



# **Analisis Parameter LoRa pada Sistem *Monitoring* Penggunaan Mesin Las**

## **Tugas Akhir**

Oleh:  
**Ananta Boyke Kusuma (4212001031)**

**Program Studi Mekatronika  
Jurusan Teknik Elektro  
Politeknik Negeri Batam  
2023**

## Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul: “Analisis Parameter LoRa pada Sistem *Monitoring* Penggunaan Mesin Las” adalah **hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.** Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 1 April 2024



---

Ananta Boyke Kusuma  
NIM: 4212001031

# Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Terapan Teknik (S. Tr. T)  
di  
Politeknik Negeri Batam

Oleh:  
Ananta Boyke Kusuma (4212001031)

Tanggal Sidang: 8 Mei 2024

Disetujui oleh:



1. Adlian Jefiza S.Pd., M.T.  
NIK: 119220



1. Indra Hardian Mulyadi, S.T., M.Eng.,  
Ph.D  
NIK: 117179



2. Diono, S.Tr. T., M.Sc  
NIK: 120243

# Analisis Parameter LoRa pada Sistem *Monitoring* Penggunaan Mesin Las

## Abstrak

Kegiatan *monitoring* pengerjaan mesin las yang masih diterapkan hingga saat ini umumnya masih konvensional yang menggunakan media kertas sebagai pencatatan pemakaian dan pemantauan langsung ke lapangan untuk *monitoring* pengerjaan pengelasan yang mana hal tersebut kurang efektif dalam segi waktu dan energi. Tidak banyak juga perusahaan yang menyediakan akses internet untuk area pengelasan mengingat umumnya jarak area perkantoran dan area pengelasan terpisah cukup jauh. Dikarenakan hal tersebut, industri membutuhkan suatu sistem yang lebih modern dan memiliki sistem komunikasi yang efektif untuk memantau dan melakukan pencatatan dari pemakaian mesin las yang andal walaupun tanpa koneksi internet. Tugas akhir ini dirancang berdasarkan permasalahan tersebut dengan memanfaatkan sistem teknologi IoT (*Internet of Things*) tanpa internet yang sedang maraknya digunakan pada akhir-akhir ini yaitu LoRa. Untuk menerapkan sistem komunikasi LoRa, tentunya ada beberapa parameter yang perlu dilakukan pengujian untuk meningkatkan keandalan komunikasi LoRa seperti frekuensi, *spreading factor*, *bandwidth*, dan *coding rate*. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada Non LoS area dengan jarak 0-190 meter dan dengan mengacu kepada nilai RSSI dan *packet Loss* hasil pengujian parameter, nilai parameter yang baik didapatkan pada frekuensi 868 MHz, *spreading factor* 9, *bandwidth* 125, dan *coding rate* 4/5. Sistem dapat bekerja dengan baik digunakan untuk keperluan *monitoring* penggunaan mesin las.

Kata kunci: *Monitoring*, LoRa, IoT, mesin las.

# **Analyzing LoRa Parameters for Welding Machine Usage Monitoring System**

## **Abstract**

*Welding machine monitoring activities that are still applied today are generally conventional, using paper media as a record of usage and direct monitoring to the field to monitor welding work, which is less effective in terms of time and energy. Not many companies also provide internet access for the welding area considering that generally the distance between the office area and the welding area is quite far apart. Because of this, the industry needs a more modern system that has an effective communication system to monitor and record the use of welding machines that are reliable even without an internet connection. This final project is designed based on these problems by utilizing the IoT (Internet of Things) technology system without the internet that is being widely used lately, namely LoRa. To implement the LoRa communication system, of course there are several parameters that need to be tested to improve the reliability of LoRa communication such as frequency, spreading factor, bandwidth, and coding rate. Based on the test results conducted in the Non LoS area with a distance of 0-190 meters and by referring to the RSSI and packet loss values of the parameter test results, a good parameter value is obtained at a frequency of 868 MHz, spreading factor 9, bandwidth 125, and coding rate 4/5. The system can work well for monitoring the use of welding machines.*

*Keywords: Monitoring, LoRa, IoT, welding machine.*

## Kata Pengantar

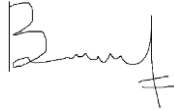
Segala puji bagi Allah SWT., Tuhan yang Maha Esa, karena atas segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dan laporan akhir yang berjudul “Analisis Parameter LoRa pada Sistem *Monitoring* Penggunaan Mesin Las”. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik pada Jurusan Elektro, Program Studi Teknik Mekatronika, Politeknik Negeri Batam.

