

ANALISIS JARAK JANGKAUAN LORA DENGAN PARAMETER RSSI DAN PACKET LOSS PADA AREA URBAN

Asma Yanziah¹, Sopian Soim², Martinus Mujur Rose³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya
Email: ¹asmayanziah123@gmail.com, ²sopiansoim@gmail.com, ³mujurrose@yahoo.com

Masuk: 22 Juli 2020, Revisi masuk: 14 Agustus 2020, Diterima: 16 Agustus 2020

ABSTRACT

Low Power Wide Area Networks (LPWAN) is a wireless communication technology that supports the development of the Internet of Things (IoT). LPWAN offers a wider coverage area and low energy consumption. LoRa is one of the most popular LPWAN technologies. LoRa technology is suitable for IoT application scenarios that only need to send small amounts of data over long distances and low-power transmission data. This research focuses on testing the range of the LoRa Rfm 95/96 chip at 920 MHz and SF7 frequencies for urban areas. The parameters used are Received Signal Strength Indicator (RSSI) and Packet loss. RSSI test results will be compared with RSSI calculation results using the log normal shadowing model. The RSSI value of the test results is closer to the calculation of the RSSI value for the free space area with the addition of a shadowing effect. When viewed from the range of RSSI values at each test point, RSSI is relatively stable. However, based on RSSI average testing and calculation, RSSI has decreased while packet loss has increased with each additional distance. From this study, the maximum LoRa range is 2 km. This is in line with LoRa specifications for urban areas.

Keywords: LoRa, LoRaWAN, LPWAN, Packet Loss, RSSI.

INTISARI

Low Power Wide Area Networks (LPWAN) merupakan salah satu teknologi komunikasi nirkabel yang mendukung perkembangan Internet of Things (IoT). LPWAN menawarkan coverage area yang lebih luas dan konsumsi energi rendah. LoRa adalah salah satu teknologi LPWAN yang sedang populer. Teknologi LoRa cocok untuk skenario aplikasi IoT yang hanya perlu mengirimkan sejumlah kecil data dalam jarak jauh dan data transmisi yang berdaya rendah. Penelitian ini berfokus pada pengujian jarak jangkauan Chip LoRa Rfm 95/96 pada frekuensi 920 MHz dan SF7 untuk area urban. Parameter yang digunakan yaitu Received Signal Strength Indicator (RSSI) dan Packet loss. RSSI hasil pengujian akan dibandingkan dengan RSSI hasil perhitungan yang menggunakan log normal shadowing model. Nilai RSSI hasil pengujian lebih mendekati nilai RSSI perhitungan untuk area free space dengan penambahan efek shadowing. Jika dilihat dari rentang nilai RSSI pada setiap titik pengujian, RSSI relatif stabil. Namun berdasarkan RSSI rata-rata pengujian dan perhitungan, RSSI mengalami penurunan sedangkan packet loss meningkat setiap penambahan jarak. Dari penelitian ini, jangkauan LoRa maksimum yaitu 2 km. Hal ini selaras dengan spesifikasi LoRa untuk area urban.

Kata-kata kunci: LoRa, LoRaWAN, LPWAN, Packet Loss, RSSI.

PENDAHULUAN

Di era digitalisasi dan otomatisasi ini, kehidupan manusia semakin dipermudah karena hampir semuanya bisa dilakukan secara otomatis menggantikan sistem manual yang ada. Kehadiran *Internet of Things (IoT)* memungkinkan otomatisasi terjadi di kehidupan sehari-hari. Secara umum, IoT mengacu pada interkoneksi jaringan benda sehari-hari, yang sering dilengkapi dengan kecerdasan di mana-

mana. Dengan evolusi IoT sebagian besar perangkat listrik dan elektronik dapat dikontrol secara otomatis.

Berbagai layanan dan aplikasi berbasis IoT telah banyak dikembangkan, seperti *Smart Homes, Smart Cities, Smart Grid*, dan lainnya (Arlin dkk., 2018). Perkembangan tersebut mengakibatkan meningkatnya kebutuhan aplikasi IoT karena memiliki jangkauan jarak yang jauh, *data rate* rendah, konsumsi energi rendah, dan efisiensi biaya.

Teknologi *Low Power Wide Area Network* (LPWAN) dianggap dapat mengatasi kebutuhan IoT tersebut.

LPWAN semakin mendapatkan popularitas di industri dan komunitas penelitian. LPWAN merupakan teknologi komunikasi nirkabel yang memiliki *bit rate* rendah untuk jarak yang jauh dan biaya rendah untuk karakteristik konsumsi daya yang lebih baik (Mekki dkk., 2019). LPWAN mewakili tren baru dalam evolusi teknologi IoT. Tidak seperti 3G/4G atau WiFi, sistem ini tidak fokus untuk mengaktifkan kecepatan data tinggi perangkat atau meminimalkan latensi. Sebaliknya, kinerja utama yang ditentukan untuk LPWAN adalah efisiensi energi, kemampuan skala dan jangkauan (Song dkk., 2017). LPWAN menyediakan komunikasi jarak jauh hingga 10-40 km di zona pedesaan dan 1-5 km di zona perkotaan. Salah satu teknologi LPWAN adalah LoRa yang dikembangkan oleh Semtech.

