

ANALISIS PARAMETER LORA PADA LINGKUNGAN *OUTDOOR*

Mochamad Sya Roni Firmansyah¹⁾ Musayyanah²⁾ Pauladie Susanto³⁾

Program Studi/Jurusan Teknik Komputer
Universitas Dinamika.

Jl. Raya Kedung Baruk 98 Surabaya, 60298

Email: 1) 16410200025@duinamika.ac.id, 2) musayyanah@dinamika.ac.id, 3) pauladie@dinamika.ac.id

Abstrak: Performa suatu perangkat atau media komunikasi dapat mempengaruhi proses transmisi data di lingkungan *indoor* ataupun *outdoor*, sehingga sangat perlu mengetahui faktor yang mempengaruhi performa perangkat tersebut. Perangkat LoRa merupakan salah satu media transmisi nirkabel yang terdiri dari beberapa parameter yang dapat mempengaruhi performa terutama di lingkungan *outdoor*. Tujuan penelitian ini mengamati pengaruh perubahan parameter LoRa di lingkungan *outdoor* dengan melakukan pengujian area yaitu LoS (*Line of Sight*) dan N-LoS (*Non-Line of Sight*) dan mencari nilai PLE untuk menentukan karakteristik di lingkungan *outdoor*. Perubahan nilai parameter SF (*Spreading Factor*), CR (*Code Rate*), dan BW (*Bandwidth*) yang berpengaruh terhadap hasil dari RSSI (*Recived Signal Strength Indicator*), SNR (*Signal Noise Ratio*), PDR (*Packet Data Ratio*), ToA (*Time on Air*) pada lingkungan *outdoor*. Hasil Pengujian untuk area LoS dengan konfigurasi parameter terbaik adalah BW=125 kHz, CR=4/7, dan SF=8 menghasilkan nilai rata-rata RSSI sebesar -85.18 dBm, SNR sebesar 11.18 dB, PDR sebesar 100 %, dan ToA sebesar 0.971 sec, sedangkan pengukuran area N-LoS dengan parameter terbaik adalah BW=125kHz, CR=4/6, dan SF=8 menghasilkan nilai rata-rata RSSI sebesar -88.69 dBm, SNR sebesar 11.1 dB, PDR sebesar 100 %, dan ToA sebesar 1.118 sec. Selain itu, untuk hasil perhitungan PLE berdasarkan pengujian RSSI terhadap jarak untuk area LoS (*Line of Sight*) sebesar 3.24, sedangkan untuk N-LoS sebesar 4.41. Nilai PLE (*Pathloss Exponent*) tersebut menunjukkan bahwa lingkungan (*Shadowed Urban Area*).

Kata Kunci: *LoRa, Path Loss Exponent, Bandwidth, Code Rate, Spreading Factor*

PENDAHULUAN

Salah satu bidang yang banyak mempengaruhi perkembangan zaman adalah teknologi, dimana terjadi perkembangan yang pesat di setiap tahunnya. Salah satunya adalah perkembangan media transmisi pengiriman data, dimana banyak model media transmisi *wireless* yang digunakan sesuai dengan jenis data yang dikirimkan. Dikutip dari penelitian yang berjudul “*A Study on IoT Solution for Preventing Cattle Rustling in African Context*” (Dieng, 2017), dimana terdapat perbandingan media transmisi *wireless* yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Media Transmisi *Wireless*

	Range	Frequency	Data Rate	Energy con-sumption	Cost
Bluetooth	30 - 300 ft	2.4 Ghz	1 Mbps	Medium	Low
Bleee	Up to 10 ft	2.4 Ghz	1 Mbps	Low	Low
ZigBee	30 - 1.6 km	2.4 Ghz	250 kbps	Low	Low
WiFi	100 - 150 ft	2.4 Ghz	11 - 54 Mbps	High	High
LoRa	2 - 15 km	ISM Band 868, 915 Mhz	0.3 - 50 kbps	Low	Low

(Sumber: Dieng, 2017)

Pada tabel 1 media transmisi yang dapat menjangkau jarak yang sangat jauh adalah LoRa, dimana LoRa mampu mengirimkan data dengan jarak 2-15 km di daerah *rural* atau *suburban*. Transmisi LoRa sangat cocok digunakan untuk pengiriman data dengan jarak yang jauh dan juga memiliki kelebihan rendah energi. Terdapat penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan transmisi LoRa “*Rancang Bangun Sistem Keamanan Gudang Penyimpanan Menggunakan Transmisi LoRa*” (Affandi, 2020).

