



ANALISIS PARAMETER LORA PADA LINGKUNGAN *OUTDOOR*



Oleh:

Mochamad Sya Roni Firmansyah

16410200025

FAKULTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA

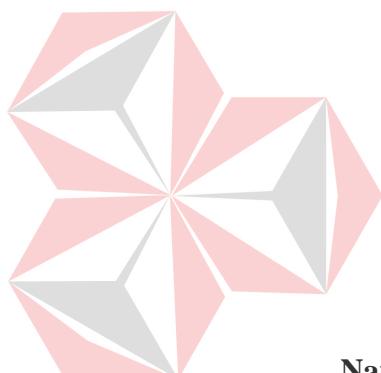
UNIVERSITAS DINAMIKA

2020

ANALISIS PARAMETER LORA PADA LINGKUNGAN *OUTDOOR*

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Sarjana Teknik**



UNIVERSITAS
Dinamika

Oleh:

Nama : Mochamad Sya Roni Firmansyah
NIM : 16410200025
Program Studi : S1 Teknik Komputer

**FAKULTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS DINAMIKA
2020**

TUGAS AKHIR

ANALISIS PARAMETER LORA PADA LINGKUNGAN *OUTDOOR*

Dipersiapkan dan disusun oleh
Mochamad Sya Roni Firmansyah
NIM: 16410200025

Telah diperiksa, dibahas dan disetujui oleh Dewan Pembahasan
Pada: 05 Agustus 2020

Susunan Dewan Pembahasan

Pembimbing:

- I. Musayyanah, S.ST., M.T.

NIDN 0730069102

- II. Pauladie Susanto, S.Kom., M.T.

NIDN 0729047501

Digitally signed
by Universitas
Dinamika
Date: 2020.09.04
04:52:27 +07'00'

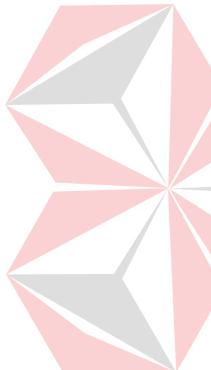
Pembahasan:

Heri Pratikno, M.T., MTCNA., MTCRE.

NIDN 0716117302

Digitally signed
by Universitas
Dinamika
Date: 2020.09.03
15:30:20 +07'00'

Digitally signed by
Universitas
Dinamika
Date: 2020.09.03
14:21:39 +07'00'



Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar sarjana


Dr. Jusak

Digitally signed by
Universitas
Dinamika
Date: 2020.09.06
07:58:34 +07'00'

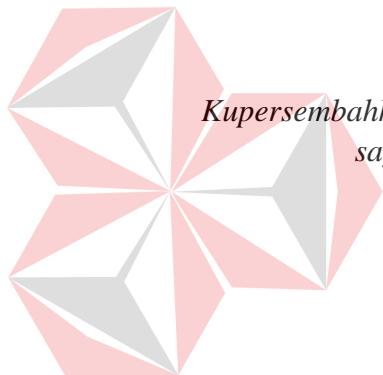
NIDN 0708017101

Dekan Fakultas Teknologi dan Informatika
UNIVERSITAS DINAMIKA



“Kalo stuck jangan lari dari kenyataan, cari solusinya karena itu berarti kamu sedang mengalami progress.” – Mochamad Sya Roni

UNIVERSITAS
Dinamika
Firmansyah



*Kupersembahkan tugas akhir ini untuk kedua orang tua, teman-teman dan pacar
saya yang selalu mendukung dan memberikan semangat.*

UNIVERSITAS
Dinamika

SURAT PERNYATAAN

PERSETUJUAN PUBLIKASI DAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Sebagai mahasiswa Universitas Dinamika, saya :

Nama : Mochamad Sya Roni Firmansyah
NIM : 16410200025
Program Studi : S1 Teknik Komputer
Fakultas : Fakultas Teknologi Informatika
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : ***ANALISIS PARAMETER LORA PADA LINGKUNGAN OUTDOOR***

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa:

1. Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, Teknologi dan Seni, saya menyetujui memberikan kepada Universitas Dinamika Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*) atas seluruh isi/ sebagian karya ilmiah saya tersebut di atas untuk disimpan, dialihmediakan dan dikelola dalam bentuk pangkalan data (*database*) untuk selanjutnya didistribusikan atau dipublikasikan demi kepentingan akademis dengan tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta
2. Karya tersebut di atas adalah karya asli saya, bukan plagiat baik sebagian maupun keseluruhan. Kutipan, karya atau pendapat orang lain yang ada dalam karya ilmiah ini adalah semata hanya rujukan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka saya
3. Apabila dikemudian hari ditemukan dan terbukti terdapat tindakan plagiat pada karya ilmiah ini, maka saya bersedia untuk menerima pencabutan terhadap gelar kesarjanaan yang telah diberikan kepada saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 20 Agustus 2020

Yang menyatakan



Mochamad Sya Roni Firmansyah
NIM : 16410200025

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 (*Received 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*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Parameter LoRa Pada Lingkungan *Outdoor*”.

Dalam pelaksanaan Tugas Akhir dan penyelesaian Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga besar penulis yang selalu memberikan dukungan dan motivasi.
2. Ibu Musayyanah, S.ST., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan dukungan penuh berupa motivasi, saran, dan wawasan bagi penulis selama pelaksanaan Tugas Akhir dan pembuatan laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Pauladie Susanto, S.Kom., M.T., selaku ketua Program Studi S1 Teknik Komputer Universitas Dinamika sekaligus dosen pembimbing yang telah memberikan banyak saran dan wawasan untuk menjadi lebih baik.
4. Bapak Heri Pratikno, M.T., MTCNA., MTCRE., selaku dosen pembahas yang banyak memberikan masukan agar Tugas Akhir ini menjadi lebih baik.
5. Dan teman-teman lain yang masih bertahan berada disisi penulis maupun yang pernah berada disisi penulis, dukungan yang pernah diberikan tidak akan dilupakan oleh penulis.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa memberikan rahmat-Nya kepada seluruh pihak yang membantu penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir.

Penulis menyadari di dalam laporan Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan, meskipun demikian penulis tetap berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan dapat menjadi bahan acuan untuk penelitian selanjutnya.

Surabaya, 05 Agustus 2020

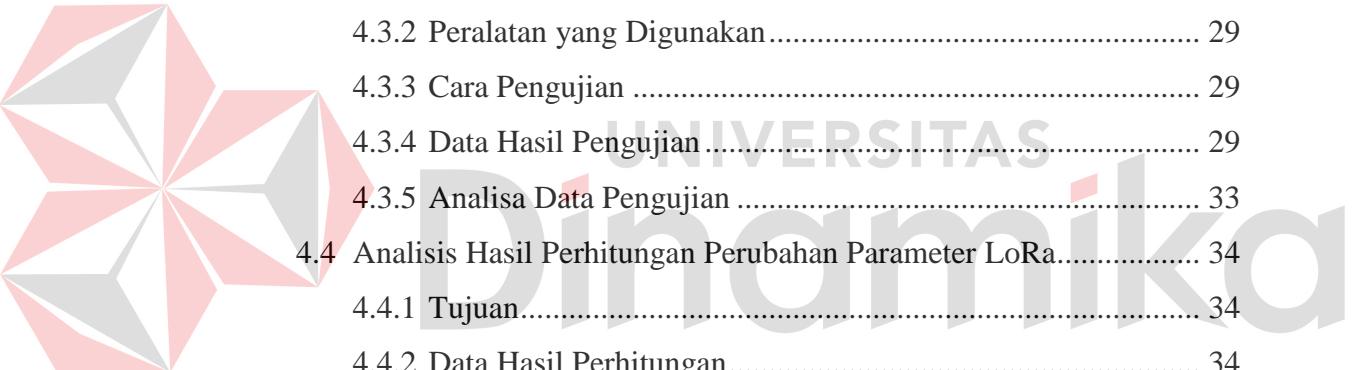
Penulis



DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 Komunikasi LoRa	4
2.2 LoRa.....	4
2.3 Mikrokontroler	7
2.4 Transmisi Pada Lingkungan <i>Outdoor</i>	7
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	9
3.1 Model Perancangan.....	9
3.1.1 <i>Transmitter</i>	9
3.1.2 <i>Receiver</i>	9
3.2 Perancangan Perangkat Keras.....	9
3.3 Perancangan Perangkat Lunak.....	11
3.4.1 Algoritma Penerapan Sistem Pada <i>Transmitter</i>	11
3.4.2 Algoritma Penerapan Sistem Pada <i>Receiver</i>	12
3.4 Analisa Parameter	12
3.4.1 Kondisi LoS (<i>Line of Sight</i>).....	12
3.4.2 Kondisi N-LoS (Non- <i>Line of Sight</i>)	13
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Pengujian Area LoS (<i>Line of Sight</i>)	15



4.1.1 Tujuan.....	15
4.1.2 Peralatan yang Digunakan.....	15
4.1.3 Cara Pengujian	15
4.1.4 Data Hasil Pengujian	16
4.1.5 Analisa Data Pengujian	21
4.2 Pengujian Area N-LoS (<i>Non-Line of Sight</i>).....	22
4.2.1 Tujuan.....	22
4.2.2 Peralatan yang Digunakan.....	22
4.2.3 Cara Pengujian	22
4.2.4 Data Hasil Pengujian	22
4.2.5 Analisa Data Pengujian	28
4.3 Pengujian Area PLE (<i>Path Loss Exponent</i>).....	29
4.3.1 Tujuan.....	29
4.3.2 Peralatan yang Digunakan.....	29
4.3.3 Cara Pengujian	29
4.3.4 Data Hasil Pengujian	29
4.3.5 Analisa Data Pengujian	33
4.4 Analisis Hasil Perhitungan Perubahan Parameter LoRa.....	34
4.4.1 Tujuan.....	34
4.4.2 Data Hasil Perhitungan.....	34
4.4.3 Analisis Data Perhitungan	35
BAB V KESIMPULAN	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
BIODATA	38
LAMPIRAN.....	39