Pada hal ini, penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas berkat bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Maka dari itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar - besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya.
2. Kedua orang tua dan keluarga penulis yang selalu memberikan doa, nasihat, serta motivasi kepada penulis.
3. Bapak Uuf Brajawidagda, S.T., M.T., Ph.D selaku Direktur Politeknik Negeri Batam.
4. Bapak Dr. Budi Sugandi, S.T., M.Eng selaku Ketua Jurusan Elektro Politeknik Negeri Batam.
5. Bapak Indra Hardian Mulyadi, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Program Studi D-IV Teknik Mekatronika, dan selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa meluangkan waktu untuk memberi bimbingan, arahan, dan motivasi kepada penulis.
6. Bapak Sumantri Kurniawan Risandriya, S.T, M.T. selaku Dosen Wali penulis.
7. Bapak Adlian Jefiza, S.Pd., M.T. selaku Dosen Penguji I penulis yang telah memberikan pertanyaan, masukan, dan saran dalam penulisan tugas akhir ini.
8. Bapak Diono, S.Tr. T., M.Sc selaku Dosen Penguji II penulis yang telah memberikan pertanyaan, masukan, dan saran dalam penulisan tugas akhir ini.
9. Seluruh staff pengajar, laboran dan tata usaha jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Batam.
10. Seluruh rekan - rekan seperjuangan Teknik Mekatronika angkatan 2020.
11. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis dengan sangat menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini tentunya masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat menerima kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membaca.

Batam, 1 April 2024

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ananta Boyke Kusuma', with a stylized flourish at the end.

Ananta Boyke Kusuma

# Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir .....	i
Lembar Pengesahan .....	ii
Abstrak .....	iii
<i>Abstract</i> .....	iv
Kata Pengantar .....	v
Daftar Isi .....	vii
Daftar Gambar .....	x
Daftar Tabel .....	xi
Bab 1. Pendahuluan .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan .....	3
1.4. Manfaat .....	3
1.5. Batasan .....	3
Bab 2. Tinjauan Pustaka .....	4
2.1 IoT .....	5
2.2 LoRa .....	5
2.4 Parameter LoRa .....	6
2.4.1 Frekuensi .....	6
2.4.2 <i>Spreading Factor</i> .....	7
2.4.3 <i>Bandwidth</i> .....	7
2.4.4 <i>Coding Rate</i> .....	8
2.5 RSSI .....	8
2.6 <i>Packet Loss</i> .....	9
2.5 Heltec WiFi LoRa 32 V2 .....	10
Bab 3. Metodologi Penelitian .....	11
3.1 Studi Literatur .....	12

3.2 Perancangan Sistem .....	12
3.2.1 Perancangan Elektrikal .....	13
3.2.2 Perancangan <i>Software</i> .....	14
3.2.2.1 <i>Flowchart</i> Perangkat Pengirim.....	14
3.2.2.2 <i>Flowchart</i> Perangkat Penerima .....	16
3.2.3 Besaran Data .....	16
3.3 Alat dan Bahan .....	17
3.4 Pengujian.....	20
3.4.1 Pengujian Frekuensi .....	21
3.4.2 Pengujian <i>Spreading Factor</i> .....	21
3.4.3 Pengujian <i>Bandwidth</i> .....	21
3.4.4 Pengujian <i>Coding Rate</i> .....	21
Bab 4. Hasil dan Pembahasan .....	22
4.1 Hasil Pengujian Frekuensi.....	22
4.1.1 Frekuensi 433 MHz .....	22
4.1.2 Frekuensi 868 MHz .....	24
4.1.3 Perbandingan Frekuensi .....	25
4.2 Pengujian <i>Spreading Factor</i> .....	27
4.2.1 <i>Spreading Factor 7</i> .....	28
4.2.2 <i>Spreading Factor 8</i> .....	29
4.2.3 <i>Spreading Factor 9</i> .....	30
4.2.4 <i>Spreading Factor 10</i> .....	31
4.2.5 <i>Spreading Factor 11</i> .....	32
4.2.6 <i>Spreading Factor 12</i> .....	34
4.2.7 Perbandingan <i>Spreading Factor</i> .....	35
4.3 Pengujian <i>Bandwidth</i> .....	37
4.3.1 <i>Bandwidth 125</i> .....	38
4.3.2 <i>Bandwidth 250</i> .....	39
4.3.3 <i>Bandwidth 500</i> .....	40

4.3.4 Perbandingan <i>Bandwidth</i> .....	41
4.4 Pengujian <i>Coding Rate</i> .....	43
4.4.1 <i>Coding Rate</i> 4/5.....	44
4.4.2 <i>Coding Rate</i> 4/6 .....	45
4.4.3 <i>Coding Rate</i> 4/7.....	46
4.4.4 Perbandingan <i>Coding Rate</i> .....	47
4.5 Pengujian pada LoS Area .....	50
4.6 Penerapan Hasil Pengujian .....	52
Bab 5. Kesimpulan dan Saran .....	53
5.1 Kesimpulan .....	53
5.2 Saran.....	53
Daftar Pustaka .....	54
Biodata .....	56
Lampiran .....	57
A. Dokumentasi Alat.....	57
B. Dokumentasi Video.....	57