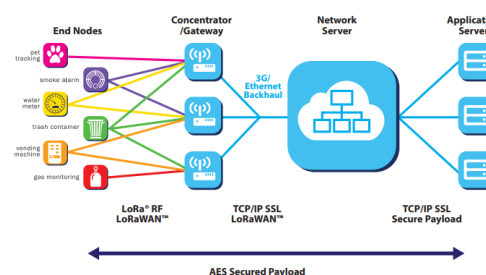
LoRa merupakan teknologi nirkabel berdaya rendah dengan rentang komunikasi jauh. LoRa menggunakan modulasi *Chirp-Spread-Spectrum* (CSS) untuk mempertahankan karakteristik daya rendah untuk kepentingan meningkatkan jangkauan komunikasi. CSS telah digunakan dalam komunikasi jarak jauh oleh militer dan badan antariksa karena kemampuannya untuk menahan gangguan (Khutsoane dkk., 2017). Teknologi ini memiliki kelebihan dibandingkan dengan jenis komunikasi lainnya seperti seluler, *bluetooth*, maupun WiFi. LoRa memiliki keuntungan yaitu jangkauan komunikasi yang jauh seperti seluler namun berdaya rendah seperti *bluetooth*, sehingga penggunaannya sangat cocok untuk perangkat sensor yang dioperasikan tahunan dengan sumber daya baterai dan pada cakupan area yang luas. (Istianti dkk., 2019)

LoRa beroperasi pada pita frekuensi *Industrial, Scientific, and Medical* (ISM) tidak berlisensi seperti pada frekuensi 2,4GHz, 868MHz, 915MHz, dan 433MHz tergantung pada regulasi masing-masing wilayah (Widianto dkk., 2019). Teknologi LoRa menggunakan protokol komunikasi LoRaWAN yang dikembangkan oleh LoRa Alliance untuk melayani tantangan komunikasi jarak jauh yang dihadapi IoT (Khutsoane dkk., 2017)

LoRaWAN mendefinisikan protokol komunikasi dan arsitektur sistem untuk

jaringan sementara lapisan fisik LoRa yang memungkinkan jangkauan komunikasi jarak jauh. Protokol dan arsitektur jaringan memiliki pengaruh paling besar dalam menentukan masa pakai baterai dari sebuah node, kapasitas jaringan, kualitas layanan, keamanan, dan beragam aplikasi yang dilayani oleh jaringan (Workgroup, 2015).

Jaringan LoRa bertopologi star dengan *gateway* sebagai jembatan penghubung (Gambar 1). *Gateway* dihubungkan dengan banyak *node* disatu sisi dan *network server* disisi lainnya. Jaringan LoRa secara garis besar terdiri dari empat bagian: perangkat, *gateway*, *network server* dan aplikasi pengguna (Murdyantoro dkk., 2019).



Gambar 1. Arsitektur LoRaWAN

Entitas yang didefinisikan dalam LoRaWAN meliputi (Magrin dkk., 2017):

1. *End-device* (atau *end-node*), yaitu node yang melakukan *uplink* (UL) atau menerima lalu lintas *downlink* (DL).
2. *Gateway*, yaitu perangkat yang mengumpulkan paket yang datang dari *end-device* dan dapat meneruskannya. *Gateway* juga dapat mengirimkan paket ke *end-device*.
3. *Network Server* (NS), yang memainkan peran sentral koordinator dan pengontrol jaringan LoRa.

Singkatnya, teknologi LoRa cocok untuk skenario aplikasi IoT yang hanya perlu mengirimkan sejumlah kecil data dalam jarak jauh dan data transmisi yang berdaya rendah (Sun dkk., 2017).

Beberapa penelitian taraf internasional mengenai performansi LoRa menyimpulkan bahwa jangkauan LoRa sangat dipengaruhi oleh kondisi area. Area urban, suburban, dan rural memiliki jangkauan LoRa yang berbeda, sehingga hal ini juga mempengaruhi *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) (Tan dkk., 2019). Salah satu penelitian mengenai studi performansi jarak jangkauan LoRa dalam mendukung infrastruktur konektivitas nirkabel IoT

berhasil melakukan pengukuran jangkauan LoRa hingga radius 400 m. Namun jarak jangkauan ini masih belum sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan, yaitu sampai dengan radius 5 km (Murdyantoro et al., 2019).