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Bentuk <i>Frame Explicit Header</i>	4
Gambar 2.2 Bentuk <i>Frame Explicit Header</i>	4
Gambar 2.3 <i>Block Diagram Alur Time On Air</i>	6
Gambar 3.1 Model Perancangan	9
Gambar 3.2 Komponen Rangkaian LoRa (Rx dan Tx).....	10
Gambar 3.3 Hasil Rangkaian LoRa (Rx dan Tx) dengan <i>Black Box</i>	10
Gambar 3.4 Tampak Dalam Rangkaian LoRa (Rx dan Tx) dengan <i>Black Box</i>	11
Gambar 3.7 <i>Flowchart Transmitter</i>	11
Gambar 3.8 <i>Flowchart Receiver</i>	12
Gambar 4.1 Dena Lokasi LoS Pengujian LoRa	16
Gambar 4.2 Node <i>Transmitter</i> Di depan Gedung Serba Guna	16
Gambar 4.3 Node <i>Receiver</i> Di depan Pintu Masuk Gerbang Samping	17
Gambar 4.4 Grafik RSSI (dBm) LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 125 kHz	18
Gambar 4.5 Grafik SNR (dB) LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 125 kHz	19
Gambar 4.6 Grafik PDR (%) LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 125 kHz.....	20
Gambar 4.7 Grafik ToA (ms) LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 125 kHz.....	21
Gambar 4.8 Dena Lokasi N- LoS Pengujian LoRa.....	23
Gambar 4.9 <i>Node Transmitter</i> Pada di Parkiran Sepeda Motor.....	23
Gambar 4.10 <i>Node Receiver</i> di Kantin Atas	24
Gambar 4.11 Grafik RSSI (dBm) N-LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 125 kHz	25
Gambar 4.12 Grafik SNR (dB) N-LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 125 kHz	26
Gambar 4.13 Grafik PDR (%) N-LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 125 kHz	27
Gambar 4.14 Grafik ToA (ms) N-LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 125 kHz	28
Gambar 4.15 Grafik Jarak Area LoS.....	30
Gambar 4.16 Grafik PLE Diarea LoS	31
Gambar 4.17 Grafik Jarak PLE Area N-LoS	32
Gambar 4.18 Grafik Jarak PLE Diarea N-LoS	33



DAFTAR TABEL

Halaman

Table 1.1 Perbandingan Media Transmisi <i>Wireless</i>	1
Table 4.1 Hasil Pengujian RSSI (dBm) Dari Gedung SG-Pintu Gerbang Samping	17
Table 4.2 Hasil Pengujian SNR (dB) Dari Gedung SG-Pintu Gerbang Samping	18
Table 4.3 Hasil Pengujian PDR (%) Dari Gedung SG-Pintu Gerbang Samping..	19
Table 4.4 Hasil Pengujian ToA (ms) Dari Gedung SG-Pintu Gerbang Samping.	20
Table 4.5 Hasil Pengujian RSSI (dBm) Dari Parkir Sepeda Motor-Kantin Atas .	24
Table 4.6 Hasil Pengujian SNR (dB) Dari Parkir Sepeda Motor-Kantin Atas	25
Table 4.7 Hasil Pengujian PDR (%) Dari Parkir Sepeda Motor-Kantin Atas	26
Table 4.8 Hasil Pengujian ToA (ms) Dari Parkir Sepeda Motor-Kantin Atas.....	27
Table 4.9 Hasil Pengujian Pengukuran RSSI Area LoS	30
Table 4.10 Hasil Pengujian Perhitungan PLE Diarea LoS	30
Table 4.11 Hasil Pengujian Pengukuran RSSI Area N-LoS	31
Table 4.12 Hasil Pengujian Perhitungan PLE Diarea N-LoS	32
Table 4.13 Hasil Perhitungan CR 4/5 dengan <i>Bandwidth</i> 125 kHz.....	34
Table 4.14 Hasil Perhitungan CR 4/6 dengan <i>Bandwidth</i> 125 kHz.....	34
Table 4.15 Hasil Perhitungan CR 4/7 dengan <i>Bandwidth</i> 125 kHz.....	34
Table 4.16 Hasil Perhitungan CR 4/8 dengan <i>Bandwidth</i> 125 kHz.....	34



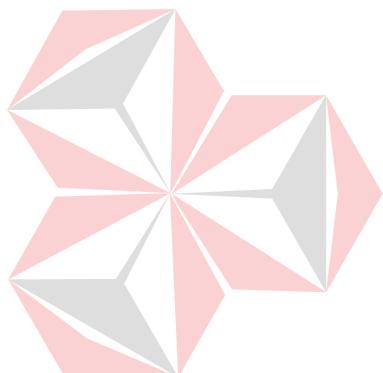
DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1 Program Transmitter.....	39
Lampiran 2 Program <i>Receiver</i>	40
Lampiran 3 Tabel RSSI (dBm) Pada Area LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 250 kHz.....	41
Lampiran 4 Grafik RSSI (dBm) Pada Area LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 250 kHz	41
Lampiran 5 Tabel SNR (dB) Pada Area LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 250 kHz	42
Lampiran 6 Grafik SNR (dB) Pada Area LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 250 kHz	42
Lampiran 7 Tabel PDR (%) Pada Area LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 250 kHz.....	43
Lampiran 8 Grafik PDR (%) Pada Area LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 250 kHz	43
Lampiran 9 Tabel ToA (ms) Pada Area LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 250 kHz.....	44
Lampiran 10 Grafik ToA (ms) Pada Area LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 250 kHz	44
Lampiran 11 Tabel RSSI (dBm) Pada Area N-LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 250 kHz	45
Lampiran 12 Grafik RSSI (dbm) Pada Area N-LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 250 kHz	45
Lampiran 13 Tabel SNR (dB) Pada Area N-LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 250 kHz ...	46
Lampiran 14 Grafik SNR (dB) Pada Area N-LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 250 kHz..	46
Lampiran 15 Tabel PDR (%) Pada Area N-LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 250 kHz	47
Lampiran 16 Grafik PDR (%) Pada Area N-LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 250 kHz ...	47
Lampiran 17 Tabel ToA (ms) Pada Area N-LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 250 kHz....	48
Lampiran 18 Grafik ToA (ms) Pada Area N-LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 250 kHz ..	48
Lampiran 19 Tabel RSSI (dBm) Pada Area LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 500 kHz....	49
Lampiran 20 Grafik RSSI (dBm) Pada Area LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 500 kHz ..	49
Lampiran 21 Tabel SNR (dB) Pada Area LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 500 kHz	50
Lampiran 22 Grafik SNR (dB) Pada Area LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 500 kHz	50
Lampiran 23 Tabel PDR (%) Pada Area LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 500 kHz.....	51
Lampiran 24 Grafik PDR (%) Pada Area LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 500 kHz	51
Lampiran 25 Tabel ToA (ms) Pada Area LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 500 kHz.....	52
Lampiran 26 Grafik ToA (ms) Pada Area LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 500 kHz	52
Lampiran 27 Tabel RSSI (dBm) Pada Area N-LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 500 kHz	53
Lampiran 28 Grafik RSSI (dBm) Pada Area N-LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 500 kHz	
.....	53



Lampiran 29 Tabel SNR (dB) Pada Area N-LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 500 kHz ...	54
Lampiran 30 Grafik SNR (dB) Pada Area N-LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 500 kHz..	54
Lampiran 31 Tabel PDR (%) Pada Area N-LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 500 kHz	55
Lampiran 32 Grafik PDR (%) Pada Area N-LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 500 kHz ...	55
Lampiran 33 Tabel ToA (ms) Pada Area N-LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 500 kHz....	56
Lampiran 34 Grafik ToA (ms) Pada Area N-LoS Dengan <i>Bandwidth</i> 500 kHz ..	56



UNIVERSITAS
Dinamika

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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 1.1.

Table 1.1 Perbandingan Media Transmisi *Wireless*

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

(Sumber: Dieng, 2017)

Pada Tabel 1.1 media transmisi yang dapat menjangkau jarak yang sangat jauh adalah LoRa, dimana LoRa mampu mengirimkan data dengan jarak 2-15 km didaerah *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 Path Loss 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 (*Patloss 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.

Tugas Akhir ini akan melakukan analisis kinerja parameter LoRa pada lingkungan *outdoor*. Dimana akan melakukan perbandingan beberapa parameter yang digunakan untuk mendukung performa LoRa pada lingkungan *outdoor*. Pengujian pada Tugas Akhir ini akan menggunakan dua buah *node* yang terhubung secara *point-to-point*. Perubahan ini dapat mempengaruhi nilai hasil dari parameter seperti RSSI (*Received 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*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh perubahan parameter LoRa (SF, CR, BW) terhadap performansi LoRa yang menentukan hasil dari RSSI, SNR, PDR, ToA untuk transmisi data pada lingkungan *outdoor*.
2. Bagaimana perhitungan nilai PLE untuk menentukan karakteristik lingkungan *outdoor*.

1.3 Batasan Masalah

Dalam pembuatan Tugas Akhir ini, ruang lingkup penelitian hanya akan dibatasi pada:

1. Transmisi LoRa *point-to-point*.
2. Kondisi LoS dan N-LoS pada Lingkungan *Outdoor*.
3. LoRa yang digunakan adalah *End Device LoRa* dengan frekuensi 920 MHz.
4. Panjang data dalam satu paket yang digunakan adalah 768 karakter mulai dari “000” sampai “255”.

1.4 Tujuan

Berdasarkan uraian latar belakang dan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari Tugas Akhir ini yaitu sebagai berikut:

1. Menentukan performansi LoRa terbaik berdasarkan parameter SF, CR, BW yang menentukan hasil dari RSSI, SNR, PDR, ToA pada lingkungan *outdoor*.
2. Menentukan nilai PLE untuk mengetahui karakteristik lingkungan *outdoor* dengan menggunakan perangkat LoRa.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat penyusunan Tugas Akhir ini adalah mengetahui karakteristik lingkungan *outdoor* performa LoRa yang digunakan untuk lokalisasi *node* pada sinyal, dan milis waktu paling optimal yang dapat digunakan pada transimisi data menggunakan LoRa.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Komunikasi LoRa

Menurut (Moch Nafi, 2017), komunikasi nirkabel (*wireless*) adalah memberikan informasi jarak jauh tanpa menggunakan tegangan listrik atau kawat dimana komunikasi nirkabel menggunakan media udara sebagai tempat transmisinya.

Menurut (Zahra, 2018), *Point to Point* adalah sebuah protokol data link yang dihubungkan antara dua *node* secara langsung dengan secara terkoneksi *wireless* maupun LAN.