Pada penelitian tersebut pengujian dilakukan maksimal pada jarak 2,15 Km dengan persentase keberhasilan sebesar 99,06% dengan konfigurasi parameter *default*, sehingga analisis transmisi LoRa untuk variasi lingkungan outdoor masih kurang, sedangkan untuk menghasilkan performa transmisi LoRa yang maksimal, terdapat beberapa parameter yang dapat dirubah sesuai dengan keadaan lingkungan. Diantaranya adalah SF (*Spreading Factor*), CR (*Coding Rate*), dan BW (*Bandwidth*). Dikutip dari penelitian yang berjudul “Analisa PathLoss Exponent Di Area Terbuka Untuk Aplikasi Wireless Sensor Network” (Nur, Okkie, & Agung, 2011), dimana terdapat hasil penelitian tentang salah satu parameter penting yang dapat menggambarkan karakteristik lingkungan terbuka untuk aplikasi WSN (*Wireless Sensor Network*) yaitu PLE (*Pathloss Exponent*). PLE diperoleh dari hasil pengukuran level daya fungsi jarak didaerah terbuka pada frekuensi 920 Mhz. Pengukuran dilakukan menggunakan SA (*Spectrum Analyzer*) sebagai peralatan penerima dan SSG (*Standard Signal Generator*) sebagai pemancar. Berdasarkan nilai PLE tersebut karakteristik lingkungan dapat diketahui, sehingga menghasilkan kualitas terbaik.

Penelitian ini melakukan analisis kinerja parameter LoRa pada lingkungan *outdoor*. Dimana melakukan perbandingan beberapa parameter yang digunakan untuk mendukung performa LoRa pada lingkungan *outdoor*. Pengujian pada penelitian ini menggunakan dua buah *node* yang terhubung secara *point-to-point*. Perubahan ini dapat mempengaruhi nilai hasil dari parameter seperti RSSI (*Recived Signal Strength Indicator*), SNR (*Signal to Noise*), PDR (*Packet Delivery Ratio*), PLE (*Path Loss Exponent*) dan ToA (*Time on Air*) yang menunjukkan hasil terbaik media transmisi LoRa pada lingkungan *outdoor*.

METODE PENELITIAN

Menurut (Petrus, 2019), LoRa (*Long Range*) adalah suatu modulasi yang dihasilkan oleh Semtech. Modulasi yang diciptakan ini mengaplikasikan modulasi FM dalam pemrosesan modulasi ini menciptakan sebuah frekuensi yang stabil.

Menurut (Kominfo, 2019), Perangkat LoRa yang ada di Indonesia memiliki peraturan PERDIRJEN SDPPI No. 3 Tahun 2019 tentang LPWA (*Low power wide area*) wajib mengetahui karakteristik utama dengan panjang frekuensi radio 920-923 MHz.

Pada penelitian ini menggunakan LoRa dengan frekuensi 920 MHz, pada frekuensi ini masih termasuk kedalam kategori sesuai dengan peraturan pemerintah. Terdapat beberapa antenna yang dapat digunakan pada perangkat LoRa.



Gambar 1. Model perancangan

Pada gambar 1 dapat dilihat ada beberapa bagian dari topologi yang dimana setiap bagian tersebut memiliki tugasnya masing-masing, berikut daftar dan penjelasan setiap bagian yang ada pada topologi yang telah dibuat.

a. Transmitter

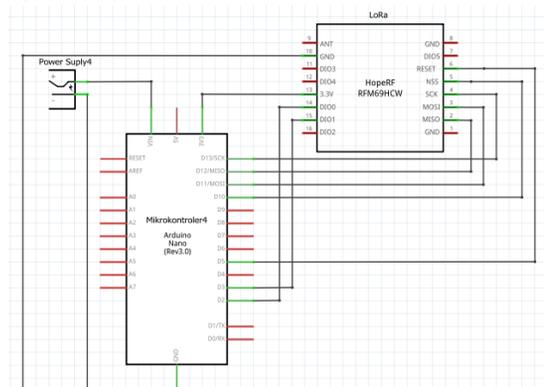
Pada penelitian ini *Transmitter* yang bertugas mengirimkan data menuju *Receiver* transmisi LoRa. Data yang dikirimkan berupa paket data dari urutan angka paket data *Transmitter* (Tx), sehingga dapat dibandingkan dengan data yang diterima oleh *Receiver* (Rx) dan Milis waktu.

b. Receiver

Pada penelitian ini *Receiver* yang bertugas menerima data dari *Transmitter* dan menampilkannya pada serial monitor arduino dan merekap nilai data RSSI (*Recived Signal Strength Indicator*), SNR (*Signal Noise Ratio*) dan Milis

Perancangan Perangkat Hardware

Perancangan perangkat keras mencakup rancangan skematik yang mengatur *port* pada setiap modul yang digunakan, pembuatan rangkaian, dan perancangan *prototype* pada tiap bagian yang meliputi rangkaian *node receiver* dan *node transmitter*.



Gambar 2. Rangkaian Receiver dan Transmitter

LoRa pada *node receiver* dan *node transmitter* menggunakan *hardware* yang terdapat mikrokontroler Arduino Nano, modul LoRa. Pada penelitian ini modul LoRa yang digunakan adalah HopeRF RFM95 yang bertanda RF96 artinya menggunakan chip yang bertipe SX1276 dengan Frekuensi 915 MHz dan dapat dirubah menjadi 920 MHz yang menyesuaikan dengan peraturan-peraturan yang ada di Indonesia, LED merah menandakan status yang dialiri oleh tegangan dan LED putih sebagai menandakan status indikator pengirim atau penerima.