## Daftar Gambar

Gambar 1. LoRa Range vs Bandwidth [4] .....	2
Gambar 2. LoRa vs LoRaWAN [12] .....	5
Gambar 3. LoRa Chirp Spread Spectrum Modulation [14] .....	7
Gambar 4. Ilustrasi Coding Rate [16].....	8
Gambar 5. Heltec WiFi LoRa 32 V2 [20] .....	10
Gambar 6. <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian .....	11
Gambar 7. <i>Block Diagram System</i> .....	12
Gambar 8. <i>Wiring Diagram System</i> .....	13
Gambar 9. <i>Flowchart System Software</i> Perangkat Pengirim .....	14
Gambar 10. <i>Flowchart System Software</i> Perangkat Penerima.....	16
Gambar 11. Metode Pengujian .....	20
Gambar 12. Area Pengujian non LoS Area.....	22
Gambar 13. Grafik Perbandingan Hasil Frekuensi .....	25
Gambar 14. Grafik Perbandingan Hasil <i>Spreading Factor</i> .....	36
Gambar 15. Grafik Perbandingan Hasil <i>Bandwidth</i> .....	42
Gambar 16. Grafik Perbandingan Hasil <i>Coding Rate</i> .....	48
Gambar 17. Area pengujian LoS Area.....	50
Gambar 18. Penerapan Hasil Pengujian .....	52
Gambar 19. Dokumentasi Alat .....	57

## Daftar Tabel

Tabel 1. Tabel Standar Kategori <i>Packet Loss</i> oleh ETSI [18] .....	9
Tabel 2. Estimasi biaya .....	17
Tabel 3. Hasil Pengujian Frekuensi 433 MHz .....	22
Tabel 4. Hasil Pengujian Frekuensi 868 MHz .....	24
Tabel 5. Perbandingan Hasil Frekuensi .....	25
Tabel 6. Hasil Pengujian <i>Spreading Factor</i> 7 .....	28
Tabel 7. Hasil Pengujian <i>Spreading Factor</i> 8 .....	29
Tabel 8. Hasil Pengujian <i>Spreading Factor</i> 9 .....	30
Tabel 9. Hasil Pengujian <i>Spreading Factor</i> 10 .....	31
Tabel 10. Hasil Pengujian <i>Spreading Factor</i> 11 .....	32
Tabel 11. Hasil Pengujian <i>Spreading Factor</i> 12 .....	34
Tabel 12. Perbandingan Hasil <i>Spreading Factor</i> .....	35
Tabel 13. Hasil Pengujian <i>Bandwidth</i> 125 .....	38
Tabel 14. Hasil Pengujian <i>Bandwidth</i> 250 .....	39
Tabel 15. Hasil Pengujian <i>Bandwidth</i> 500 .....	40
Tabel 16. Perbandingan Hasil <i>Bandwidth</i> .....	41
Tabel 17. Hasil Pengujian <i>Coding Rate</i> 4/5 .....	44
Tabel 18. Hasil Pengujian <i>Coding Rate</i> 4/6 .....	45
Tabel 19. Hasil Pengujian <i>Coding Rate</i> 4/7 .....	46
Tabel 20. Perbandingan Hasil <i>Coding Rate</i> .....	47
Tabel 21. Hasil Pengujian pada LoS Area .....	51

# Bab 1. Pendahuluan

## 1.1. Latar Belakang

Seperti yang diketahui ada banyak pekerjaan industri infrastruktur dan manufaktur di Indonesia, salah satunya adalah pengelasan. Pengelasan adalah proses menggabungkan antara dua bahan logam menjadi satu kesatuan dengan cara membakar dan melelehkan ujung kedua logam secara bersamaan pada arus listrik yang tinggi [1]. Pengelasan umumnya dilakukan oleh satu orang operator pada setiap mesin las sehingga membutuhkan banyak mesin las dan operatornya agar target pekerjaan industri dapat tercapai dengan baik.

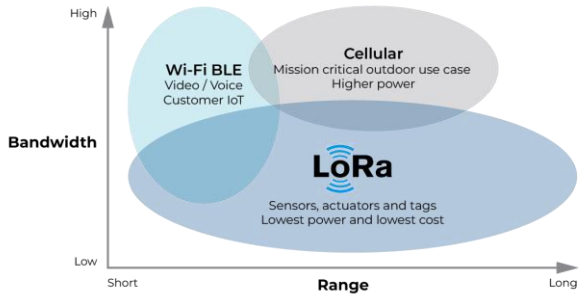
Dikarenakan kebutuhan tersebut, tentu pihak industri perlu mempersiapkan dana yang tidak sedikit dan harus melakukan pengelolaan serta perawatan berkala pada mesin las yang sudah dipersiapkan agar mesin las dapat digunakan dengan baik dan tahan lama. Salah satu cara yang sudah dilakukan oleh industri untuk melakukan pengelolaan adalah dengan melakukan *monitoring* ataupun rekapitulasi agar industri dapat dengan mudah mengidentifikasi, membaca data, dan mengambil keputusan terhadap setiap pemakaian mesin las.