2.2 LoRa

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. Adapun bentuk *frame* LoRa terdiri dari 2 yaitu:

1. *Explicit Header Mode*

Preamble	Pyload Length	CR	CRC Present?	Payload	Payload CRC
----------	---------------	----	--------------	---------	-------------

Gambar 2.1 Bentuk *Frame Explicit Header*

2. *Implicit Header Mode*

Preamble	Payload	Payload CRC
----------	---------	-------------

Gambar 2.2 Bentuk *Frame Explicit Header*

Menurut (Josef, 2018), ada beberapa parameter yang akan menentukan seberapa sensitif performa *receiver* LoRa:

1. *Bandwidth* adalah lebar frekuensi yang dipakai untuk memodulasi data sinyal LoRa memungkinkan penggunaan tiga *bandwidth* berbeda dari 125 kHz, 250

kHz, dan 500 kHz. Semakin lebih tinggi nilai *bandwidth* akan mengurangi waktu jangkauan transmisi. *Spreading Factor* adalah menunjukkan seberapa banyak chip yang dipakai untuk mewakili satu simbol. SF ini dapat mengambil nilai 6 hingga 12, maka semakin besar nilai SF maka semakin besar *noise*.

2. *Code Rate* adalah implementasi modulasi LoRa juga menambahkan *forward error correction* (FEC), dengan melakukan enkode 4 bit data dengan redundansi menjadi 5, 6, 7, dan 8 bit. Menggunakan redundansi ini membuat sinyal LoRa lebih tahan terhadap interferensi singkat, nilai *Code Rate* (CR) perlu diatur sesuai dengan kondisi kanal yang dipakai, jika terdapat banyak interferensi sebaiknya nilai CR ditingkatkan. Namun perlu diperhatikan bahwa kenaikan nilai CR juga meningkatkan waktu transmisi.
3. *Symbol* merupakan kumpulan bit data yang berbentuk *code*. *Symbol rate* (Rs) adalah laju perubahan *symbol* tiap satuan waktu. Rumus mencari Rs adalah:

$$Rs = \frac{BW}{2^SF} \text{ Symbol/sec} \quad \dots(1)$$

Sedangkan rumus durasi *symbol* (Ts) adalah:

$$Ts = \frac{1}{Rs} \text{ sec} \quad \dots(2)$$

4. *Bit Rate* merupakan satuan dasar informasi digital dan bersifat biner (1/0, high/low). *Bit rate* (Rb) adalah laju perubahan bit tiap satuan waktu. Rumus menentukan *Bit rate* adalah:

$$Rb = (SF \times RS \times CR) / 1000 \text{ kbps} \quad \dots(3)$$

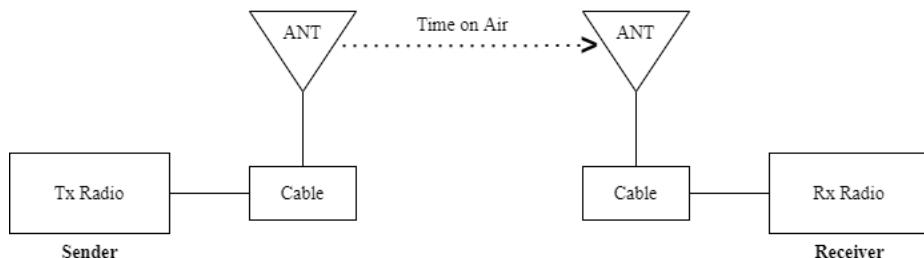
Menurut (Kominfo, 2019), perangkat LoRa yang ada di Indonesia akan memiliki peraturan PERDIRJEN SDPPI No. 3 Tahun 2019 tentang LPWA (*Low Power Wide Area*) wajib mengetahui karakteristik utama dengan panjang frekuensi radio 920-923 MHz.

Pada Tugas Akhir ini menggunakan LoRa dengan frekuensi 920 MHz, pada frekuensi ini masih termasuk kedalam kategori sesuai dengan peraturan pemerintah. Kinerja LoRa dapat dilihat yaitu:

1. PDR (*Packet Data Ratio*) adalah persentasi keberhasilan paket data yang diterima. Rumus rata-rata untuk menghitung PDR adalah:

$$PDR (\%) = (paket terima \div paket kirim) * 100\% \quad \dots(4)$$

2. *Time on Air* adalah parameter untuk mengukur selisih waktu antara paket data diterima dan paket data yang dikirim berikut ilustrasi *Time on Air* yang diukur. Pada Gambar 2.3, merupakan ilustrasi pengukuran *Time on Air*. Dimana sinyal dikirim dari pengirim, dengan waktu tertentu sebelum penerima menerima sinyal ini.



Gambar 2.3 Block Diagram Alur *Time On Air*

Rumus untuk menghitung *Time on Air* adalah:

$$\text{Time on Air (ms)} = \text{waktu terima} - \text{waktu kirim} \quad \dots(5)$$

3. SNR (*Signal Noise Ratio*) adalah paket data yang diterima dari pengirim yang sinyal terganggu oleh gangguan *noise*. Nilai SNR mempresentasikan gangguan noise selama proses transmisi data terhadap kualitas data. Semakin besar nilai SNR menunjukkan kualitas data yang diterima bagus.

Rumus rata-rata untuk menghitung SNR adalah:

$$\text{SNR (dB)} = \frac{\text{Total Nilai SNR yang diterima}}{\text{Jumlah Sampel SNR yang Terkirim}} \quad \dots(6)$$

4. RSSI (*Receive Signal Strength Indicator*) adalah parameter untuk mengukur indikator kekuatan sinyal yang diterima. Nilai RSSI sangat bergantung pada kondisi lingkungan yaitu jarak dan penghalang. Semakin jauh dan semakin banyak penghalangnya maka nilai RSSI akan menurun. Hal ini dapat mempengaruhi kinerja dari LoRa.

Rumus untuk menghitung rata-rata RSSI adalah:

$$\text{RSSI (dBm)} = \frac{\text{Total Nilai RSSI yang dipenerima}}{\text{Jumlah Sampel RSSI yang dikirim}} \quad \dots(7)$$

2.3 Mikrokontroler

Menurut (Septianto, 2016), mikrokontroler adalah suatu chip berupa *Integrated Circuit* yang dapat menerima sinyal data *input* dan memberikan sinyal *output* sesuai dengan program yang di jalankan. Sinyal *input* mikrokontroler berasal dari sensor yang merupakan informasi program sedangkan sinyal *output* yang dapat dikeluarkan melalui aktuator.

Menurut (Djukarna, 2015), Arduino Nano adalah salah satu arduino mikrokontroler yang berukuran kecil. Arduino Nano diciptakan dengan basis mikrokontroler ATMega328. Arduino Nano tidak menyertakan koneksi DC, dan dihubungkan melalui komputer menggunakan port *Mirco USB*.

2.4 Transmisi Pada Lingkungan *Outdoor*

Menurut (Niko, 2015), terdapat 4 faktor-faktor transmisi sinyal pada lingkungan *outdoor* diantaranya:

1. Jarak

Jarak antara pemancar sinyal dan penerima sangat akan menentukan kualitasnya. Semakin dekat maka akan semakin kuat, dan sebaliknya jika jarak yang berjauhan maka sinyal akan semakin lemah.

2. Kekuatan sinyal pemancar

Dari sisi pemancar dapat perlu diperhatikan. Karena besarnya daya pancar yang dihasilkan dari antena akan sangat berpengaruh pada sisi penerimanya. Faktor *interferensi* dan jarak adalah penyebab utamanya. Jadi, semakin kuat sinyal yang dipancarkan, maka akan semakin besar sinyal yang diterima oleh penerima.

3. *Interferensi* (gangguan sinyal)

Interferensi ini sering terjadi karena penggunaan channel *frequency* yang sama oleh dua bahkan lebih perangkat, sehingga hal tersebut dapat menyebabkan gangguan atau hambatan. Jadi yang perlu diingat adalah jika ada dua *access point* pastikan keduanya itu beroperasi pada channel yang berbeda.

4. LoS (*Line of Sight*)

LoS merupakan sebuah kondisi dimana pada area yang berupa garis lurus antara pemancar sinyal dan penerima yang tidak terhalang oleh benda apapun.

Setelah mengetahui faktor-faktor yang berhubungan dengan media transmisi pada lingkungan *outdoor* ternyata faktor tersebut mempengaruhi kondisi transmisi pada karakteristik lingkungan *outdoor*. Karakteristik tersebut mempengaruhi penempatan *node* dilingkungan *outdoor*.

Menurut (Rappaport, 2002), karakteristik lingkungan dapat diukur dari PLE (*Path Loss Exponent*). PLE merupakan parameter n yang berpengaruh dalam menentukan batas kritis dari cakupan wilayah dari sistem selular. Parameter ini dapat ditentukan dari nilai *pathloss* dan level daya, sehingga nilai PLE sangat tergantung pada kondisi lingkungan. Contoh PLE di tunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai Parameter n Pada Tipe Lingkungan Yang Berbeda

<i>Free Space</i>	2
<i>Urban Area</i>	2.7-3.5
<i>Shadowed Urban Area</i>	3-5
<i>In-building LOS</i>	1.6-1.8
<i>Obstractud in-building</i>	4-6

(Sumber: Rappaport, 2002)

Pada Tabel 2.1 nilai parameter n yang digunakan lingkungan *outdoor* LoS adalah *urban area* memiliki jarak PLE dari 2.7-3.5, sedangkan untuk lingkungan *outdoor* N-LoS adalah *shadowed urban area* memiliki jarak PLE dari 3-5.

Karakteristik nilai PLE untuk area lingkungan *outdoor*, baik dengan permukaan rumput, aspal, maupun batu tidak signifikan perbedaan, sehingga nilai PLE banyak berpengaruh dengan kondisi permukaan tanah tetapi lebih tergantung kondisi lingkungannya. PLE dapat diukur dari daya penerima RSSI, dengan rumus:

$$n = 10^{\frac{P_0 - RSSI_{ij}}{10 \log_{10} d_{ij}}} \quad \dots(8)$$

Keterangan :

P_0 : Daya yang terkuat dari jarak referensi.

$RSSI_{ij}$: Daya yang dikirim dari hasil pengukuran.

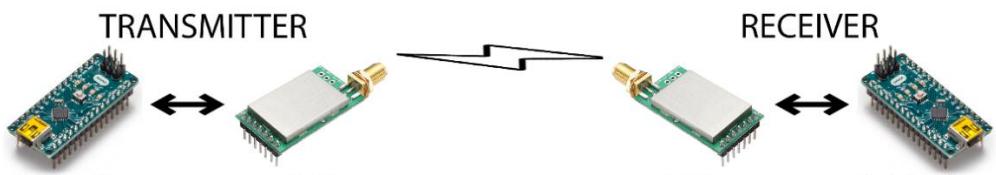
d_{ij} : Jarak pengukuran.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Model Perancangan

Pada Gambar 3.1 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:



Gambar 3.1 Model Perancangan

3.1.1 Transmitter

Pada Tugas Akhir 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.