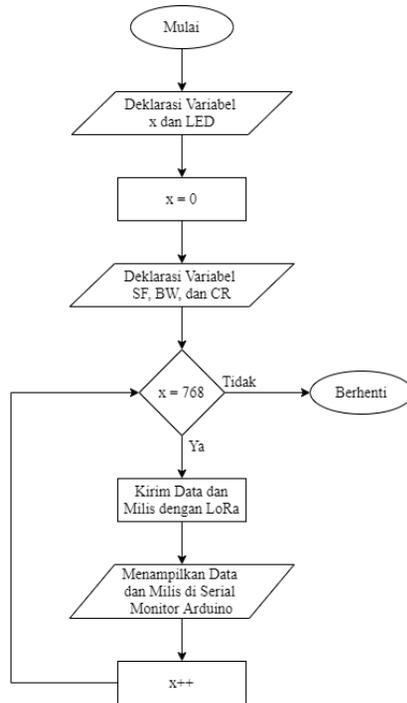
Gambar 3. *Prototype* LoRa (Rx dan Tx)



Gambar 4 Tampak dalam *Prototype* LoRa (Rx dan Tx)

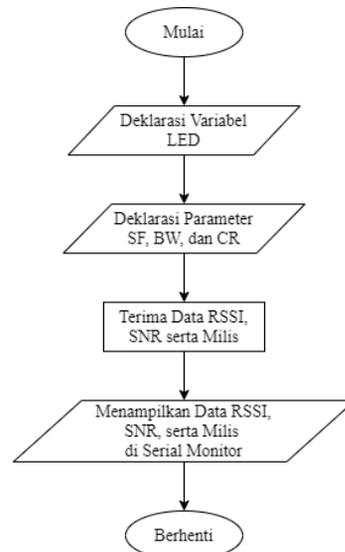
Perancangan Perangkat Software

Pada penelitian ini terdapat beberapa alur komunikasi data yang ada pada sistem, mulai dari *node transmitter* hingga diterima oleh *node receiver*. Alur komunikasi pada sistem diawali dari pengiriman data yang ada pada *node transmitter* yang dikirimkan menuju *node receiver*. Sebelum data dikirim terlebih dahulu mengatur parameter *spreading factor*, *bandwidth*, *code rate*, setelah itu data yang dikirimkan adalah data berupa nilai karakter yang bernilai 768, sehingga nilai yang ditampilkan diserial monitor Arduino serta Milis waktu.



Gambar 5. *Flowchart Transmitter*

Node receiver mendapatkan nilai data dari *node transmitter*, sebelum data diterima terlebih dahulu mengatur parameter yang sama dengan transmitter, setelah itu receiver merekap data RSSI, SNR dan Milis waktu, setelah itu nilai data ditampilkan diserial monitor Arduino.



Gambar 6. *Flowchart Receiver*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Area LoS (*Line of Sight*)

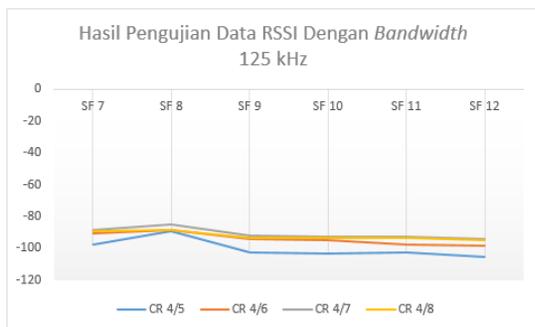
Pada pengujian dalam kondisi LOS dapat dilakukan dilingkungan area *outdoor* kampus dengan jarak 70 meter dari Gedung Serba Guna UNDIKA sebagai pengirim (*Node Transmitter*) dan Gerbang Pintu Masuk Samping UNDIKA sebagai penerima (*Node Receiver*). Pengujian ini dilakukan dengan mengirimkan paket data berupa karakter 000-255 sebanyak 3 kali perulangan tanpa menggunakan delay pada setiap data yang dikirim.

Tabel 2. Pengujian LoRa RSSI (dBm) Jarak 70 Km LoS

	CR 4/5	CR 4/6	CR 4/7	CR 4/8
SF 7	-97.78	-90.36	-88.47	-89
SF 8	-89.5	-88.69	-85.18	-88.3
SF 9	-102.2	-94.14	-91.76	-93.6
SF 10	-103.16	-94.59	-93.02	-93.08
SF 11	-102.52	-97.74	-92.88	-93.5
SF 12	-105.44	-98.04	-94.11	-94.57