Namun *monitoring* yang umum dilakukan oleh industri saat ini adalah dengan melakukan pencatatan tangan pada sebuah ataupun beberapa lembar kertas rekapitulasi (*paper based*) yang mana hal ini tidak efisien terhadap waktu [2]. Untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukan sistem *monitoring* ataupun rekapitulasi yang lebih modern. Salah satu konsep yang dapat digunakan adalah dengan menerapkan teknologi IoT (*Internet of Things*) untuk melakukan *monitoring* penggunaan mesin las.

IoT merupakan sebuah konsep mengintegrasikan beberapa perangkat pemroses dan sensor melalui internet tanpa adanya campur tangan manusia. Dengan menerapkan teknologi IoT, seseorang dapat secara langsung memantau dan melakukan aksi terhadap data-data yang diperoleh tanpa harus datang ke tempat penerapan sistem tersebut.

Tetapi pada kenyataannya, area kerja pengelasan dan area kantor *monitoring* terpisah dengan jarak yang tidak dekat dan tidak semua industri menyiapkan akses internet pada setiap area kerja pengelasan mereka. Maka dari itu diperlukan langkah preventif untuk mengatasi permasalahan koneksi internet ini.

Dalam penerapannya, tidak semua teknologi IoT membutuhkan koneksi internet sebagai sistem komunikasi utamanya, tetapi dapat juga menggunakan sistem komunikasi lainnya seperti LoRa. LoRa memungkinkan sistem untuk berkomunikasi dengan jarak yang jauh tetapi dengan berdaya rendah [3]. Namun LoRa lemah dalam hal kecepatan transmisi data.



**Gambar 1. LoRa Range vs Bandwidth [4]**

Untuk menangani kekurangan pada komunikasi LoRa, ada beberapa parameter umum yang dapat diatur sesuai dengan lingkungan penerapan sistem yang digunakan, yaitu frekuensi, *spreading factor*, *bandwidth*, dan *coding rate* [5]. Dengan mengatur parameter tersebut sesuai kebutuhan, dapat mengoptimalkan keandalan LoRa dalam pengiriman maupun penerimaan data.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menetapkan parameter LoRa diantaranya adalah jarak, RSSI, dan *packet loss*. Dengan memperhitungkan hal tersebut dapat memperbesar peluang keandalan komunikasi LoRa menjadi lebih efektif.

Berdasarkan uraian di atas didapatkan kesimpulan bahwa, industri memerlukan sistem *monitoring* mesin las modern yang tidak terbatas pada koneksi yang digunakan menggunakan internet dan tanpa internet dengan keandalan jarak komunikasi yang baik. Maka dari itu, penulis mengambil judul Tugas Akhir “Analisis Parameter LoRa pada Sistem *Monitoring* Penggunaan Mesin Las”.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

1. Bagaimana sistem elektrik dan mekanikal pada sistem pengiriman data LoRa untuk *monitoring* penggunaan mesin las?
2. Bagaimana aliran pengiriman dan penerimaan paket data LoRa untuk *monitoring* mesin las?
3. Bagaimana menentukan parameter yang baik untuk keandalan komunikasi LoRa?

## 1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari proposal tugas akhir ini adalah:

1. Membuat sistem dan alat untuk *monitoring* penggunaan mesin las.
2. Merancang aliran pengiriman dan penerimaan LoRa untuk *monitoring* mesin las.
3. Menentukan parameter yang baik untuk keandalan komunikasi LoRa.

## 1.4. Manfaat

Manfaat yang diharapkan pada tugas akhir ini antara lain:

1. Industri memiliki sistem untuk mendukung area kerja pengelasan yang tidak memiliki akses internet.
2. Industri dapat dengan cepat melakukan analisis, menyimpulkan, dan melakukan aksi berikutnya melalui data-data yang didapatkan tanpa harus datang langsung ke area kerja pengelasan.

## 1.5. Batasan

Agar tidak terjadi perluasan masalah, maka peneliti membatasi permasalahan penelitian ini sebagai berikut:

1. Tugas akhir ini tidak membahas informasi detail mengenai mesin las.
2. Tugas akhir ini tidak membahas tentang LoRaWAN dan tidak membahas tentang teknologi IoT yang lainnya.
3. Tugas akhir ini fokus pada perancangan aliran pengiriman hingga penerimaan data untuk *monitoring* penggunaan mesin las.
4. Tugas akhir ini fokus pada analisis parameter untuk keandalan komunikasi LoRa.
5. Tugas akhir ini tidak membahas parameter lain di luar dari yang disebutkan pada tinjauan pustaka.

## Bab 2. Tinjauan Pustaka

Penelitian mengenai topik LoRa pernah dilakukan oleh Ivan Perdana Setiawan Program Studi Teknik Komputer Universitas Dinamika pada tahun 2020 dengan judul “Analisis Parameter LoRa pada Lingkungan *Indoor*”. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk menentukan performansi LoRa paling optimal berdasarkan parameter SF, CR, BW yang menentukan hasil dari PDR, RSSI, SNR, dan ToA pada lingkungan *indoor*. Serta bertujuan untuk menentukan karakteristik lingkungan *indoor* pada LoRa dari perhitungan PLE [6].