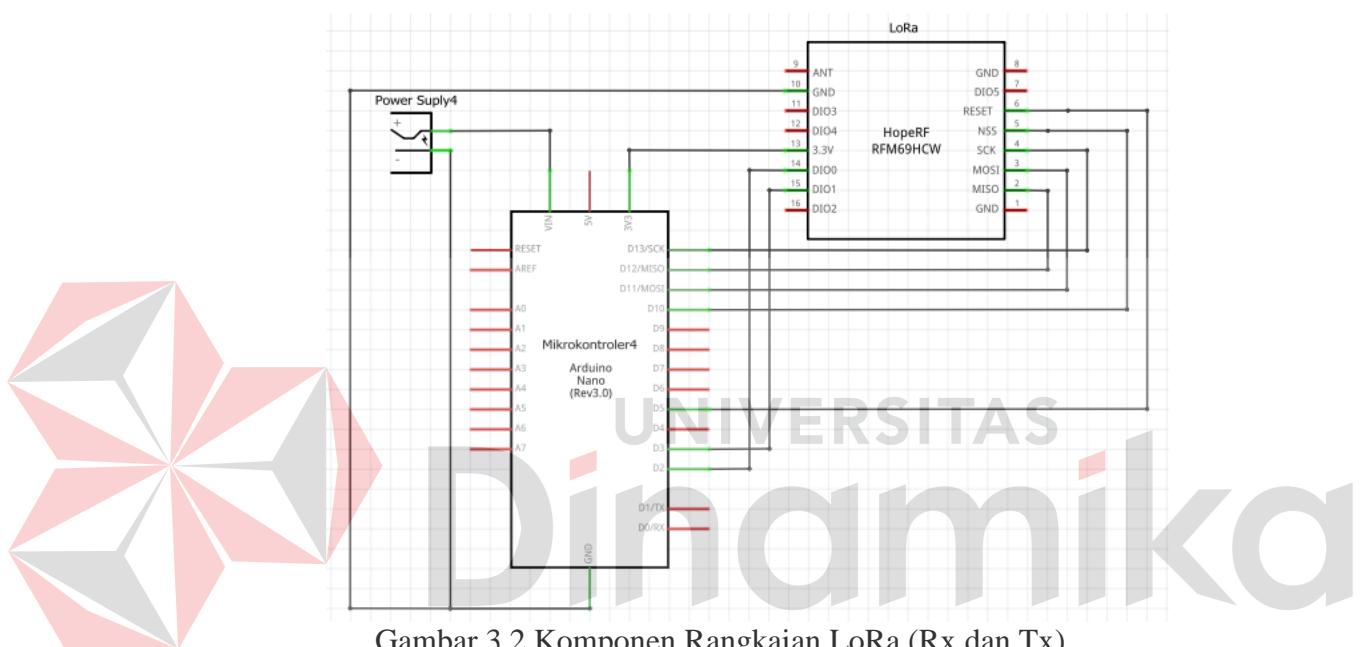
3.1.2 Receiver

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

3.2 Perancangan Perangkat Keras

Pada komponen *Transmitter* dan *Receiver* menggunakan *hardware* yang terdapat mikrokontroler Arduino Nano, modul LoRa, LED merah, dan LED Putih.

Pada Tugas Akhir ini modul LoRa yang akan 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. Hasil dari rangkaian LoRa (*Receiver* dan *Transmitter*) dapat dilihat pada Gambar 3.2.



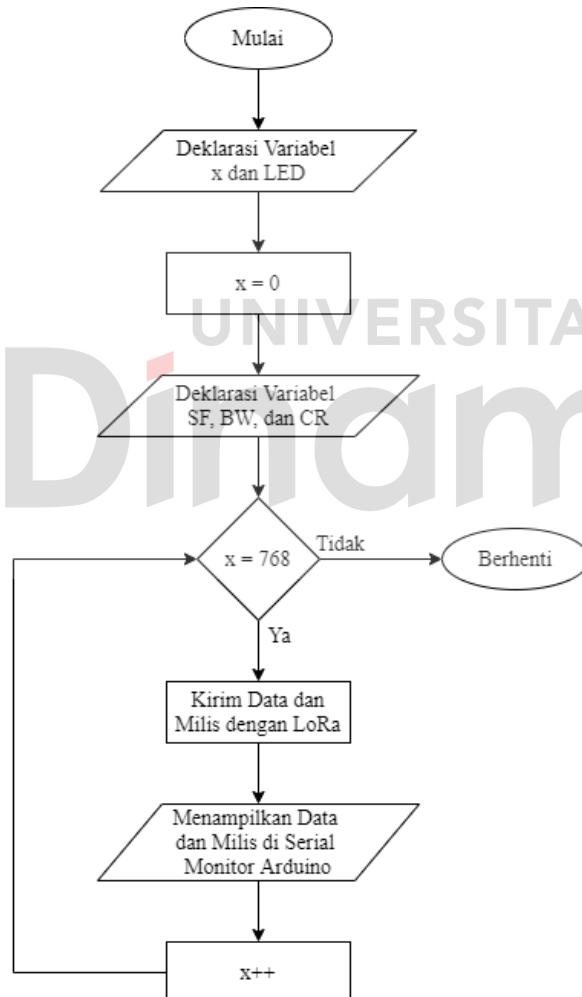
Gambar 3.3 Hasil Rangkaian LoRa (Rx dan Tx) dengan *Black Box*



Gambar 3.4 Tampak Dalam Rangkaian LoRa (Rx dan Tx) dengan *Black Box*

3.3 Perancangan Perangkat Lunak

3.4.1 Algoritma Penerapan Sistem Pada *Transmitter*

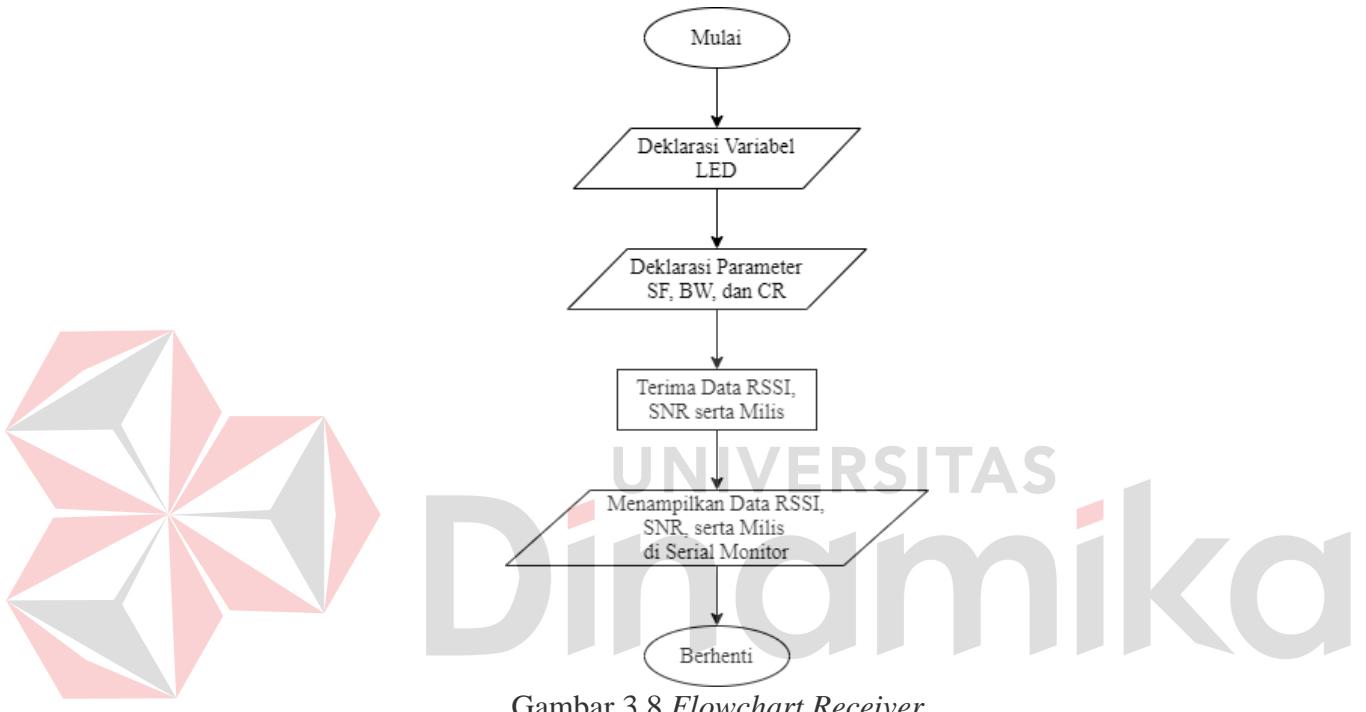


Gambar 3.7 Flowchart *Transmitter*

Pada Gambar 3.7 menjelaskan algoritma ini program *transmitter* berjalan melalui deklarasi variabel x dan LED, selanjutnya variabel x bernilai paket “0” berupa karakter, selanjutnya deklarasi variabel SF, BW, CR, selanjutnya melakukan

pengecekan kondisi nilai x sama dengan nilai paket “768”, setelah kirim data serta milis dengan LoRa yang akan menampilkan data tersebut melalui serial monitor Arduino, setelah itu variabel x akan di-update hingga mencapai paket “768”, jika variabel x sudah mencapai batas paket “768” maka program berhenti.

3.4.2 Algoritma Penerapan Sistem Pada Receiver



Gambar 3.8 Flowchart Receiver

Pada Gambar 3.8 menjelaskan algoritma ini program *receiver* berjalan melalui deklarasi variabel LED, kemudian melakukan deklarasi variabel parameter SF, BW dan CR, selanjutnya menampilkan data RSSI, SNR, dan Milis di serial monitor Arduino.

3.4 Analisa Parameter

3.4.1 Kondisi LoS (*Line of Sight*)

LoS adalah sebuah kondisi area yang berupa garis lurus antara pemancar sinyal dan penerima tanpa terhalang oleh sesuatu benda apapun.