Aspek menjanjikan dari teknologi LoRa mendorong dilakukannya penelitian ini untuk pengujian performansi jarak jangkauan LoRa di Kawasan Indonesia. Pengujian dilakukan pada frekuensi 920 MHz menggunakan LoRa Antares untuk area urban. Analisis dilakukan untuk mengetahui pengaruh jarak transmisi terhadap persentase paket tak diterima (*packet loss*) dan nilai RSSI yang berperan sebagai indikator kekuatan sinyal terima. Khusus parameter RSSI akan dilakukan perbandingan antara perhitungan RSSI dengan *log-normal shadowing model* dengan RSSI hasil pengujian.

Log-normal shadowing model adalah model propagasi yang lebih umum dan cocok untuk lingkungan *indoor* dan *outdoor*. Model ini menyediakan sejumlah parameter yang dapat dikonfigurasi sesuai dengan lingkungan yang berbeda (Xu dkk., 2010). *log-normal shadowing model* berguna ketika berhadapan dengan situasi yang lebih realistis (Cho dkk., 2010). Perhitungan RSSI menggunakan *log normal shadowing model* diperoleh dengan mempertimbangkan nilai *path loss* yang terjadi untuk jarak antara Tx dan Rx. *Path loss* rata-rata untuk skala besar ($\overline{PL}(d)$) dapat dihitung menggunakan fungsi *path loss exponent*.

$$PL(d_0)[dB] = 3,44 + 10n \log f(MHz) + 10n \log d_0(Km) \quad (1)$$

$$\overline{PL}(d)[dB] = \overline{PL}(d_0) + 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right) \quad (2)$$

Dimana, $\overline{PL}(d_0)$ merupakan *path loss* referensi pada jarak d_0 dengan kondisi *free space*, dan n adalah *path loss exponent* (Tabel 1) yang disesuaikan dengan kondisi lingkungan pengujian.

Tabel 1. *Path loss Exponents* (Rappaport, 1996)

Lingkungan	Path Loss Exponent, n
Free space	2
Urban area cellular radio	2,7 – 3,55
Shadowed urban cellular radio	3 – 5
In building LOS	1,6 – 1,8
Obstructed in building	4 – 6
Obstructed in factories	2 - 3

Sekalipun demikian, perlu diperhitungkan tentang efek *shadowing* yang kemungkinan besar terjadi di lapangan. Karena itu $PL(d)$ dihitung dengan *log-normal distribution* berikut:

$$PL(d)[dB] = \overline{PL}(d) + X\sigma \quad (3)$$

$$PL(d)[dB] = \overline{PL}(d_0) + 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + X\sigma \quad (4)$$

$$Pr(d) = Pt(d) - PL(d) \quad (5)$$

Berdasarkan persamaan di atas, maka perhitungan *path loss* pada jarak d ditambahkan dengan efek *shadowing* acak $X\sigma$. $X\sigma$ adalah variabel acak yang terdistribusi gaussian dengan *zero mean* dan standar deviasi σ (dalam dB). Variable n dan standar deviasi σ akan disesuaikan kondisi lingkungan pengujian. Sehingga, RSSI menjadi sebagai berikut:

$$RSSI = Pt(d) - (\overline{PL}(d_0) + 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + X\sigma) \quad (6)$$

METODE

Proses pengujian dalam penelitian ini bertujuan untuk melihat seberapa jauh jangkauan LoRa. Tahapan pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Sensor dihubungkan pada mikrokontroler yang telah tertanam chip LoRa Rfm95/96
2. *End-node* mengirimkan data ke *gateway* menggunakan komunikasi LoRa. Pengiriman data dari *end-node* dilakukan sebanyak 30 kali pada setiap jarak pengujian.
3. Melihat dan mencatat RSSI pada *LoRa server* untuk setiap pengiriman data (Gambar 2).
4. Melakukan perhitungan persentase paket tak diterima (*packet loss*) pada setiap titik pengujian.
5. Analisis perubahan nilai RSSI dan *packet loss* pada setiap titik pengujian.

