yang sama, maka *throughput* N to G akan lebih besar. Nilai terbesar ada pada jarak 100 meter LoS yaitu 38,539 bps dan merupakan kategori sedang.

4.1.5. Pengujian Jarak terhadap *Packet Loss* pada *Line of Sight* (LoS) dan *Non-Line of Sight* (NLoS)

Packet loss didapatkan dari pengamatan banyaknya paket yang diterima dari pengirim.



Gambar 4.5 Pengujian Jarak Terhadap *Packet Loss*

Pada Gambar 4.7, dapat diperoleh perbandingan *packet loss* di setiap pengujian. Banyaknya halangan dan jauh jarak mempengaruhi jumlah paket yang diterima. *Packet loss* terkecil berada pada 100 meter LoS pengiriman G to N1 yaitu 2% yang merupakan kategori sangat bagus.

4.1.6. Pengujian *Monitoring* pada Thingspeak

Pada pengujian ini, dilakukan pengambilan sampel menggunakan aplikasi Wireshark selama 5 menit dan didapatkan data sebanyak 149 data. Sehingga dengan data tersebut dapat dilakukan perhitungan dan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.1 Pengujian *Monitoring* pada Thingspeak

Parameter yang Didapatkan	Nilai
Total <i>Delay</i> (s)	20,869341
Rata – rata <i>Delay</i> (s)	0,13912894
<i>Bytes</i>	8046
Lama Pengamatan (s)	323,841
<i>Throughput</i> (bps)	198,7642084
<i>Packet Loss</i> (%)	0

Parameter pada Tabel 4.2, nilai *delay*, *throughput*, dan *packet loss* sangat bagus. Hal itu dipengaruhi oleh kecepatan internet yang digunakan. Pada tugas akhir ini menggunakan *provider* Telkomsel dengan kecepatan internet yang dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.6 Kecepatan Internet

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan sistem yang telah dirancang, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengujian jarak pada LoS berhasil dilakukan dari 100 meter hingga 1 km. Namun pada NLoS, pengiriman berakhir pada jarak 530 meter sehingga data pada 750 meter dan 1 km tidak bisa didapatkan. Pengujian jarak terhadap *delay*, RSSI, SNR, *throughput*, dan *packet loss* dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak dan banyaknya halangan selama transmisi maka kualitas dari pengiriman data akan semakin buruk.
2. Pengujian pada pengiriman data ke Thingspeak berhasil dilakukan dan dipantau secara *real time*. *Delay* yang diperlukan sebesar 0.139 s, *throughput* sebesar 198,76 bps, dan *packet loss* 0%. Semua parameter termasuk kategori sangat bagus.

5.2. Saran

Adapun saran dari pengujian ini adalah:

1. Mengganti antena yang digunakan pada *gateway*, sehingga dapat menerima data dari berbagai *node* lebih baik.
2. Membuat pengontrolan jarak jauh pada *gateway*, sehingga dapat melakukan pengontrolan pada *node*.
3. Menambah metode – metode yang dapat memperkuat sinyal transmisi.

Referensi :

- [1] M. S. Machfud, M. Sanjaya, and G. Ari, "Rancang Bangun Automatic Weather Station (AWS) Menggunakan Raspberry Pi," vol. 18, no. 2, pp. 48–57, 2016.
- [2] E. Murdyantoro, I. Rosyadi, and H. Septian, "Studi Performansi Jarak Jangkauan Lora-Drigino Sebagai Infrastruktur Konektifitas Nirkabel Pada WP-LAN," *Din. Rekayasa*, vol. 15, no. 1, p. 47, 2019, doi: 10.20884/1.dr.2019.15.1.239.
- [3] "Perbedaan Stasiun Meteorologi Dengan Stasiun Cuaca." <http://loggerindo.com/perbedaan-stasiun-meteorologi-dengan-stasiun-cuaca-101> (accessed Dec. 17, 2020).
- [4] R. G. Wisduanto, A. Bhawiyuga, and D. P. Kartikasari, "Implementasi Sistem Akuisisi Data Sensor Pertanian Menggunakan Protokol Komunikasi Lora," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 3, pp. 2201–2207, 2019.
- [5] A. Augustin, J. Yi, T. Clausen, and W. M. Townsley, "A study of Lora: Long range & low power networks for the internet of things," *Sensors (Switzerland)*, vol. 16, no. 9, 2016, doi: 10.3390/s16091466.
- [6] "About LoRaWAN® | LoRa Alliance®." <https://loro-alliance.org/about-lorawan> (accessed Dec. 11, 2020).
- [7] H. Arijuddin, A. Bhawiyuga, and K. Amron, "Pengembangan Sistem Perantara Pengiriman Data Menggunakan Modul Komunikasi LoRa dan Protokol MQTT Pada Wireless Sensor Network," *Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 2, pp. 1655–1659, 2019.
- [8] I. M. R. Premana, M. Abdulrohman, and A. G. Putrada, "Analisis Perbandingan Topologi Mesh dan Star Dalam Meningkatkan Performansi Smart Fire Alarm."
- [9] Semtech, "LoRa Modulation Basics AN1200.22," *App Note*, no. May, pp. 1–26, 2015, [Online]. Available: <http://www.semtech.com/images/datasheet/an1200.22.pdf>.
- [10] N. F. Puspitasari, "Analisis Rssi (Receive Signal Strength Indicator) Terhadap Ketinggian Perangkat Wi-Fi Di Lingkungan Indoor Nila Feby Puspitasari Pendahuluan Latar Belakang Masalah Batasan Masalah Tujuan dan Manfaat Penelitian Dasar Teori Wi-Fi (Wireless