- a) Perubahan SF (*Spreading Factor*)

Tabel 3.1 Pengaruh Perubahan Parameter SF

SF	RSSI	SNR	PDR	ToA
7				
8				
9				
10				
11				
12				

b) Perubahan CR (*Coding Rate*)

Tabel 3.2 Pengaruh Perubahan Parameter CR

CR	RSSI	SNR	PDR	ToA
4/5				
4/6				
4/7				
4/8				

c) Perubahan BW (*Bandwidth*)

Tabel 3.3 Pengaruh Perubahan Parameter BW

BW	RSSI	SNR	PDR	ToA
125 kHz				
250 kHz				
500 kHz				

3.4.2 Kondisi N-LoS (Non-Line of Sight)

N-LoS adalah sebuah kondisi area antara pemancar sinyal dan penerima yang terhalang oleh suatu benda apapun seperti (gunung, pohon, bekendara, dan lain – lain).

a) Perubahan SF (*Spreading Factor*)

Tabel 3.4 Pengaruh Perubahan Parameter SF

SF	RSSI	SNR	PDR	ToA
7				
8				
9				
10				
11				
12				

b) Perubahan CR (*Coding Rate*)

Tabel 3.5 Pengaruh Perubahan Parameter CR

CR	RSSI	SNR	PDR	ToA
4/5				
4/6				
4/7				
4/8				

c) Perubahan BW (*Bandwidth*)

Tabel 3.6 Pengaruh Perubahan Parameter BW

BW	RSSI	SNR	PDR	ToA
125 kHz				
250 kHz				
500 kHz				



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini terdapat hasil dari analisis pengujian dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Terdapat beberapa tahap yang dilakukan dalam pengujian pada Tugas Akhir ini. Diantaranya sebagai berikut:

4.1 Pengujian Area LoS (*Line of Sight*)

4.1.1 Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan komunikasi antara *Node Transmitter* dan *Node Receiver* dapat berjalan dengan baik tanpa terhalangan oleh benda apapun sehingga pengiriman data dapat diterima oleh *Receiver*.

4.1.2 Peralatan yang Digunakan

1. *Node Transmitter*
2. *Node Receiver*
3. Laptop

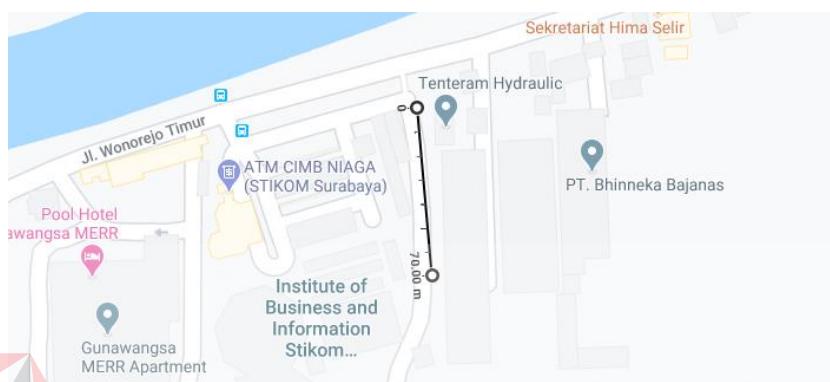


4.1.3 Cara Pengujian

1. Mengunggah program yang telah dibuat khusus untuk pengujian komunikasi dengan LoRa pada *Node Transmitter* dan *Node Receiver*
2. Melakukan pengukuran dengan jarak yang telah ditentukan
3. Mengamati data yang diterima pada pengiriman melalui serial monitor Arduino

4.1.4 Data Hasil Pengujian

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 akan dikirim.



Gambar 4.1 Denah Lokasi LoS Pengujian LoRa

Pada Gambar 4.2 menunjukkan posisi *Node Transmitter* yang berada di depan Gedung Serba Guna UNDIKA. Sedangkan pada Gambar 4.3 menunjukkan posisi *Node Receiver* yang berada di Gerbang Pintu Masuk Samping UNDIKA.



Gambar 4.2 *Node Transmitter* Di depan Gedung Serba Guna



Gambar 4.3 *Node Receiver* Di depan Pintu Masuk Gerbang Samping

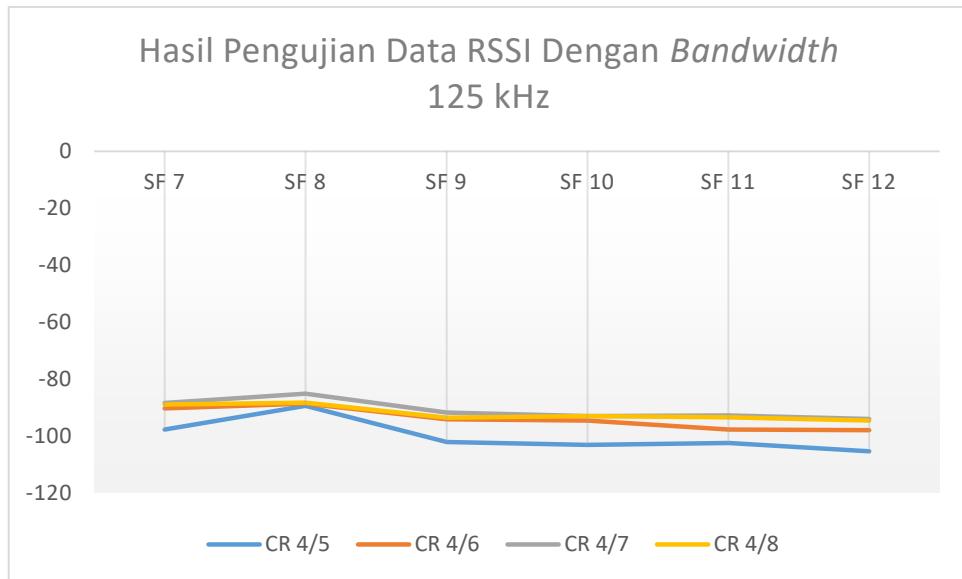
Table 4.1 Hasil Pengujian RSSI (dBm) Dari Gedung SG-Pintu Gerbang Samping

	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

Contoh perhitungan RSSI dari hasil pengukuran pada Tabel 4.1, dengan CR 4/5 dengan SF 7 adalah sebagai berikut:

$$RSSI \text{ (dBm)} = \frac{\text{Total Nilai RSSI yang dipenerima}}{\text{Jumlah Sampel RSSI yang dikirim}} \quad \dots(9)$$

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

Gambar 4.4 Grafik RSSI (dBm) LoS Dengan *Bandwidth* 125 kHz

Berdasarkan pada Gambar 4.4 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.

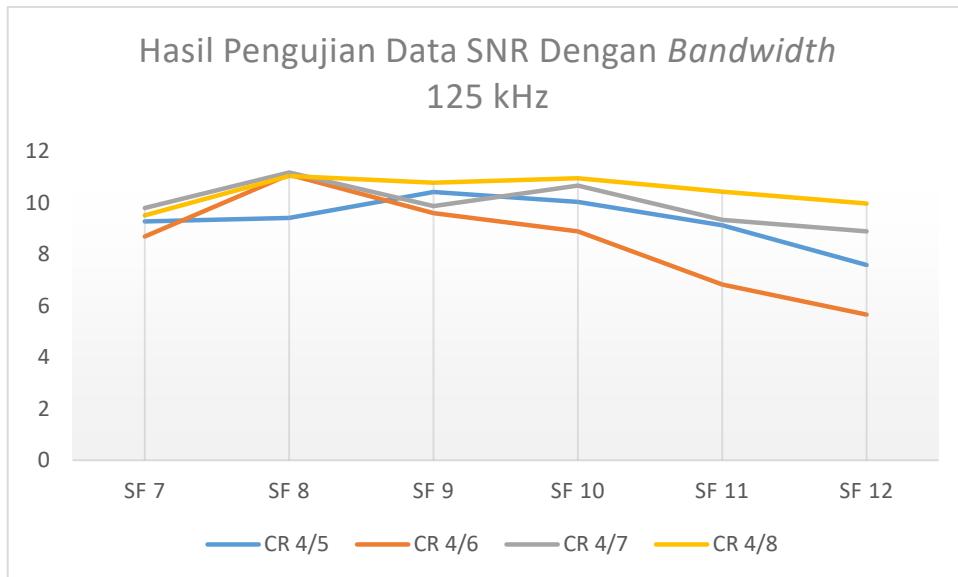
Table 4.2 Hasil Pengujian SNR (dB) Dari Gedung SG-Pintu Gerbang Samping

	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

Contoh perhitungan SNR dari hasil pengukuran pada Tabel 4.2, dengan CR 4/5 dengan SF 7 adalah sebagai berikut:

$$SNR (dB) = \frac{\text{Total Nilai SNR yang diterima}}{\text{Jumlah Sampel SNR yang Terkirim}} \quad \dots(10)$$

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



Gambar 4.5 Grafik SNR (dB) LoS Dengan *Bandwidth* 125 kHz

Berdasarkan pada Gambar 4.5 menunjukkan hasil pengujian SNR, dengan perubahan SF dan CR tidak terlalu signifikan.

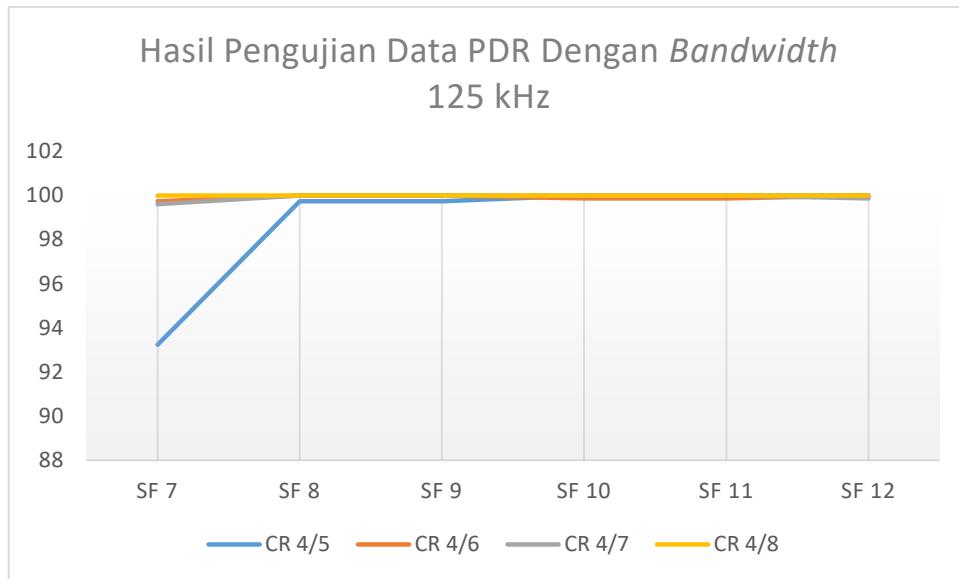
Table 4.3 Hasil Pengujian PDR (%) Dari Gedung SG-Pintu Gerbang Samping

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

$$PDR (\%) = (paket\ terima \div paket\ kirim) * 100 \% \quad \dots(11)$$

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

Gambar 4.6 Grafik PDR (%) LoS Dengan *Bandwidth* 125 kHz

Berdasarkan pada Gambar 4.6 menunjukkan hasil pengujian PDR, dimana pengambilan data adalah keberhasilan paket yang diterima, jadi nilai yang didapatkan tergantung kondisi lingkungan LoS.