Pada tahun 2020 juga, Asma Yanziah, Sopian Soim, dan Martinus Mujur Rose Program Studi Teknik Telekomunikasi, juga melakukan penelitian mengenai topik LoRa dengan judul “Analisis Jarak Jangkauan LoRa dengan Parameter RSSI dan *Packet Loss* pada Area Urban”. Penelitian yang dilakukan memiliki kesimpulan yaitu jarak sangat mempengaruhi RSSI maupun *packet loss* [7].

Selanjutnya pada tahun 2023, topik LoRa dengan judul “Analisis Karakteristik Transmisi LoRa dalam Ruangan” dilakukan oleh Haidar Harfi Hadhiansah, Kasyful Amron, dan Reza Andria Siregar Program Studi Teknik Informatika. Hal yang menjadi pembahasan pada penelitian ini adalah pengaruh SF, Bandwidth, *Transmission Power*, dan *Coding Rate* terhadap SR, RD, dan RSSI [8].

Penelitian topik LoRa yang dilakukan oleh Ihsan Al-Ansyari Jurusan Teknik Elektro Universitas Borneo Tarakan pada tahun 2022 dengan judul “Analisis Performansi Kinerja Sistem Komunikasi *Long Range* (LoRa) pada Daerah Juata Laut Kota Tarakan”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sistem kerja alat komunikasi jarak jauh menggunakan protokol komunikasi LoRa, memahami pengaruh jarak jangkauan terhadap protokol komunikasi LoRa, dan mengetahui pengaruh jarak dan waktu terhadap *Packet Loss* [9].

Pada tahun 2021, topik LoRa dengan judul “Implementasi Sistem Komunikasi LoRa SX1276 untuk Mengukur Suhu dan Kelembaman di Udara menggunakan *Drone*” oleh Eko Saputro, Jannus Marpaung, Redi Ratiandi, Fitri Imansyah, dan F. Trias Pontia W Jurusan Teknik Elektro Universitas Tanjungpura. Penelitian yang dilakukan memiliki kesimpulan yaitu parameter yang digunakan seperti nilai BW, SF, CF, dan frekuensi yang divariasikan oleh jarak dan penghalang memiliki pengaruh yang cukup besar yang dapat dilihat dari nilai RSSI dan SNR [10].

Perbedaan antara penelitian yang sudah dilakukan oleh beberapa peneliti di atas dan penelitian yang dilakukan oleh penulis adalah pada tujuannya, *microcontroller* yang digunakan, jarak pengujian, dan hasil pengujian. Tujuan utama penelitian penulis adalah membuat sistem dan alat untuk *monitoring* penggunaan mesin las dengan menggunakan komunikasi LoRa dengan parameter yang baik. Pada *microcontroller* yang digunakan, kebanyakan menggunakan ESP32, Arduino Uno, ataupun Arduino Nano, sementara penulis menggunakan Heltec LoRa 32 V2.

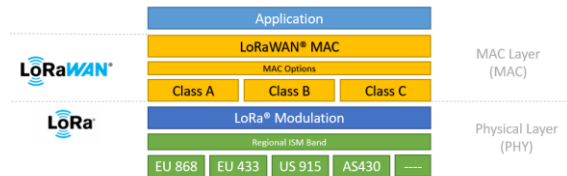
## 2.1 IoT

IoT (*Internet of Things*) adalah suatu konsep yang dilakukan oleh sebuah sistem untuk mentransmisikan data melalui jaringan tanpa bantuan manusia [11]. Tujuan utama dari IoT adalah untuk mewujudkan lingkungan yang saling terhubung dan cerdas dimana perangkat fisik seperti sensor, modul elektronik, peralatan rumah tangga, dan lainnya dapat saling berkomunikasi. Dengan adanya IoT, perangkat-perangkat tersebut dapat diakses dan dikontrol dari jarak jauh melalui internet, memungkinkan adanya pengawasan, analisis data, dan pengambilan keputusan yang lebih efisien.

## 2.2 LoRa

LoRa yang merupakan singkatan dari *Long Range* adalah sebuah sistem komunikasi nirkabel jarak jauh yang dipopulerkan oleh LoRa Alliance yang dirancang untuk penggunaan sistem perangkat dengan daya tahan baterai yang lebih lama namun dapat mendukung komunikasi hingga jarak yang jauh atau yang dikenal sebagai LPWAN (*Low-Power Wide Area Networks*).

Pada umumnya terdapat dua jenis penggunaan LoRa yaitu LoRa dan LoRaWAN. Berikut adalah penjelasan singkat mengenai perbedaan antara LoRa dan LoRaWAN.



Gambar 2. LoRa vs LoRaWAN [12]

### 1. LoRa

- LoRa (*Long Range*) adalah teknologi modulasi radio frekuensi yang digunakan pada tingkat fisik (*physical layer*) dalam komunikasi nirkabel.
- LoRa memberikan kemampuan komunikasi jarak jauh dengan konsumsi daya yang rendah.
- Pada lapisan fisik, LoRa menggunakan teknik modulasi *Chirp Spread Spectrum* (CSS) yang memungkinkan transmisi data dalam rentang frekuensi yang lebar.
- Komunikasi dilakukan secara *point-to-point*, tidak melalui konsentrator untuk menghubungkan perangkat satu dengan yang lainnya.