- Fidelity) Ars,” *J. Ilm. Dasi*, vol. 15, no. 04, pp. 32–38, 2018.
- [11] M. Ismail, “Rancang Bangun Pengukuran RSSI (Receive Signal Strength Indicator) Berbasis Aplikasi Android Menggunakan APP Inventor,” pp. 25–30, 2018.
- [12] A. Chinthya, P. Doan, and K. A. E. I, “PLATFORM ANTARES BERBASIS LORA IEEE 802 . 15 . 4g LANDSLIDE CENTER MONITORING SYSTEM WITH ANTARES,” 2016.
- [13] A. D. Haq, I. Santoso, and Z. A. A. Macrina, “Estimasi Signal To Noise Ratio (SNR) Menggunakan Metode Korelasi,” *Transient*, vol. 1, no. 4, pp. 1–8, 2012.
- [14] S. W. Pamungkas and E. Pramono, “Analisis Quality of Service (QoS) Pada Jaringan Hotspot SMA Negeri XYZ,” *e-Jurnal JUSITI (Jurnal Sist. Inf. dan Teknol. Informasi)*, vol. 7–2, no. 2, pp. 142–152, 2018, doi: 10.36774/jusiti.v7i2.249.
- [15] P. R. Utami, “Analisis Perbandingan Quality of Service Jaringan Internet Berbasis Wireless Pada Layanan Internet Service Provider (Isp) Indihome Dan First Media,” *J. Ilm. Teknol. dan Rekayasa*, vol. 25, no. 2, pp. 125–137, 2020, doi: 10.35760/tr.2020.v25i2.2723.
- [16] Y. A. Pranata, I. Fibriani, and S. B. Utomo, “Analisis Optimasi Kinerja Quality of Service Pada Layanan Komunikasi Data Menggunakan Ns-2 Di Pt. Pln (Persero) Jember,” *Sinergi*, vol. 20, no. 2, p. 149, 2016, doi: 10.22441/sinergi.2016.2.009.
- [17] DESTALIA SALLYNA, “PERENCANAAN JARINGAN LONG RANGE (LORA) PADA FREKUENSI 920 MHz – 923 MHz DI KOTA BANDUNG,” vol. 7, no. 1, pp. 933–940, 2020.
- [18] P. Devi, D. Istianti, S. Y. Prawiro, N. Bogi, A. Karna, and I. A. Nursafa, “Analisis Performansi Teknologi Akses LPWAN LoRa Antares Untuk Komunikasi Data End Node,” *Citee 2019*, pp. 22–26, 2019.
- [19] “WNDW: Line of sight - OnnoCenterWiki.” https://lms.onnocenter.or.id/wiki/index.php/WNDW:_Line_of_sight (accessed Jul. 29, 2021).
- [20] H. Farizi, “Impact of Mppm Modulation on Non-Line of Sight Channel,” pp. 1–8, 2020.
- [21] T. Susilawati and I. Awaludin, “Eksplorasi Sensor , Gps , Dan Moda Komunikasi Nirkabel Internet Of Things,” *Ikra-Ith Inform.*, vol. 3, no. 2, pp. 96–103, 2019.
- [22] A. Junaidi, “Internet of Things, Sejarah, Teknologi Dan Penerapannya : Review,” *J. Ilm. Teknol. Inf.*, vol. IV, no. 3, pp. 62–66, 2015.
- [23] A. R. H. Hussein, “Internet of Things (IOT): Research challenges and future applications,” *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 10, no. 6, pp. 77–82, 2019, doi: 10.14569/ijacsa.2019.0100611.
- [24] H. Santoso, *MONSTER ARDUINO 3 - Implementasi Internet Of Things pada Jaringan GPRS*. ELANGSAKTI.com, 2018.
- [25] A. S. Rozik, A. S. Tolba, and M. A. El-Dosuky, “Design and Implementation of the Sense Egypt Platform for Real-Time Analysis of IoT Data Streams,” *Adv. Internet Things*, vol. 06, no. 04, pp. 65–91, 2016, doi: 10.4236/ait.2016.64005.
- [26] H. Barragán, “Wiring : Prototyping Physical Interaction Design,” *Interact. Des. Institute, Ivrea, Italy*, no. June, p. 43, 2004, [Online]. Available: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Wiring+:+Prototyping+Physical+Interaction+Design#0>.