Perhitungan RSSI dari hasil pengukuran pada tabel 2, dengan CR 4/5 dengan SF 7 adalah sebagai berikut:

$$RSSI (dBm) = \frac{-70011}{716} = -97.78 \text{ dBm}$$



Gambar 7. Grafik RSSI (dBm) LoS dengan Bandwidth 125 kHz

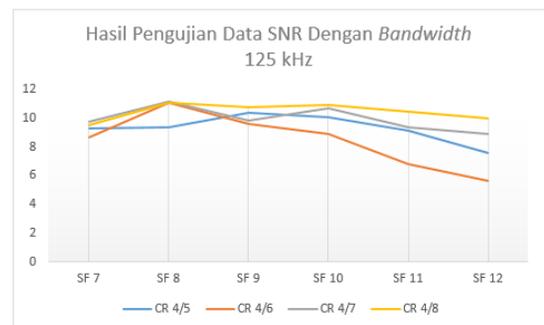
Berdasarkan pada gambar 7 menunjukkan hasil pengujian RSSI setiap CR, maka setiap parameter SF 7 nilai yang didapatkan bernilai tinggi, sedangkan setiap parameter SF 8 nilai yang didapatkan bernilai rendah dan parameter SF 9–SF 12 nilai yang didapatkan naik turun yang dihasilkan, maka nilai RSSI tergantung kondisi lingkungan LoS.

Tabel 3. Pengujian LoRa SNR (dB) Jarak 70 Km LoS

	CR 4/5	CR 4/6	CR 4/7	CR 4/8
SF 7	9.28	8.69	9.8	9.52
SF 8	9.41	11.1	11.18	11.05
SF 9	10.42	9.6	9.88	10.78
SF 10	10.04	8.89	10.67	10.96
SF 11	9.13	6.83	9.34	10.43
SF 12	7.59	5.66	8.89	9.98

Perhitungan RSSI dari hasil pengukuran pada tabel 3, dengan CR 4/5 dengan SF 7 adalah sebagai berikut:

$$SNR (dB) = \frac{6643.50}{716} = 9.28 \text{ dB}$$



Gambar 8. Grafik SNR (dB) LoS dengan Bandwidth 125 kHz

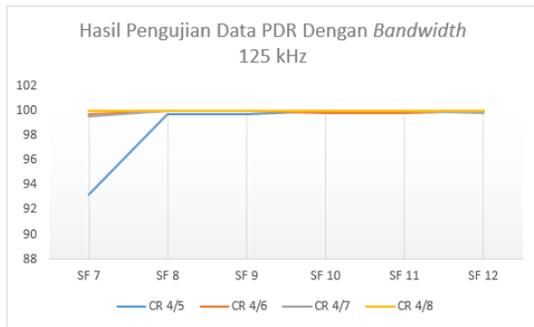
Berdasarkan pada gambar 8 menunjukkan hasil pengujian SNR, dengan perubahan SF dan CR tidak terlalu signifikan.

Tabel 4. Pengujian LoRa PDR (%) Jarak 70 Km LoS

	CR 4/5	CR 4/6	CR 4/7	CR 4/8
SF 7	93.23	99.74	99.61	100
SF 8	99.74	100	100	100
SF 9	99.74	100	100	100
SF 10	100	99.87	100	100
SF 11	100	99.87	100	100
SF 12	100	100	99.87	100

Pada tabel 4 menunjukkan hasil pengujian PDR dengan perubahan SF dan CR dapat disimpulkan bahwa nilai PDR maksimal ketika CR 4/8. Berikut contoh hasil dari pengukuran:

$$PDR (\%) = (716 \div 768) * 100 = 93.23 \%$$

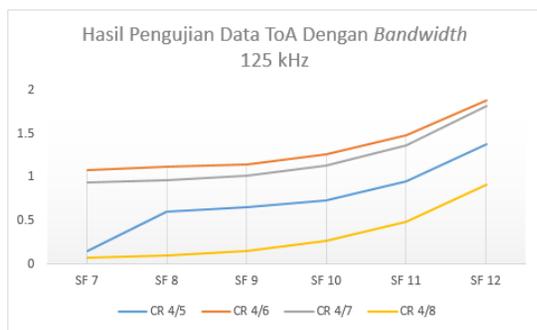


Gambar 9. Grafik PDR (%) LoS Dengan Bandwidth 125 kHz

Berdasarkan pada gambar 9 menunjukkan hasil pengujian PDR, dimana pengambilan data adalah keberhasilan paket yang diterima, jadi nilai yang didapatkan tergantung kondisi lingkungan LoS.

Tabel 5. Pengujian LoRa ToA (ms) Jarak 70 Km LoS

	CR 4/5	CR 4/6	CR 4/7	CR 4/8
SF 7	0.151	1.082	0.935	0.066
SF 8	0.603	1.118	0.971	0.104
SF 9	0.649	1.154	1.012	0.146
SF 10	0.735	1.267	1.13	0.263
SF 11	0.951	1.485	1.362	0.483
SF 12	1.383	1.881	1.825	0.912



Gambar 10. Grafik ToA (ms) LoS Dengan Bandwidth 125 kHz

Berdasarkan pada gambar 10 menunjukkan perubahan SF dan CR dimana nilai SF semakin kecil, maka waktu pengiriman semakin cepat, sedangkan semakin besar, maka waktu pengiriman semakin lama. Dengan perhitungan pengujian ToA ini adalah:

$$ToA (ms) = 14:09:18.009 - 14:09:17.874 = 00:00:00.135 \text{ ms}$$

Sedangkan rumus rata-rata ToA ini adalah:

$$Rata - Rata ToA (Sec) = \frac{00:01:48.205}{716} = 00:00:00:151 \text{ ms} = 0.151 \text{ Sec}$$