Table 4.4 Hasil Pengujian ToA (ms) Dari Gedung SG-Pintu Gerbang Samping

	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

Pada Tabel 4.4 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:

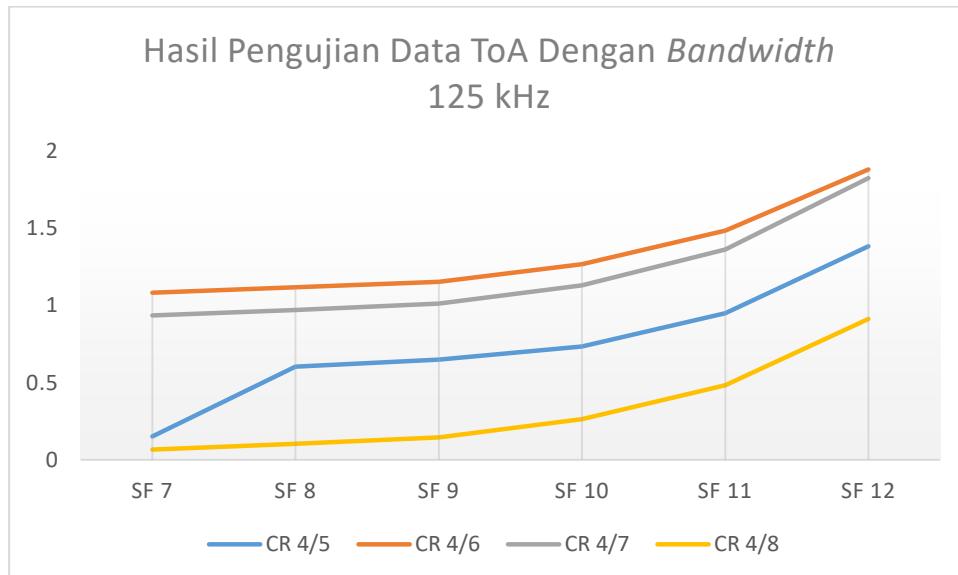
$$\text{Time on Air (ms)} = \text{waktu terima} - \text{waktu kirim} \quad \dots(12)$$

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

Sedangkan rumus rata-rata ToA ini adalah:

$$\text{Rata - Rata ToA (Sec)} = \frac{\text{Total Nilai ToA yang diterima}}{\text{Jumlah Sampel ToA yang Terkirim}} \quad \dots(13)$$

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



Gambar 4.7 Grafik ToA (ms) LoS Dengan *Bandwidth* 125 kHz

Berdasarkan pada Gambar 4.7 menunjukkan hasil pengujian ToA, dimana hasil pengujian menunjukkan semakin besar nilai SF semakin lama durasi pengiriman datanya atau *Time on Air*.

4.1.5 Analisa Data Pengujian

Hasil pada pengujian area LoS (*Line of Sight*) yang dilakukan menunjukkan perubahan terhadap parameter SF, SNR, PDR, ToA setiap parameter CR 4/5, 4/6, 4/7, 4/8 dengan *bandwith* 125 kHz semakin kecil nilai parameter SF maka semakin waktu pengiriman makin lambat, sedangkan parameter SF besar pengiriman paket yang didapatkan cepat, tapi paket yang diterima banyak yang hilang.

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

4.2.1 Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan komunikasi antara *Node Transmitter* dan *Node Receiver* dapat berjalan dengan baik yang terhalang oleh penghalang seperti pohon, gedung, dan batu.

4.2.2 Peralatan yang Digunakan

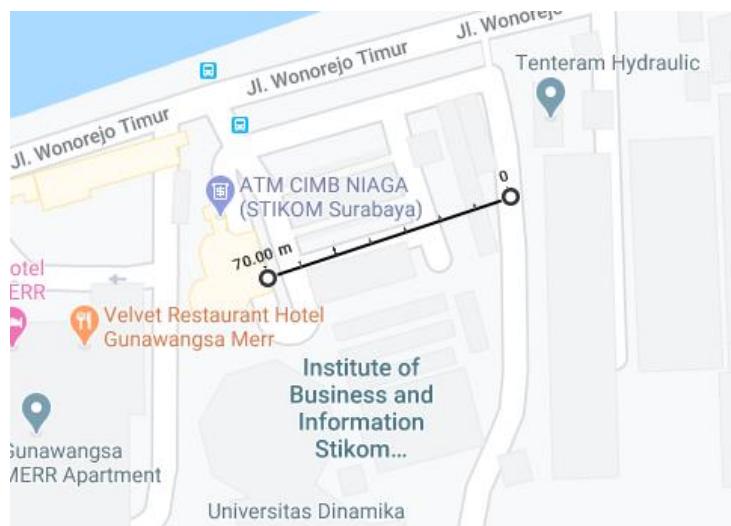
1. *Node Transmitter*
2. *Node Receiver*
3. Laptop

4.2.3 Cara Pengujian

1. Mengunggah program yang telah dibuat khusus untuk pengujian komunikasi dengan LoRa pada *Node Transmitter* dan *Node Receiver*
2. Melakukan pengujian dengan jarak yang telah ditentukan
3. Mengamati data yang diterima pada pengiriman melalui serial monitor Arduino

4.2.4 Data Hasil Pengujian

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 akan dikirim.



Gambar 4.8 Denah Lokasi N-LoS Pengujian LoRa

Pada Gambar 4.9 menunjukkan posisi *Node Transmitter* yang berada di Parkiran Sepeda Motor UNDIKA. Sedangkan pada Gambar 4.10 menunjukkan posisi *Node Receiver* yang berada di Kantin Atas UNDIKA pada pengujian ini.



Gambar 4.9 *Node Transmitter* Pada di Parkiran Sepeda Motor

Gambar 4.10 *Node Receiver* di Kantin Atas

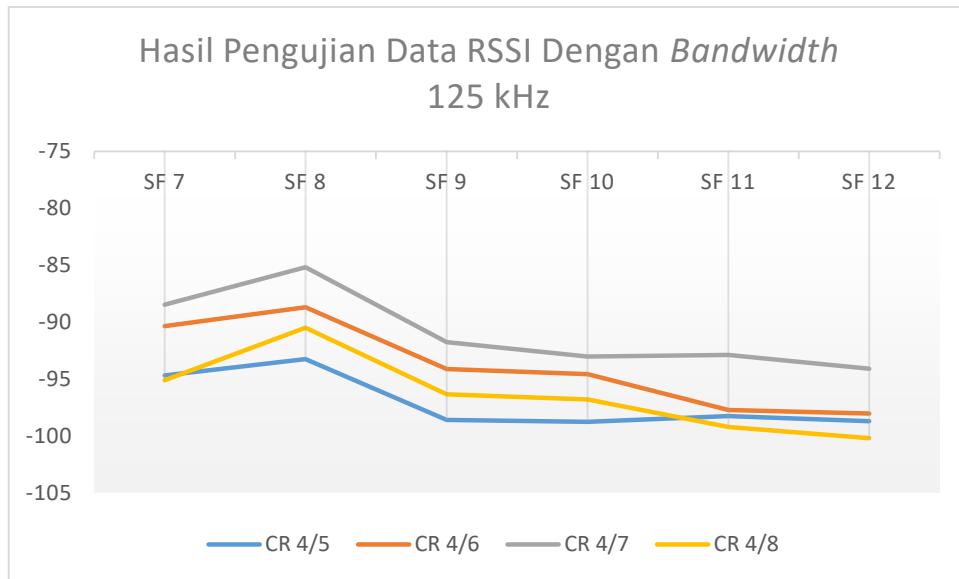
Table 4.5 Hasil Pengujian RSSI (dBm) Dari Parkir Sepeda Motor-Kantin Atas

	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 4.5 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:

$$RSSI \text{ (dBm)} = \frac{\text{Total Nilai RSSI yang dipenerima}}{\text{Jumlah Sampel RSSI yang dikirim}} \quad \dots(14)$$

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



Gambar 4.11 Grafik RSSI (dBm) N-LoS Dengan *Bandwidth* 125 kHz

Berdasarkan pada Gambar 4.11 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.

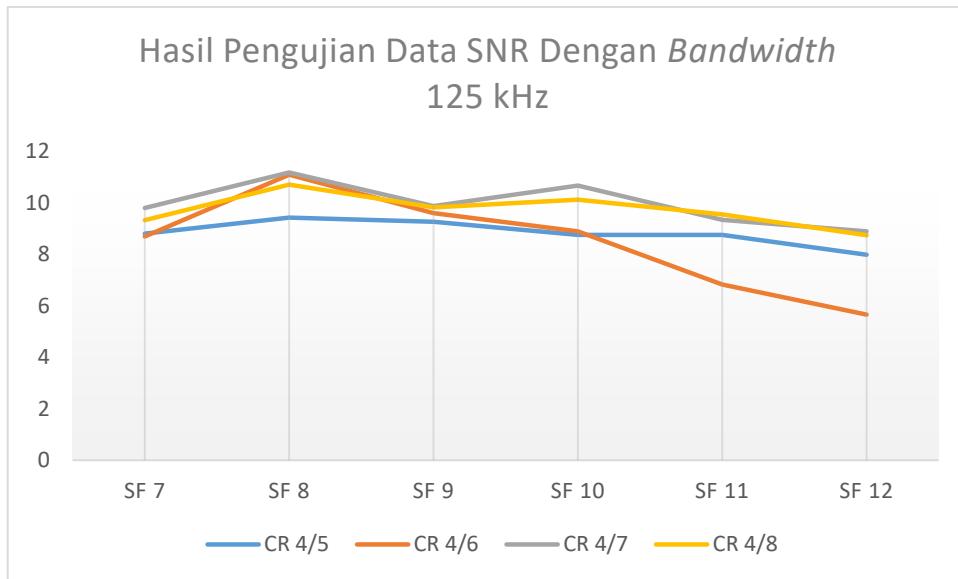
Table 4.6 Hasil Pengujian SNR (dB) Dari Parkir Sepeda Motor-Kantin Atas

	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

Tabel 4.6 menunjukan 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:

$$SNR \text{ (dB)} = \frac{\text{Total Nilai SNR yang diterima}}{\text{jumlah Sampel SNR yang Terkirim}} \quad \dots(15)$$

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



Gambar 4.12 Grafik SNR (dB) N-LoS Dengan *Bandwidth* 125 kHz

Berdasarkan pada Gambar 4.12 menunjukkan hasil pengujian SNR terbaik dengan hasil 11.18 pada SF 8 dengan CR 4/7.