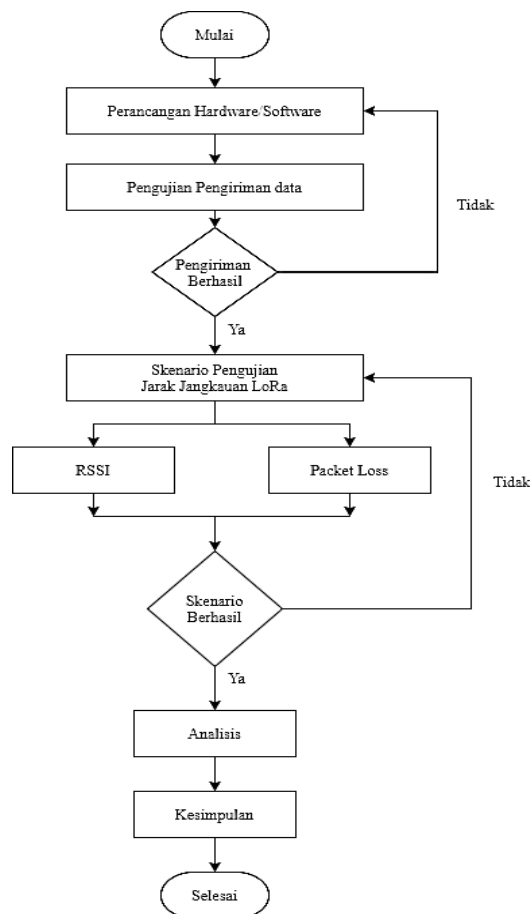
Pengujian ini dilakukan secara langsung di lapangan dengan cara mengubah jarak *end-node* terhadap *gateway* LoRa untuk mendapatkan data yang akurat. Pemilihan lokasi pengujian dilakukan menggunakan metode *purposive sampling*. Lokasi pengujian dipilih secara sengaja atau pemilihan lokasi dilakukan hanya atas dasar pertimbangan subjektif peneliti dengan asumsi unsur-unsur yang dikehendaki telah ada pada lokasi pengujian. Pengujian dilakukan pada area urban atau area perkotaan, sehingga pentransmisi terjadi pada area dengan *Line of Sight* (LoS) hingga *Non Line of Sight* (NLoS).

```

gatewayId: "7276#00b030d56"
time: null
timeSinceGpsEpoch: null
timestamp: 4195892027
rsi: -99
loraSnr: -0.2
channel: 4
rfChain: 0
board: 0
antenna: 0
location: { 5 keys
  latitude: -6.873757
  longitude: 107.586622
  altitude: 35
  source: "UNKNOWN"
  accuracy: 0
  fineTimestampType: "NONE"
}
txInfo: { 3 keys
  frequency: 920900000
  modulation: "LORA"
}
loRaModulationInfo: { 4 keys
  bandwidth: 125
  spreadingFactor: 7
  codeRate: "4/5"
  polarizationInversion: false
}
    
```

Gambar 2. Data pada LoRa Server

Proses lengkap pengujian jarak jangkauan LoRa ditampilkan pada Gambar 3.



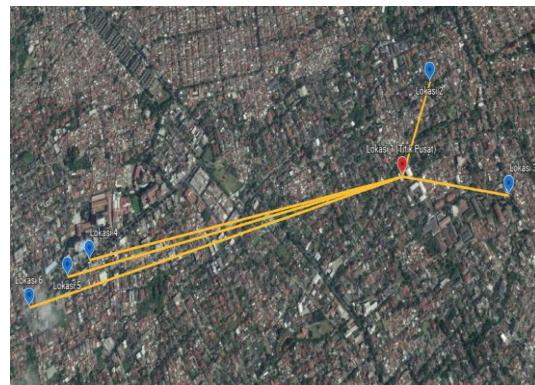
Gambar 3. Blok Diagram Skenario Pengujian

PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan sebanyak 30 kali pengiriman data pada beberapa lokasi berbeda di Bandung dengan titik-titik pengujian sebagai berikut:

1. Titik pusat pengujian berada di Lab IoT Platform Telkom DDS Gegerkalong.
2. Jl. Sukahaji No.123, Sukarasa, Kec. Sukasari.
3. Telkom Corporate University.
4. Universitas Kristen Maranatha.
5. Jl. Babakan Jeruk IV No.54B Sukagalih.
6. Jl. Surya Sumantri No.23, Sukawarna, Kecamatan Sukajadi.

Lokasi titik-titik pengujian pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Titik pengujian

Perubahan RSSI

RSSI merupakan parameter yang menunjukkan daya terima dari seluruh sinyal pada band frekuensi saluran yang digunakan (Mazloum dkk., 2014). Untuk Chip LoRa Rfm95/96 rentang nilai RSSI mulai dari 0 hingga -127 dBm. Semakin mendekati 0, maka sinyal lebih baik. Perhitungan estimasi RSSI dengan *log normal shadowing model* dilakukan menggunakan persamaan (5), dengan *path loss* referensi sebagai berikut:

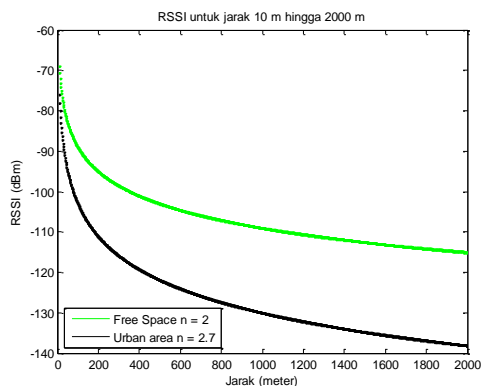
$$PL(d0)[dB] = 3,44 + 10n \log 920 + 10n \log 0,001$$