Pengujian Area N-LoS (Non-Line of Sight)

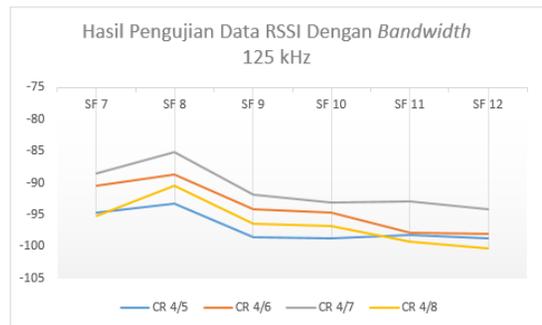
Pada pengujian dalam kondisi N-LoS, dapat dilakukan di lingkungan outdoor kampus dengan jarak 70 meter dengan tinggi Kantin 4.3 meter. Posisi Node Transmitter terletak di Parkiran Sepeda Motor UNDIKA. Posisi Node Receiver terletak di Kantin Atas UNDIKA. Pengujian ini dilakukan dengan mengirimkan paket data berupa karakter 000-255 sebanyak 3 kali perulangan tanpa menggunakan delay pada setiap data yang dikirim.

Tabel 6. Pengujian LoRa RSSI (dBm) Jarak 70 Km N-LoS

	CR 4/5	CR 4/6	CR 4/7	CR 4/8
SF 7	-94.68	-90.36	-88.47	-95.1
SF 8	-93.26	-88.69	-85.18	-90.51
SF 9	-98.6	-94.14	-91.76	-96.34
SF 10	-98.77	-94.59	-93.02	-96.81
SF 11	-98.25	-97.74	-92.88	-99.22
SF 12	-98.71	-98.04	-94.11	-100.21

Pada tabel 6 menunjukkan CR 4/5 dengan SF 7 data awal dari total 768 data pada jarak 70 m dengan komunikasi LoRa. Dengan hasil rata-rata dari RSSI pada pengujian ini adalah sebagai berikut:

$$RSSI (dBm) = \frac{-67411}{712} = -94.68 \text{ dBm}$$



Gambar 11. Grafik RSSI (dBm) N-LoS Dengan Bandwidth 125 kHz

Berdasarkan pada gambar 11 menunjukkan bahwa hasil pengujian RSSI, untuk SF 7 mendapatkan nilai -94.68 dari CR 4/5 yang mendekati SF 8 dengan nilai -93.26 dari CR 4/5, untuk SF 9 mendapatkan hasil -98.6 dari CR 4/5,

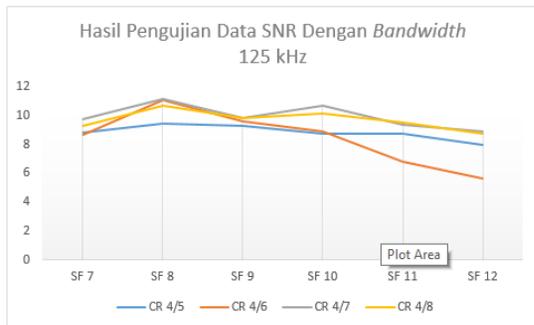
untuk SF 10 mendapatkan hasil -97.77 dan seterusnya.

Tabel 7. Pengujian LoRa SNR (dB) Jarak 70 Km N-LoS

	CR 4/5	CR 4/6	CR 4/7	CR 4/8
SF 7	8.8	8.69	9.8	9.33
SF 8	9.43	11.1	11.18	10.71
SF 9	9.27	9.6	9.88	9.83
SF 10	8.76	8.89	10.67	10.12
SF 11	8.76	6.83	9.34	9.55
SF 12	7.98	5.66	8.89	8.74

Pada tabel 7 menunjukkan CR 4/5 dengan SF 7 data awal dari total 768 data pada jarak 70 m dengan komunikasi LoRa. Dengan hasil rata-rata dari SNR pada pengujian ini adalah sebagai berikut:

$$SNR (dB) = \frac{6265.50}{712} = 8.80 \text{ dB}$$



Gambar 12. Grafik SNR (dB) N-LoS Dengan Bandwidth 125 kHz

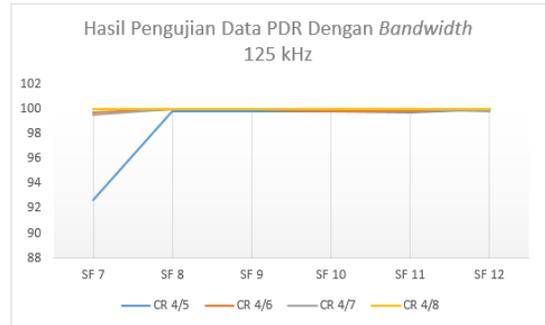
Berdasarkan pada gambar 12 menunjukkan hasil pengujian SNR terbaik dengan hasil 11.18 pada SF 8 dengan CR 4/7.