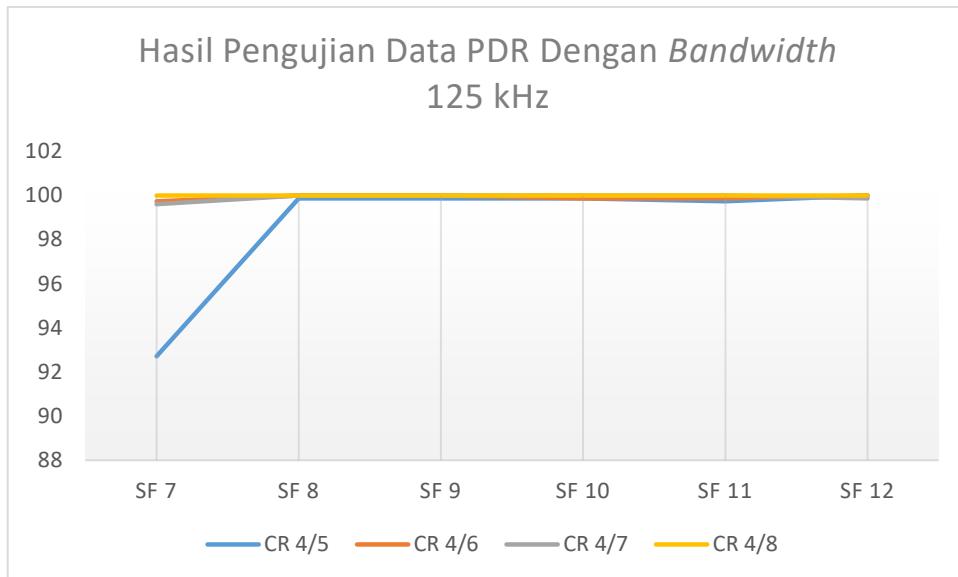
Table 4.7 Hasil Pengujian PDR (%) Dari Parkir Sepeda Motor-Kantin Atas

	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

Tabel 4.7 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 PDR pada pengujian ini adalah sebagai berikut:

$$PDR (\%) = (paket\ terima \div paket\ kirim) * 100 \% \quad \dots(16)$$

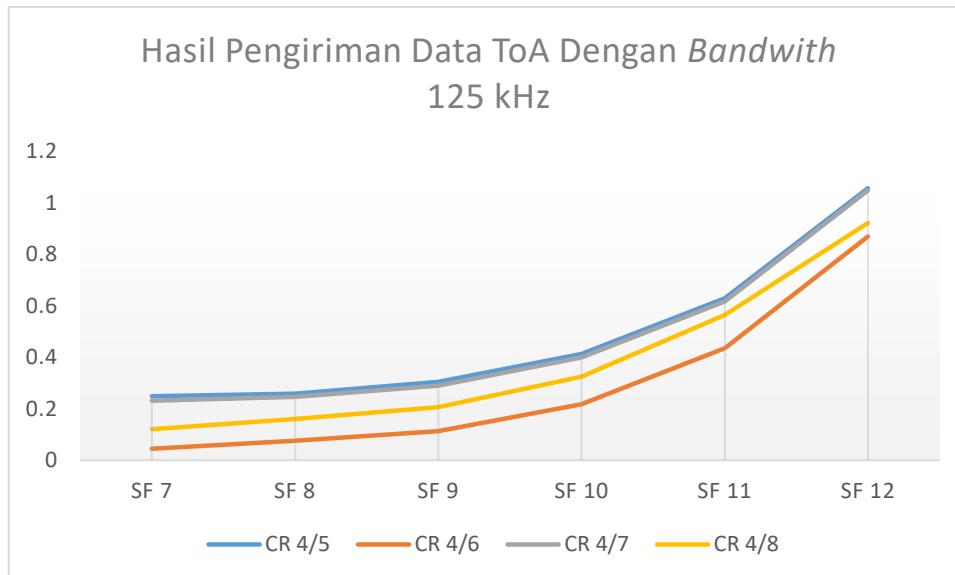
$$PDR (\%) = (712 \div 768) * 100 = 92.71 \%$$

Gambar 4.13 Grafik PDR (%) N-LoS Dengan *Bandwidth* 125 kHz

Berdasarkan pada Gambar 4.13 menunjukkan hasil pengujian PDR dengan hasil 100 pada setiap CR 4/8 dengan SF 7 sampai 12.

Table 4.8 Hasil Pengujian ToA (ms) Dari Parkir Sepeda Motor-Kantin Atas

	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 4.14 Grafik ToA (ms) N-LoS Dengan Bandwidth 125 kHz

Berdasarkan pada Gambar 4.14 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:

$$\text{Time on Air (ms)} = \text{waktu terima} - \text{waktu kirim} \quad \dots(17)$$

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

Sedangkan rumus rata-rata ToA ini adalah:

$$\text{Rata - Rata ToA (Sec)} = \frac{\text{Total Nilai ToA yang diterima}}{\text{Jumlah Sampel ToA yang Terkirim}} \quad \dots(18)$$

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

4.2.5 Analisa Data Pengujian

Hasil pada pengujian area N-LoS (Non-Line of Sight) yang dilakukan menunjukkan perubahan terhadap parameter SF, SNR, PDR, ToA setiap CR 4/5, 4/6, 4/7, 4/8 dengan *bandwith* 125 kHz, semakin kecil nilai parameter SF maka mempengaruhi pengiriman semakin cepat, sedangkan semakin besar nilai parameter SF maka mempengaruhi kecepatan pengirimannya semakin melambat, tapi hasil pengiriman paket ada yang hilang.

4.3 Pengujian Area PLE (*Path Loss Exponent*)

4.3.1 Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk menghitung nilai PLE yang didapat dari pengukuran RSSI terhadap jarak antara *Node Transmitter* dan *Node Receiver*, yang digunakan untuk karakteristik lingkungan *outdoor* disekitar UNDIKA. Pengujian dilakukan dengan jarak 10 meter dari keseluruhan luasan area 70 meter.

4.3.2 Peralatan yang Digunakan

1. *Node Transmitter*
2. *Node Receiver*
3. Laptop

4.3.3 Cara Pengujian

1. Mengunggah program yang telah dibuat khusus untuk pengujian komunikasi dengan LoRa pada *Node Transmitter* dan *Node Receiver*
2. Melakukan pengujian dengan jarak yang telah ditentukan
3. Mengamati data yang diterima pada pengiriman melalui serial monitor Arduino

4.3.4 Data Hasil Pengujian

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

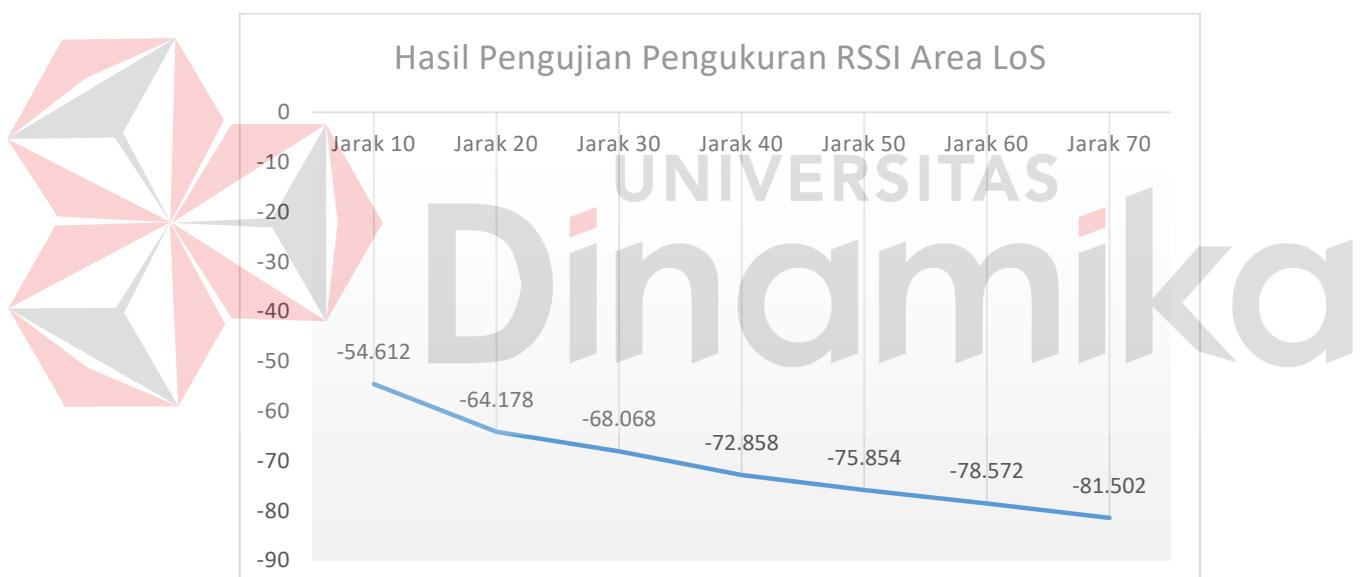
Table 4.9 Hasil Pengujian Pengukuran RSSI Area LoS

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 4.9 menunjukkan CR 4/7 dengan SF 8 data awal dari total 768 data pada jarak 70 m yang akan 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:

$$RSSI (dBm) = \frac{\text{Total Nilai RSSI yang dipenerima}}{\text{Jumlah Sampel RSSI yang dikirim}} \quad \dots(19)$$

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

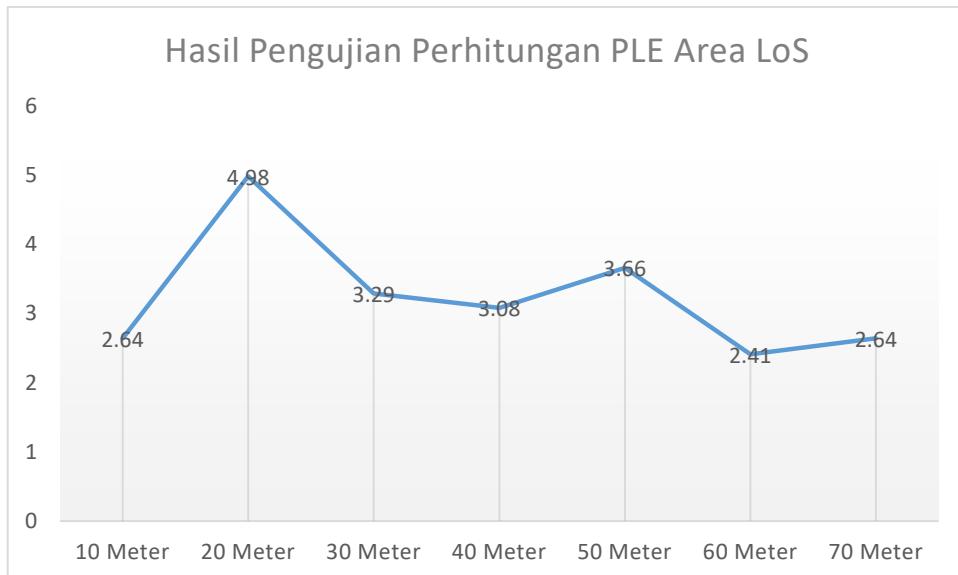


Gambar 4.15 Grafik Jarak Area LoS

Berdasarkan pada Gambar 4.15 menunjukkan hasil pengukuran rata-rata RSSI area LoS di lingkungan *outdoor*, dimana semakin jarak jauh nilai RSSI yang didapatkan semakin rendah.