$$PL(d0)[dB] = 3,44 + 10(2)(2,963) + 10(2)(-3)$$

$$PL(d0)[dB] = 31,71 \text{ dB}$$

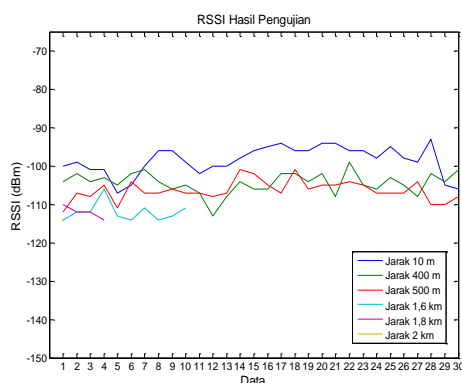
Dari hasil perhitungan, RSSI maksimum didapatkan untuk area *free space* (n=2) pada jarak 10 m sebesar -74,81 dBm dan nilai RSSI minimum saat perhitungan sebesar -115,05 dBm pada jarak 2 km. Sedangkan untuk area urban (n=2,7) RSSI maksimum sebesar -81,81 dBm dan RSSI minimum sebesar -138,15 dBm. Grafik perubahan

RSSI hasil perhitungan ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. RSSI Hasil Perhitungan

Grafik nilai RSSI yang didapatkan saat pengujian ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. RSSI Hasil Pengujian

Gambar 6 menampilkan nilai RSSI pada setiap titik pengujian. Dari 30 data yang dikirim *end-node* dan kemudian data diterima oleh *gateway*, tidak terjadi perubahan signifikan pada nilai RSSI. Terlihat pada grafik tersebut, nilai tertinggi pada jarak 10 m adalah -93 dBm dan nilai terendah pada -107 dBm. Untuk jarak 400 m, nilai tertinggi diperoleh -99 dBm dan nilai terendah sebesar -113 dBm. Untuk jarak 500 m, nilai tertinggi sebesar -101 dBm dan terendah pada -112 dBm. Pada jarak 1,6 km, nilai tertinggi sebesar -106 dBm dan terendah pada -114 dBm. Sedangkan untuk jarak 1,8 km, nilai tertinggi sebesar -110 dBm dan terendah pada -114 dBm. Dalam pengujian, jarak yang semakin jauh akan menyebabkan *obstacle* yang dihadapi semakin banyak, sehingga variasi nilai RSSI semakin sedikit. Bahkan untuk jarak 2 km dari 30 kali pengiriman data, hanya satu data yang masuk dengan nilai RSSI sebesar

-114 dBm. Dari nilai-nilai yang didapatkan, kemudian dilakukan perhitungan nilai RSSI rata-rata untuk melihat perubahan nilai RSSI pada setiap titik pengujian (Tabel 2). Nilai RSSI rata-rata ini akan dibandingkan dengan RSSI hasil perhitungan.

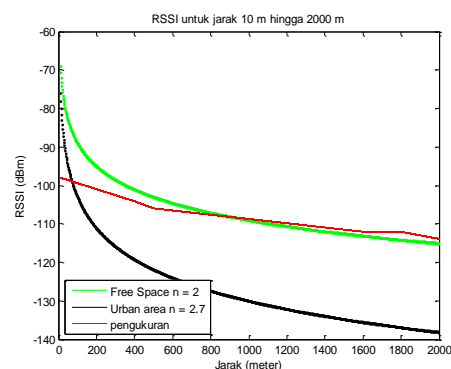
Tabel 2. RSSI Hasil Pengujian

Jarak	RSSI (dBm)		
	Min	Rata-Rata	Max
0,01 km	-107	-98	-93
0,4 km	-113	-104	-99
0,5 km	-112	-106	-101
1,6 km	-114	-112	-106
1,8 km	-114	-112	-110
2 km	-114	-114	-114

Dari Tabel 2 diketahui bahwa nilai RSSI berkisar pada -93 dBm hingga -114 dBm. Nilai RSSI tertinggi yaitu -93 dBm diperoleh pada jarak minimum 10 m. Sedangkan nilai terendah -114 dBm diperoleh pada jarak maksimum pengujian yaitu 2 km.

Berdasarkan nilai RSSI rata-rata terlihat bahwa terjadi penurunan nilai RSSI saat jarak *end-node* terhadap *gateway* semakin jauh. Namun penurunan ini tidak terlalu signifikan. Sedangkan jika dilihat dari rentang nilai RSSI pada setiap titik pengujian, RSSI relatif stabil.

Gambar 7 menunjukkan perbandingan nilai RSSI hasil perhitungan dan pengujian. Nilai RSSI hasil pengujian lebih mendekati nilai RSSI perhitungan untuk area *free space* dengan penambahan efek *shadowing* ($X\sigma$) dan $n = 2$. Artinya LoRa dapat mengontrol RSSI agar tetap stabil. Berdasarkan data yang diperoleh nampak bahwa hasil perhitungan (secara teoritis) maupun hasil pengujian, daya sinyal yang diterima rata-rata berkurang secara logaritmik terhadap jarak.