Tabel 8. Pengujian LoRa PDR (%) Jarak 70 Km N-LoS

	CR 4/5	CR 4/6	CR 4/7	CR 4/8
SF 7	92.71	99.74	99.61	100
SF 8	99.87	100	100	100
SF 9	99.87	100	100	100
SF 10	99.87	99.87	100	100
SF 11	99.74	99.87	100	100
SF 12	100	100	99.87	100

Pada tabel 8 menunjukkan CR 4/5 dengan SF 7 data awal dari total 768 data pada jarak 70 m dengan komunikasi LoRa. Dengan hasil rata-rata dari SNR pada pengujian ini adalah sebagai berikut:

$$PDR (\%) = (712 \div 768) * 100 = 92.71 \%$$

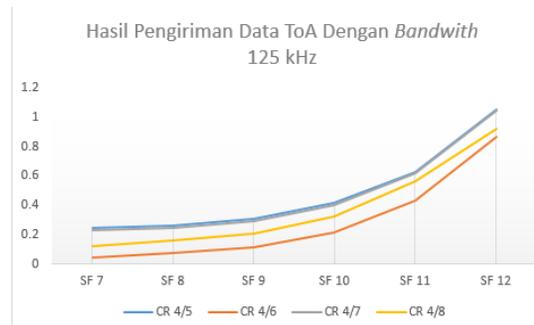


Gambar 13. Grafik PDR (%) N-LoS Dengan Bandwidth 125 kHz

Berdasarkan pada gambar 13 menunjukkan hasil pengujian PDR dengan hasil 100 pada setiap CR 4/8 dengan SF 7 sampai 12.

Tabel 9. Pengujian LoRa ToA (ms) Jarak 70 Km N-LoS

	CR 4/5	CR 4/6	CR 4/7	CR 4/8
SF 7	0.249	0.044	0.231	0.121
SF 8	0.259	0.076	0.246	0.16
SF 9	0.305	0.113	0.29	0.206
SF 10	0.413	0.217	0.399	0.324
SF 11	0.629	0.435	0.617	0.565
SF 12	1.057	0.87	1.049	0.922



Gambar 14. Grafik ToA (ms) N-LoS Dengan Bandwidth 125 kHz

Berdasarkan pada gambar 14 menunjukkan perubahan SF dan CR dimana nilai SF semakin kecil, maka waktu pengiriman semakin cepat, sedangkan semakin besar, maka waktu pengiriman semakin lama. Dengan perhitungan pengujian ToA ini adalah:

$$ToA (ms) = 09:55:54.354 - 09:55:54.132 = 00:00:00.135 \text{ ms}$$

Sedangkan rumus rata-rata ToA ini adalah:

$$Rata - Rata ToA (Sec) = \frac{00:02:57.579}{712} = 00:00:00:249 \text{ ms} = 0.249 \text{ Sec}$$

Pengujian Area PLE (*Pathloss Exponent*)

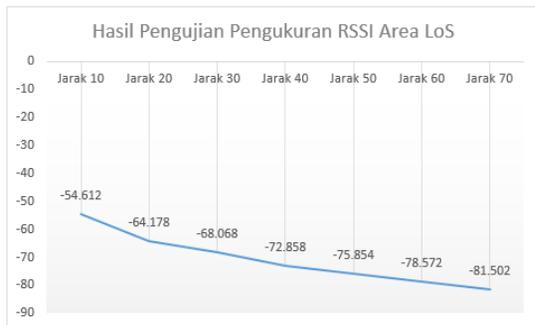
Pengujian Pertama dalam kondisi LoS, dapat diambil dengan nilai terbaik dari hasil pengukuran yang diterima. Pengujian ini dapat dilakukan pada lingkungan area *outdoor* kampus dari Gedung Serba Guna UNDIKA-Pintu Masuk Samping UNDIKA dengan jarak 70 meter setiap pengukuran dibatasi 10 meter, selanjutnya melakukan pengambilan data 5 kali pada setiap data yang dikirim.

Tabel 10. Pengujian Pengukuran RSSI Area LoS

RSSI (dBm)	Jarak 10	Jarak 20	Jarak 30	Jarak 40	Jarak 50	Jarak 60	Jarak 70
	-54.612	-64.178	-68.068	-72.858	-75.854	-78.572	-81.502

Pada tabel 10 menunjukkan CR 4/7 dengan SF 8 data awal dari total 768 data pada jarak 70 m yang dibatasi setiap jarak 10 m, setiap pengambilan data dilakukan 5 kali dengan komunikasi LoRa. Dengan hasil rata-rata dari RSSI pada pengujian ini adalah sebagai berikut:

$$RSSI (dBm) = \frac{-54.37 + -54.24 + -54.19 + -55.35 + -54.91}{5} = -54.612 \text{ dBm}$$