## 2. LoRaWAN

- LoRaWAN (*Long Range Wide Area Network*) adalah protokol jaringan yang dibangun di atas teknologi LoRa.
- LoRaWAN beroperasi pada lapisan *Media Access Control* (MAC layer) dan lapisan aplikasi (*application layer*) dalam model referensi OSI.
- Lapisan MAC pada LoRaWAN mengatur akses ke media dan manajemen jaringan antara perangkat (*end devices*) dan *gateway*.
- Lapisan aplikasi pada LoRaWAN menyediakan kerangka kerja (*framework*) untuk mengirim dan menerima data aplikasi yang dikirim melalui jaringan LoRaWAN.
- Menggunakan *gateway* sebagai konsentrator untuk menghubungkan perangkat satu dengan yang lainnya.

Dengan demikian, LoRa adalah teknologi fisik yang memungkinkan komunikasi nirkabel jarak jauh dengan konsumsi daya rendah, sedangkan LoRaWAN adalah protokol jaringan yang memanfaatkan teknologi LoRa untuk membangun jaringan IoT yang luas dengan kemampuan manajemen jaringan dan komunikasi aplikasi yang lebih tinggi.

## 2.4 Parameter LoRa

Dalam penerapan sistem komunikasi LoRa, ada beberapa hal yang perlu disesuaikan menyesuaikan dengan lingkungan penerapan sistem, yaitu frekuensi, *spreading factor*, *bandwidth*, dan *coding rate*. Masing-masing nilai dari hal tersebut dapat dicapai melalui beberapa kali pengujian.

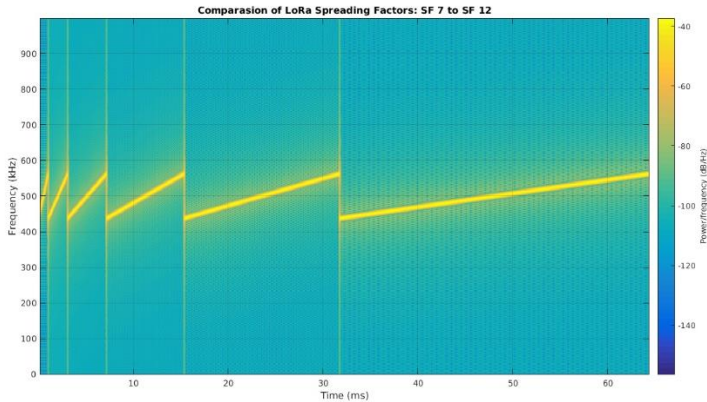
### 2.4.1 Frekuensi

LoRa adalah sebuah sistem komunikasi nirkabel jarak jauh yang menggunakan sinyal radio untuk melakukan transmisi dan penerimaan data. LoRa bekerja pada frekuensi radio ISM (*Industrial, Scientific, and Medical*) 433 MHz, 868MHz, dan 915MHz yang bebas akses di seluruh dunia.

Dikarenakan LoRa menggunakan frekuensi radio ISM, hal tersebut membuat siapa saja dapat dengan bebas menggunakan frekuensi yang ingin digunakan tanpa perlu membeli lisensi khusus untuk memakai frekuensi yang diinginkan. Tetapi karena hal itu juga LoRa memiliki kecepatan data yang rendah dan banyak gangguan dari penggunaan frekuensi yang berdekatan.

### 2.4.2 Spreading Factor

SF (*Spreading Factor*) adalah perbandingan antara *cymbol rate* dan *chip rate*. *Chip rate* diperoleh dengan mengalikan kecepatan bit dengan jumlah *chip* dalam setiap simbol, yang nilainya adalah  $2^{SF}$ . Dengan memvariasikan nilai SF, transmisi yang terjadi bersamaan dapat dihindarkan dan menghindari benturan paket data karena setiap paket memiliki sifat orthogonal yang berbeda satu sama lain [13].



**Gambar 3. LoRa Chirp Spread Spectrum Modulation [14]**

Nilai SF dimulai dari 7 hingga 12. Semakin tinggi nilai SF, semakin lama waktu yang diperlukan untuk mentransmisikan paket LoRa, namun memungkinkan memperluas jarak komunikasi dan sensitivitas yang lebih baik. Sebaliknya semakin rendah nilai SF maka transmisi paket LoRa menjadi lebih cepat tetapi dengan jarak komunikasi yang lebih dekat.

### 2.4.3 Bandwidth

*Bandwidth* adalah lebar frekuensi yang digunakan untuk memodulasi sinyal LoRa [15]. *Bandwidth* yang lebih lebar memungkinkan peningkatan kecepatan pengiriman data, tetapi dengan mengorbankan sensitivitas terhadap interferensi. Di sisi lain, *bandwidth* yang lebih sempit dapat memberikan sensitivitas yang lebih baik terhadap sinyal lemah dan interferensi, tetapi dengan kecepatan pengiriman yang lebih lambat.