Gambar 7. Perbandingan RSSI Pehitungan dan Pengujian

Dari semua pengujian yang dilakukan, nilai RSSI yang didapatkan masih dalam rentang 0 hingga -127 dBm yang artinya memenuhi regulasi yang disebutkan dalam *datasheet* LoRa Rfm95/96. Dengan kalimat lain, RSSI yang didapatkan dinilai baik karena lebih besar dari nilai minimum. Dapat disimpulkan bahwa nilai RSSI LoRa relatif stabil pada setiap titik pengujian. Hal ini dikarenakan perubahan pada nilai RSSI sangat kecil. Bahkan dalam jarak jauh dan banyaknya *obstacle* yang mengakibatkan hilangnya jalur dalam proses transmisi data, LoRa tetap menunjukkan konsistensinya terhadap kestabilan nilai RSSI.

Pengaruh Jarak Terhadap *Packet Loss*

Salah satu cara untuk melihat kualitas *link* komunikasi adalah dengan melakukan perhitungan *packet loss rates*. *Packet Loss* merupakan banyaknya paket yang gagal mencapai tempat tujuan saat pengiriman paket. Jika paket gagal dikirim, maka paket tersebut tidak akan dikirim kembali, atau dengan alimat lain paket tersebut hilang (Istianti, 2019). Dari 30 kali pengiriman data saat pengujian akan dilihat seberapa banyak *packet loss* yang terjadi pada setiap jarak pengujian. Perhitungan persentase *packet loss* adalah menggunakan rumus berikut:

$$\text{Packet Loss} = \frac{\text{Paket dikirim} - \text{paket diterima}}{\text{paket yang dikirim}} \times 100\% \quad (6)$$

Packet loss untuk jarak 10m hingga 2 km adalah sebagai berikut:

$$\text{Packet Loss}_1 = \frac{30-30}{30} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Packet Loss}_2 = \frac{30-30}{30} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Packet Loss}_3 = \frac{30-30}{30} \times 100\% = 0\%$$

$$\text{Packet Loss}_4 = \frac{30-10}{30} \times 100\% = 66,6\%$$

$$\text{Packet Loss}_5 = \frac{30-4}{30} \times 100\% = 86,6\%$$

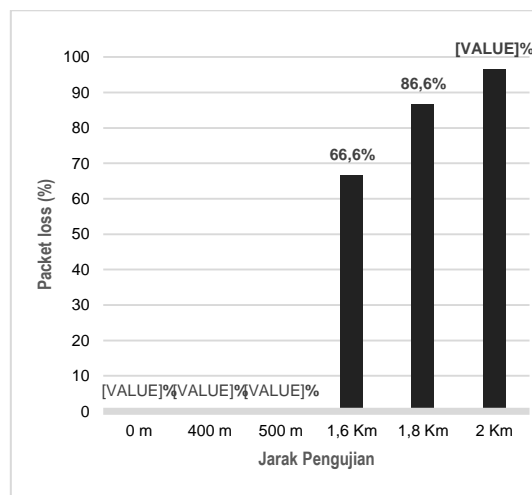
$$\text{Packet Loss}_6 = \frac{30-1}{30} \times 100\% = 96,6\%$$

Data *packet loss* yang diperoleh ditampilkan pada Gambar 8. Pada grafik di Gambar 8 terlihat bahwa semakin jauh jarak *end-node* terhadap *gateway*, maka semakin besar kemungkinan gagal dalam pengiriman paket. Pada daerah yang efektif dalam penerimaan data, *gateway* dapat menerima data secara konstan lebih dari 90% paket yang dikirimkan. Namun untuk daerah lainnya *packet loss* dapat mencapai angka 86,6% bahkan lebih.

Jarak akan sangat mempengaruhi *packet loss*. Dalam jarak yang dekat sekalipun

komunikasi tetap dapat menghadapi permasalahan *packet loss*, sedangkan untuk jarak yang jauh komunikasi yang baik dapat terjadi jika *Line of Sight*. Dalam hal ini bangunan tinggi dan besar akan mempengaruhi jalur komunikasi yang melewatinya, yang secara substansi akan memperpendek jarak komunikasi antar *node*. Hal ini akan menyebabkan meningkatnya *packet loss* atau bahkan dapat meniadakan komunikasi. Di waktu yang sama, jika pada jalur komunikasi tidak terdapat halangan, maka memungkinkan adanya komunikasi yang sangat baik untuk jarak yang jauh.

Hal tersebut disebabkan karena jarak yang jauh mengakibatkan terjadinya peningkatan *obstacle*. Banyaknya *obstacle* tersebut akan mempengaruhi perambatan sinyal dan menyebabkan *path loss* sehingga paket tidak bisa dikirimkan. Selain itu, banyaknya data *end-node* yang masuk maka akan semakin sibuk pula saluran yang ada, sehingga akan menyebabkan paket bertabrakan maupun didrop.