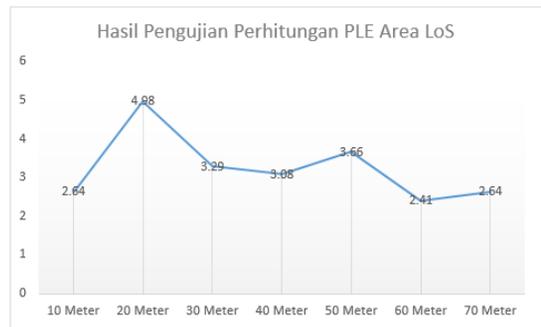


Gambar 15. Grafik Jarak Area LoS

Berdasarkan pada gambar 15 menunjukkan hasil pengukuran rata-rata RSSI area LoS di lingkungan *outdoor*, dimana semakin jarak jauh nilai RSSI yang didapatkan semakin rendah.

Tabel 11. Pengujian Perhitungan PLE Diarea LoS

PLE	10 Meter	20 Meter	30 Meter	40 Meter	50 Meter	60 Meter	70 Meter	Rata-Rata
	2.64	4.98	3.29	3.08	3.66	2.41	2.64	3.24



Gambar 16. Grafik Jarak PLE Diarea LoS

Berdasarkan pada gambar 16 menunjukkan hasil perhitungan *path loss exponent* dengan jarak yang telah ditentukan, melakukan perhitungan nilai RSSI yang terbaik dari setiap pengambilan 5 kali dan nilai rata-rata RSSI. Dengan hasil pengukuran PLE dengan jarak 10 meter pada pengujian ini sebagai berikut:

$$n = 10^{\frac{-54.19 - (-54.612)}{10 \log 10}} = 10^{0.16} = 2.64$$

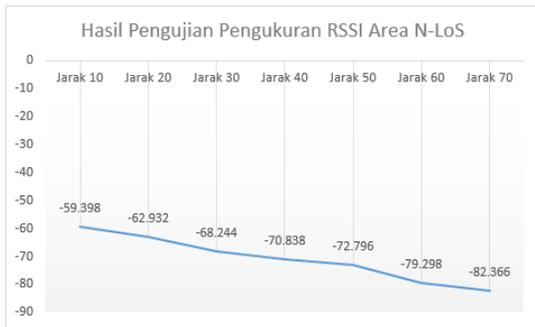
Pengujian kedua dalam kondisi N-LoS, dapat diambil dengan nilai terbaik dari hasil pengukuran yang diterima. Pengujian ini dapat dilakukan dari Kantin Atas dengan tinggi 4.3 meter sampai Parkiran Sepeda Motor dengan jarak 70 meter. Pengujian ini dilakukan dengan skema yang sama dengan pengujian sebelumnya hanya berbeda titik penempatan.

Tabel 12. Pengujian Pengukuran RSSI Area N-LoS

RSSI (dBm)	Jarak 10	Jarak 20	Jarak 30	Jarak 40	Jarak 50	Jarak 60	Jarak 70
	-59.398	-62.932	-68.244	-70.838	-72.796	-79.298	-82.366

Pada tabel 12 menunjukkan CR 4/6 dengan SF 8 data awal dari total 768 data pada jarak 70 m yang dibatasi setiap jarak 10 m, setiap pengambilan data dilakukan 5 kali dengan komunikasi LoRa. Dengan hasil rata-rata dari RSSI pada pengujian ini adalah sebagai berikut:

$$RSSI (dBm) = \frac{-61.53 + -59.55 + -58.47 + -58.78 + -58.66}{5} = -59.398 \text{ dBm}$$

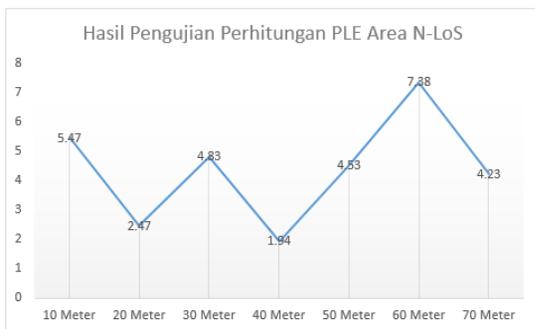


Gambar 17. Grafik Jarak Area N-LoS

Berdasarkan pada gambar 17 menunjukkan hasil area N-LoS pengukuran rata-rata RSSI di lingkungan *outdoor* dari setiap jarak yang telah ditentukan.

Tabel 13. Pengujian Perhitungan PLE Diarea N-LoS

PLE	10 Meter	20 Meter	30 Meter	40 Meter	50 Meter	60 Meter	70 Meter	Rata-Rata
	5.47	2.47	4.83	1.94	4.53	7.38	4.23	4.41



Gambar 18. Grafik Jarak PLE Diarea N-LoS

Berdasarkan pada gambar 18 menunjukkan hasil perhitungan *path loss exponent* dengan jarak yang telah ditentukan, melakukan perhitungan nilai RSSI yang terbaik dari setiap pengambilan 5 kali dan nilai rata-rata RSSI. Dengan hasil pengukuran PLE dengan jarak 10 meter pada pengujian ini sebagai berikut:

$$n = 10^{\frac{-58.66 - (-59.398)}{10 \log 10}}$$

$$= 10^{0.738}$$

$$= 5.47$$

Perhitungan Perubahan Parameter LoRa

Perhitungan ini untuk mengetahui parameter T_s (Durasi Symbol), R_s (Symbol Rate), R_b (Bit Rate) yang dapat mempengaruhi performa LoRa.