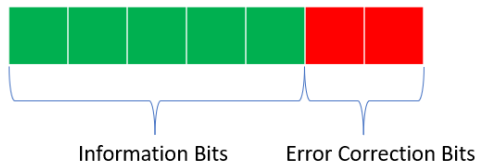
Pada komunikasi LoRa, beberapa pilihan *bandwidth* yang umum digunakan adalah 125 kHz, 250 kHz, dan 500 kHz. Untuk *bandwidth* yang lebar seperti 500 kHz, memiliki kecepatan pengiriman yang tinggi, tetapi memerlukan lebih banyak daya dan rentan terhadap interferensi. Sedangkan untuk *bandwidth* yang lebih sempit seperti 125 kHz, dapat memberikan jangkauan komunikasi yang lebih jauh

dan sensitivitas yang lebih baik, namun dengan kecepatan pengiriman yang lebih lambat.

#### 2.4.4 Coding Rate

CR (*Coding Rate*) adalah parameter yang mengontrol koreksi kesalahan pada pengiriman paket LoRa. CR digunakan untuk meningkatkan keandalan komunikasi dan mengurangi tingkat kesalahan bit dalam pengiriman data.

Pada LoRa, terdapat beberapa pilihan CR yang umum digunakan, seperti 4/5, 4/6, dan 4/7. Angka pertama dalam format CR menunjukkan jumlah bit informasi yang dikodekan, sedangkan angka kedua menunjukkan jumlah bit total yang dikirimkan (termasuk bit redundansi). Sebagai contoh, pada CR 4/5, 4 bit informasi dikodekan menjadi total 5 bit yang dikirimkan.



**Gambar 4. Ilustrasi Coding Rate [16]**

Dengan menerapkan tingkat redundansi melalui CR, LoRa dapat meningkatkan toleransi terhadap gangguan dan interferensi yang umum terjadi dalam komunikasi nirkabel. Nilai CR yang lebih tinggi menghasilkan lebih banyak bit redundansi, yang dapat membantu dalam memulihkan data yang hilang pada *receiver*.

Namun, perlu dicatat bahwa penggunaan CR yang lebih tinggi juga mempengaruhi kecepatan pengiriman data. Semakin tinggi CR, semakin banyak bit yang perlu dikirimkan, yang mengurangi *throughput* atau kecepatan efektif pengiriman data.

#### 2.5 RSSI

*Received Signal Strength Indicator* (RSSI) merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur kekuatan sinyal radio yang diterima oleh sebuah perangkat *receiver*. RSSI umumnya digunakan dalam konteks komunikasi nirkabel, seperti jaringan Wi-Fi, Bluetooth, atau sistem komunikasi radio lainnya.

RSSI biasanya diukur dalam bentuk angka atau nilai dalam satuan desibel (dBm) atau dalam skala relatif. Nilai RSSI yang lebih tinggi menunjukkan kekuatan sinyal yang lebih kuat, sementara nilai yang lebih rendah menunjukkan kekuatan sinyal yang lebih lemah.

Perangkat penerima dapat menggunakan nilai RSSI untuk memperkirakan jarak atau kualitas sambungan dengan perangkat pengirim. Namun, perlu diingat bahwa RSSI tidak selalu merupakan indikator yang akurat atau tunggal untuk menentukan kualitas sinyal, ada pula faktor-faktor lain seperti interferensi sinyal, interferensi elektromagnetik, hambatan fisik, dan kondisi lingkungan juga dapat mempengaruhi kualitas komunikasi nirkabel.

Berdasarkan Jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk, pada LoRa nilai RSSI pada umumnya berkisaran dari batas ujung atas yaitu -30 dBm mengindikasikan sinyal yang kuat, hingga batas ujung bawah yaitu kisaran -120 dBm yang mengindikasikan sinyal yang lemah [17].

## 2.6 Packet Loss

*Packet loss* merujuk pada hilangnya paket data selama proses transmisi data secara nirkabel. Pada saat transmisi data, data dipecah menjadi bagian-bagian data kecil untuk dikirim ke perangkat penerima. Setiap bagian data berisi informasi seperti alamat pengirim, alamat tujuan, dan isi data.

Faktor yang mempengaruhi terjadinya *packet loss* sama halnya dengan faktor yang mempengaruhi kualitas sinyal pada RSSI. Untuk menangani *packet loss*, langkah yang dapat dilakukan antara lain meningkatkan keandalan sinyal, mengoptimalkan *positioning* perangkat, dan mengoptimalkan parameter antena.