Gambar 8. *Packet loss*

Jangkauan LoRa Berdasarkan Pengujian

Jarak jangkauan LoRa akan analisis berdasarkan pengujian yang telah dilakukan di beberapa titik pada area urban. Hasil pengujian keseluruhan akan dijadikan sebagai acuan untuk melihat jarak jangkauan LoRa tersebut. Penentuan kualitas transmisi data dilakukan dengan melihat persentase *packet loss* (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil Pengujian Keseluruhan

Jarak	RSSI (dBm)			Packet Loss	Kualitas
	Min	Rata-rata	Max		
0,01 km	-107	-98	-93	0 %	Sangat Baik
0,4 km	-113	-104	-99	0 %	Sangat Baik
0,5 km	-112	-106	-101	0 %	Sangat Baik
1,6 km	-114	-112	-106	66,6 %	Buruk
1,8 km	-114	-112	-110	86,6 %	Buruk
2 km	-114	-114	-114	96,6 %	Buruk

Selanjutnya, pada Tabel 4 ditampilkan pengkategorian *packet loss* berdasarkan standar TIPHON (*Telcommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*) (ETSI, 1999).

Tabel 4. Kategori *Packet Loss*

Kategori Degradasi	Packet Loss	Index
Sangat Bagus	0 %	4
Bagus	3 - 14 %	3
Sedang	15 - 24 %	2
Buruk	> 25 %	1

Kualitas transmisi dinilai sangat baik untuk jarak 0 km hingga 0,5 km. Sedangkan untuk titik pengujian lainnya *packet loss* mencapai lebih dari 25% dan dinilai sangat buruk. Pada jarak 2 km *packet loss* 96,6% yang artinya dari 30 kali pengiriman data yang dilakukan, hanya 1 data yang masuk ke *gateway*. Saat jarak ditingkatkan dan dilakukan pengiriman data, data tidak dapat diterima oleh *gateway*. Tidak ada satu pun data yang masuk ke *gateway*. Oleh karena itu jarak jangkauan maksimum pada pengujian LoRa ini adalah 2 km. Hal ini selaras dengan jangkauan LoRa pada *datasheet* untuk area urban (perkotaan) yaitu berkisar 1-5 km.

Banyak faktor yang mempengaruhi tidak tercapainya jarak maksimum yang ditetapkan LoRa, diantaranya:

1. Kondisi lokasi pengujian. Pengujian dilakukan pada area urban dengan rentang jarak yang jauh sehingga mengakibatkan peningkatan *obstacle* yang dapat mempengaruhi proses transmisi.
2. Ketinggian *gateway*. Jika *gateway* rendah, maka kondisi area akan menjadi NLoS, sehingga pengiriman paket akan terganggu.

3. Adanya kemungkinan paket bertabrakan atau didrop, karena banyaknya data *end-node* yang masuk sehingga saluran menjadi sibuk

KESIMPULAN

Jarak sangat mempengaruhi RSSI maupun *packet loss*. Model propagasi teoritis dengan *log normal-shadowing* dan berbasis pengujian menunjukkan bahwa daya sinyal yang diterima rata-rata mengalami penurunan terhadap penambahan jarak. Namun jika dilihat dari sebaran nilai RSSI pada setiap titik pengujian, nilai RSSI LoRa dapat dikategorikan stabil. Semakin dekat *end-node* dengan *gateway*, maka semakin bagus sinyal pada proses transmisi. Hal tersebut ditunjukkan dengan besarnya nilai RSSI dan tidak terjadinya *packet loss* pada jarak terdekat pengujian. Peningkatan jarak antara *end-node* dan *gateway* di luar nilai tertentu dapat mengakibatkan hilangnya data dan kinerja yang buruk.

Jarak jangkauan maksimum LoRa pada area urban yang didapatkan dari penelitian adalah 2 km. Hal ini selaras dengan jangkauan LoRa pada *datasheet* untuk area urban (perkotaan) yaitu berkisar 1-5 km.

Untuk penelitian selanjutnya, perhitungan daya sinyal yang diterima dapat dilakukan dengan pemodelan atau metode lain untuk memperoleh data yang lebih akurat. Penambahan parameter pengujian dan mencari solusi untuk meningkatkan jarak jangkauan LoRa juga perlu diteliti agar sesuai dengan spesifikasi LoRa.