Tabel 14. Perhitungan CR 4/5 dengan Bandwidth 125 kHz

	CR 4/5					
	SF 7	SF 8	SF 9	SF 10	SF 11	SF 12
T_s (symbol/Sec)	0.00102	0.00205	0.00410	0.00819	0.01638	0.03277
R_s (Sec)	976.56	488.28	244.14	122.07	61.04	30.52
R_b (kbps)	5.47	2.73	1.37	0.68	0.34	0.17

Tabel 15. Perhitungan CR 4/6 dengan Bandwidth 125 kHz

	CR 4/6					
	SF 7	SF 8	SF 9	SF 10	SF 11	SF 12
T_s (symbol/Sec)	0.00102	0.00205	0.00410	0.00819	0.01638	0.03277
R_s (Sec)	976.56	488.28	244.14	122.07	61.04	30.52
R_b (kbps)	4.56	2.28	1.14	0.57	0.28	0.14

Tabel 16. Perhitungan CR 4/7 dengan Bandwidth 125 kHz

	CR 4/7					
	SF 7	SF 8	SF 9	SF 10	SF 11	SF 12
T_s (symbol/Sec)	0.00102	0.00205	0.00410	0.00819	0.01638	0.03277
R_s (Sec)	976.56	488.28	244.14	122.07	61.04	30.52
R_b (kbps)	3.91	1.95	0.98	0.49	0.24	0.12

Tabel 17. Perhitungan CR 4/8 dengan Bandwidth 125 kHz

	CR 4/8					
	SF 7	SF 8	SF 9	SF 10	SF 11	SF 12
T_s (symbol/Sec)	0.00102	0.00205	0.00410	0.00819	0.01638	0.03277
R_s (Sec)	976.56	488.28	244.14	122.07	61.04	30.52
R_b (kbps)	3.42	1.71	0.85	0.43	0.21	0.11

KESIMPULAN

Hasil dari beberapa pengujian yang telah dilakukan terdapat beberapa kesimpulan, yaitu:

- Hasil dari pengukuran area LoS (*Line of Sight*) dengan setting terbaik parameter Bandwidth 125kHz, Code Rate 4/7, dan Spreading Factor 8 menghasilkan nilai rata-rata RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) sebesar -85.18 dBm, SNR (*Signal Noise Ratio*) sebesar 11.18 dB, PDR (*Packet Delivery Ratio*) sebesar 100 %, dan ToA (*Time on Air*) sebesar 0.971 sec.
- Hasil dari pengukuran area N-LoS (*Non-Line of Sight*) dengan setting terbaik parameter Bandwidth 125kHz, Code Rate 4/6, dan Spreading Factor 8 menghasilkan nilai rata-rata RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) sebesar -88.69 dBm, SNR (*Signal Noise Ratio*) sebesar 11.1 dB, PDR (*Packet Delivery Ratio*) sebesar 100 %, dan ToA (*Time on Air*) sebesar 1.118 sec.
- Hasil dari pengukuran area LoS (*Line of Sight*) menghasilkan nilai rata-rata PLE untuk kondisi LoS 3.24, sedangkan untuk N-LoS didapatkan

4.41. Hasil ini termasuk kategori lingkungan (*Shadowed Urban Area*).

Saran

Saran untuk pengembangan penelitian yang lebih baik. Terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Meningkatkan kualitas spesifikasi antena yang bisa menjangkau jarak yang lebih jauh, sehingga dapat menjangkau jarak yang paling maksimal saat melakukan komunikasi LoRa dilingkungan *outdoor*.
2. Pengambilan data RSSI perlu dilakukan berulang kali untuk mendapatkan nilai RSSI yang stabil sesuai kondisi lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, C. D. (2020). Rancang Bangun Sistem Keamanan Gudang Penyimpanan Menggunakan Transmisi LoRa. *JCONES*.
- Dieng, O. (2017). A Study on IoT Solution for Preventing Cattle Rustling in African Context. *ICC*.
- Firmansyah, M. S. (2020). *Analisis Parameter LoRa Pada Lingkungan Outdoor*. Surabaya: Universitas Dinamika.
- Kominfo. (2019). *PERDIRJEN SDPPI No. 3 Tahun 2019 Tentang LPWA*.
- Nur, A. S., Okkie, P., & Agung, S. J. (2011). Analisa Pathloss Exponent Di Area Terbuka Untuk Aplikasi Wireless Sensor Network. *ISSN*, 401-408.
- Petrus, T. R. (2019). *Sistem Pemberi Pakan Hewan Peliharaan Dengan Kendali Jarak Jauh LoRa*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.