Table 4.10 Hasil 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 4.16 Grafik PLE Diarea LoS

Berdasarkan pada Gambar 4.16 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:

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

Pada 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.

Table 4.11 Hasil Pengujian Pengukuran RSSI Area N-LoS

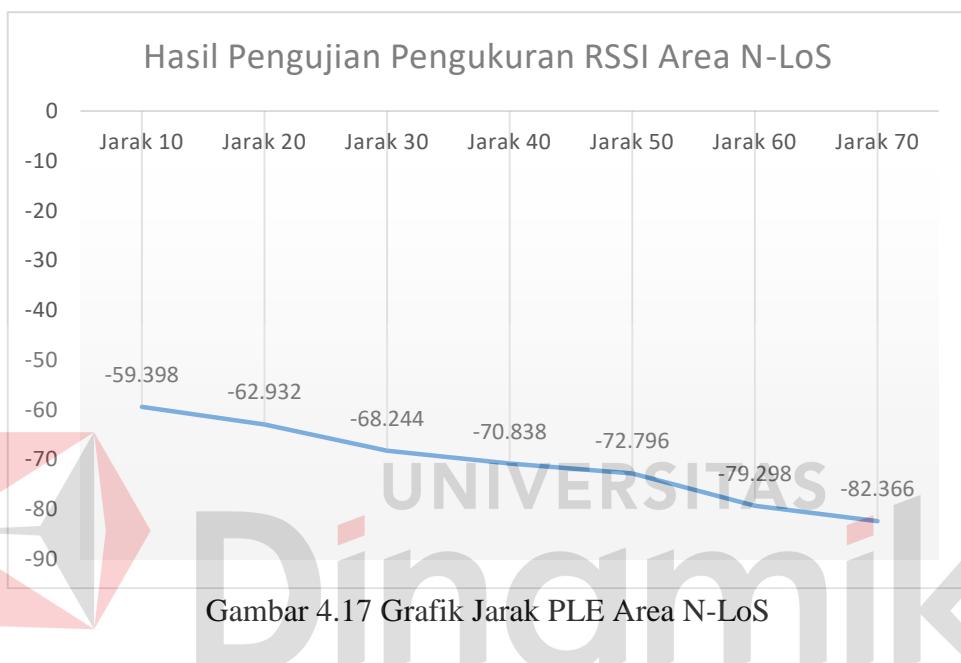
RSSI (dBm)	Jarak 10	Jarak 20	Jarak 30	Jarak 40	Jarak 50	Jarak 60	Jarak 70
	-59.398	-62.932	-68.244	-70.838	-72.796	-79.298	-82.366

Pada Tabel 4.11 menunjukkan CR 4/6 dengan SF 8 data awal dari total 768 data pada jarak 70 m yang akan 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:

$$RSSI (dBm) = \frac{\text{Total Nilai RSSI yang dipenerima}}{\text{Jumlah Sampel RSSI yang dikirim}} \quad \dots(20)$$

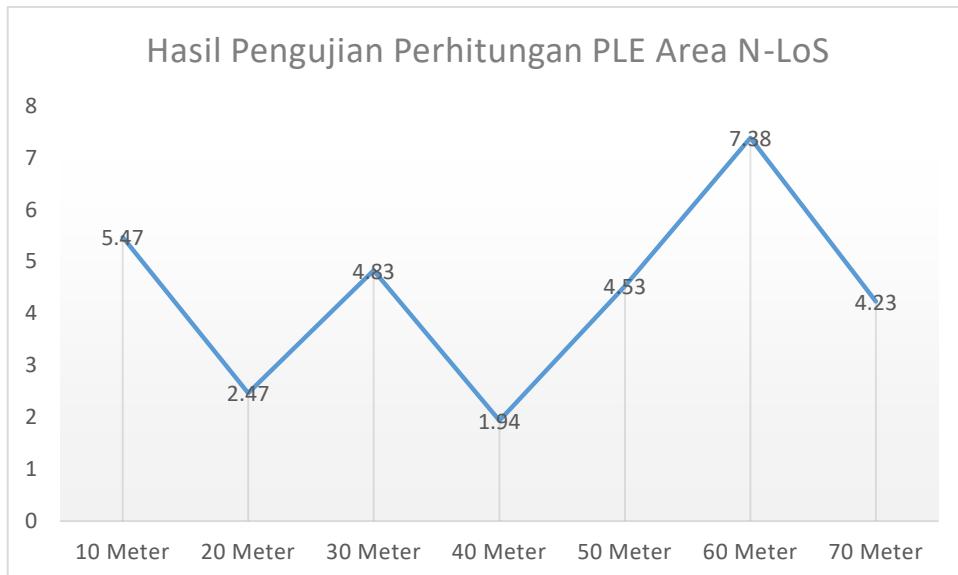
$$\begin{aligned} RSSI (dBm) &= \frac{-61.53 + -59.55 + -58.47 + -58.78 + -58.66}{5} \\ &= -59.398 \text{ dBm} \end{aligned}$$



Berdasarkan pada Gambar 4.17 menunjukkan hasil area N-LoS pengukuran rata-rata RSSI di lingkungan *outdoor* dari setiap jarak yang telah ditentukan.

Table 4.12 Hasil Pengujian Perhitungan PLE Diarea N-LoS

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



Gambar 4.18 Grafik Jarak PLE Diarea N-LoS

Berdasarkan pada Gambar 4.18 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:

$$\begin{aligned}
 n &= 10 \\
 &= \frac{-58.66 - (-59.398)}{10 \log 10} \\
 &= 10^{0.738} \\
 &= 5.47
 \end{aligned}$$

4.3.5 Analisa Data Pengujian

Berdasarkan data Hasil Pengujian area LoS (*Line of Sight*) dan N-LoS (*Non-Line of Sight*) yang dilakukan menunjukkan perubahan terhadap RSSI dimana setiap pengambilan data dilakukan 5 kali setiap jarak akan diberi selisih 10 meter, maka pengambilan data yaitu nilai data terbaik dari setiap jarak yang akan nanti diperhitungkan dengan rumus PLE. Berdasarkan pengujian dan perhitungan nilai rata-rata PLE untuk kondisi LoS 3.24 sedangkan untuk N-LoS didapatkan 4.41. Hasil ini termasuk kategori lingkungan *Shadowed Urban Area* pada ketentuan Rapaport.

4.4 Analisis Hasil Perhitungan Perubahan Parameter LoRa

4.4.1 Tujuan

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui parameter Ts (Durasi *Symbol*), Rs (*Symbol Rate*), Rb (*Bit Rate*) yang dapat mempengaruhi performa LoRa.

4.4.2 Data Hasil Perhitungan

Table 4.13 Hasil Perhitungan CR 4/5 dengan *Bandwidth* 125 kHz

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

Table 4.14 Hasil Perhitungan CR 4/6 dengan *Bandwidth* 125 kHz

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

Table 4.15 Hasil Perhitungan CR 4/7 dengan *Bandwidth* 125 kHz

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

Table 4.16 Hasil Perhitungan CR 4/8 dengan *Bandwidth* 125 kHz

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

4.4.3 Analisis Data Perhitungan

Berdasarkan data Hasil Perhitungan yang dilakukan menunjukan perubahan terhadap parameter SF setiap CR 4/5, 4/6, 4/7, 4/8 dengan *bandwith* 125 kHz, semakin kecil SF maka durasi *symbol* Ts yang didapatkan semakin kecil sehingga secara tidak langsung durasi pengiriman data atau ToA semakin kecil, semakin kecil SF maka *Symbol Rate* Rs yang didapatkan semakin besar, sedangkan semakin kecil SF maka *Bit Rate* Rb yang didapatkan semakin besar. Semakin kecil CR maka semakin kecil nilai *Bit Rate* yang didapatkan. Dengan mengetahui perhitungan parameter tersebut, dapat dijadikan konfigurasi untuk setting pengukuran menggunakan LoRa.



BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

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

1. 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.
2. 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.
3. 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*).

5.2 Saran

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

1. Meningkatkan kualitas spesifikasi antena yang bisa 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*.
- Djukarna. (2015, Januari 19). *Arduino Nano*. Diambil kembali dari Arduino Ku: <https://djukarna4arduino.wordpress.com/2015/01/19/arduino-nano/>
- Josef. (2018, Agustus 6). *Josef Matondang*. Diambil kembali dari Spreading Factor, Bandwidth, Coding Rate and Bit Rate in LoRa: <https://josefmtd.com/2018/08/06/spreading-factor-bandwidth-coding-rate-and-bit-rate-in-lora/>
- Kominfo. (2019). *PERDIRJEN SDPPI No. 3 Tahun 2019 Tentang LPWA* .
- Moch Nafi, R. K. (2017). *Pembuatan Modul Komunikasi Pada Multi-Display Yang Dikontrol Secara Terpusat Menggunakan Wireless*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Niko. (2015, Mei 15). *5 Faktor yang Dapat Menentukan Kuat Lemahnya Sinyal Wireless*. Diambil kembali dari pintarkomputer.com: <http://www.pintarkomputer.com/5-faktor-yang-dapat-menentukan-kuat-lemahnya-sinyal-wireless-wi-fi/>
- 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.
- Rappaport. (2002). Principles and Practice. Dalam *Wireless communications*. New Jersey: Prentice Hall.
- Septianto, A. (2016, April 26). *Mikrokontroler*. Diambil kembali dari Arip_septianto: <https://aripseptianto.wordpress.com/2016/04/26/mikrokontroler/>
- Zahra, V. (2018, November 11). *Apa Itu Point to Point Protokol*. Diambil kembali dari Semoga Membantu: <https://zahraynmocca.blogspot.com/2018/11/apa-itu-point-to-point-protokol.html>