DAFTAR PUSTAKA

- Arlin, M.R.E., Niswar, M., Adnan, A., Fall, D., & Kashihara, S., 2019, LouPe: LoRa Performance Measurement Tool, *Proceedings-2nd East Indonesia Conference on Computer and Information Technology: Internet of*

- Things for Industry, EIconCIT*, 6-7 Nov. 2018, 168-171.
- Cho, Y.S., Kim, J., Yang, W.Y., & Kang, C.G., 2010, *MIMO-OFDM Wireless Communications with MATLAB®*, John Wiley & Sons (Asia) Ltd, Singapore.
- ETSI, 1999, *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General aspects of Quality of Service (QoS), Etsi Tr 101 329 V2.1.1*, 1, 1-37.
- Istianti, P.D.D., 2019, *Perancangan dan Implementasi Perangkat Pemantauan Air Sungai Citarum Menggunakan Teknologi Akses LPWAN LoRa*, Universitas Telkom.
- Istianti, P.D.D., Prawiro, S. Y., Karna, B.A. K., & Nursafa, I.A., 2019, Analisis performansi Teknologi Akses LPWAN LoRa Antares Untuk komunikasi Data End Node, *Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi FT UGM (CITEE 2019)*, 24-25 Juli 2019, 22-26.
- Khutsoane, O., Isong, B., & Abu-Mahfouz, A. M. (2017). IoT devices and applications based on LoRa/LoRaWAN. *Proceedings IECON 2017 - 43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*. 29 Oct.-1 Nov. 2017, 6107-6112.
- Magrin, D., Centenaro, M., & Vangelista, L., Performance Evaluation of LoRa Networks In A Smart City Scenario, *IEEE Int'l Conference on Communications*. 21-25 May 2017, 1-7.
- Mazloum, N.S. & Edfors, O., 2014, Performance Analysis and Energy Optimization of Wake-up Receiver Schemes for Wireless Low-power Applications, *IEEE Trans. Wireless Commun*, 13(12): 7050-7061.
- Mekki, K., Bajic, E., Chaxel, F., & Meyer, F. (2019). A Comparative Study of LPWAN Technologies for Large-scale IoT Deployment, *ICT Express*, Vol. 5, March 2019, 1-7.
- Murdyantoro, E., Rosyadi, I., & Septian, H., 2019, Studi Performansi Jarak Jangkauan Lora-Drigino Sebagai Infrastruktur Konektifitas Nirkabel pada WP-LAN, *Dinamika Rekayasa*, April 2019, 15(1):47.
- Rappaport, T.S., 1996, *Wireless Communication Principle and Practice*, Prentice Hall Communications Engineering and Emerging Technologies Series, United States of America.
- Song, Y., Lin, J., Tang, M., & Dong, S., 2017, An Internet of Energy Things Based on Wireless LPWAN. *ScienceDirect*, August 2017, 3(4): 460-466.
- Sun, Y., Hu, J., Liu, Y., & Tian, Z., Theoretical Analysis and Performance Testing of LoRa Technology, *Proceedings-2017 Int'l Conference on Computer Technology, Electronics and Communication, ICCTEC 2017*, 19-21 Dec 2017, 686 - 690
- Tan, Z. A., Rahman, M. T. A., Rahman, A., Hamid, A. F. A., Amin, N. A. M., Munir, H. A., & Zabidi, M. M. M., Analysis on LoRa RSSI in Urban, Suburban, and Rural Area for Handover Signal Strength-Based Algorithm, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol 705, 26-27 August 2019.
- Widiyanto, E. D., Pakpahan, M. S. M., Faizal, A. A., & Septiana, R., LoRa QoS Performance Analysis on Various Spreading Factor in Indonesia, *ISESD 2018 - In'l Symposium on Electronics and Smart Devices: Smart Devices for Big Data Analytic and Machine Learning*, 23-24 Oct. 2019, 1-5.
- Workgroup, T.M., 2015, What Is It? A Technical Overview Of, In *LoRa Alliance*, https://doi.org/https://www.tuv.com/media/corporate/products_1/electronic_components_and_lasers/TUeV_Rheinland_Overview_LoRa_and_LoRaWANtmp.pdf.
- Xu, J., Liu, W., Lang, F., Zhang, Y., & Wang, C., 2010, Distance Measurement Model Based on RSSI in WSN, *Wireless Sensor Network*, August 2010, 2:606-611.

BIODATA PENULIS

Asma Yanziah, lahir di Tanjung Batu Kabupaten Ogan Ilir pada tanggal 7 November 1998. Saat ini tercatat sebagai Mahasiswa di Politeknik Negeri Sriwijaya bidang minat Teknik Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro.

Sopian Soim, S.T., M.T., lahir di Palembang pada tanggal 14 Maret 1971, menyelesaikan Pendidikan S1 bidang ilmu Teknik Elektro dari Universitas Sriwijaya tahun 1997, dan S2 bidang ilmu Teknik Elektro dari Institut Teknologi Surabaya tahun 2005. Saat ini tercatat sebagai Dosen di Politeknik Negeri Sriwijaya pada bidang minat Teknik Elektro.

Martinus Mujur Rose, S.T., M.T., lahir di
Deri pada tanggal 2 Desember 1974,
menyelesaikan Pendidikan S1 bidang
ilmu Teknik Elektro dari Universitas Atma
Jaya Makassar tahun 2001, dan S2
bidang ilmu Teknik Elektro dari Institut
Teknologi Bandung tahun 2007. Saat ini
tercatat sebagai Dosen di Politeknik
Negeri Sriwijaya pada bidang minat
Teknik Elektro.