Perhitungan *packet loss* dapat ditunjukkan pada Persamaan 1 dan dengan tabel standar kategori pada Tabel 1.

$$Packet\ loss = \frac{(Paket\ data\ dikirim - Paket\ data\ diterima) \times 100\%}{Paket\ data\ yang\ dikirim} \quad (1)$$

**Tabel 1. Tabel Standar Kategori *Packet Loss* oleh ETSI [18]**

Keterangan	<i>Packet loss</i>
Sangat bagus	0
Bagus	3 %
Sedang	15%
Buruk	25 %

## 2.5 Heltec WiFi LoRa 32 V2

Heltec WiFi LoRa 32 V2 adalah sebuah *microcontroller* berbasis IoT yang diproduksi oleh Heltec Automation dengan *microprocessor* ESP32 dan terintegrasi dengan beberapa sistem komunikasi nirkabel seperti WiFi, LoRa, dan *Bluetooth*. Selain itu juga dilengkapi dengan OLED sebagai tampilan dan manajemen baterai Li-Po [19].



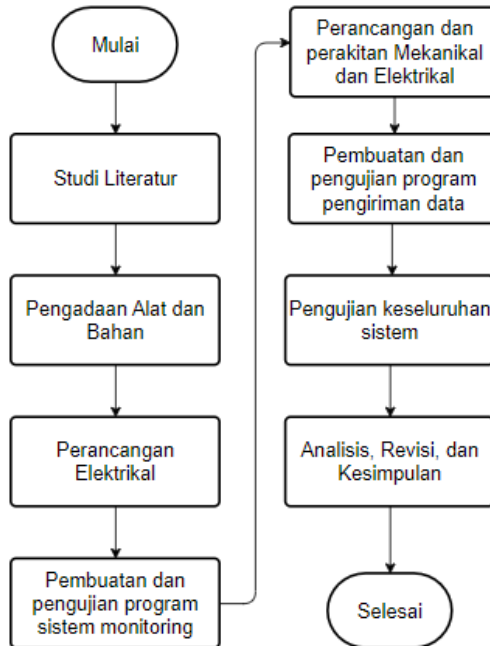
**Gambar 5. Heltec WiFi LoRa 32 V2 [20]**

Mengacu pada *datasheet* yang dibagikan oleh Heltec Automation untuk jenis *microcontroller* Heltec WiFi LoRa 32 V2, *chipset* LoRa yang digunakan adalah LoRa *Node chip* SX1276/SX1278 dengan nilai frekuensi 433 MHz - 470 MHz, atau 868 MHz - 915 MHz.

*Microcontroller* ini menjadi salah satu pilihan yang tepat untuk tugas akhir ini karena memiliki sistem komunikasi LoRa tanpa harus memasang modul komunikasi tambahan. Namun pemilihan frekuensi dan parameter LoRa tetap harus disesuaikan dengan lingkungan penerapan LoRa.

### Bab 3. Metodologi Penelitian

Urutan kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6. Flowchart Metodologi Penelitian**

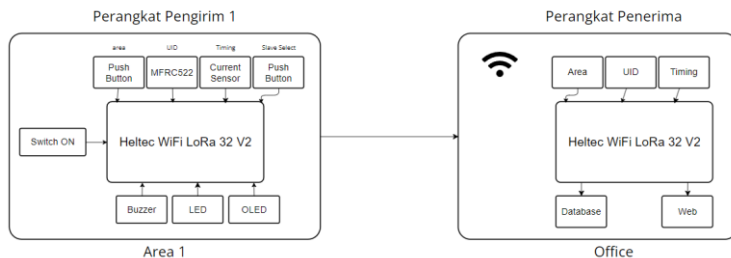
Berdasarkan pada Gambar 6, kegiatan dimulai dari melakukan studi literatur mengenai sensor, LoRa, *microcontroller*, *code* dan teknologi serupa yang sudah diterapkan. Kemudian dilanjutkan dengan pengadaan alat dan bahan yang disesuaikan dengan kebutuhan. Selanjutnya dilakukan perancangan elektrikal sederhana dan dilanjutkan dengan pembuatan dan pengujian program sistem monitoring sederhana. Setelah berjalan dengan baik, maka dilanjutkan dengan melakukan perancangan dan perakitan Mekanikal dan Elektrikal. Setelah alat terbungkus rapi, dilanjutkan dengan pembuatan dan pengujian program pengiriman data. Berikutnya dilanjutkan dengan pengujian keseluruhan sistem. Setelah sistem diuji secara keseluruhan, dilakukan analisis, revisi, dan kesimpulan untuk pengembangan kedepannya.

### 3.1 Studi Literatur

Dalam pembuatan tugas akhir dengan judul “Analisis Parameter LoRa pada Sistem *Monitoring* Penggunaan Mesin Las”, tentu perlu melakukan studi literatur untuk mencari informasi terkait topik tugas akhir ini dari bermacam-macam sumber seperti skripsi, tesis, buku, jurnal, artikel ilmiah, ataupun sumber informasi dari internet. Dengan melakukan studi literatur, tentunya banyak informasi yang bisa didapatkan dan dijadikan landasan pengerjaan sehingga membantu dalam penulisan maupun pengerjaan tugas akhir ini.

### 3.2 Perancangan Sistem

Perancangan sistem tugas akhir ini terdiri dari dua sistem yang saling berhubungan yaitu perangkat pengirim dan perangkat penerima. Hubungan antara perangkat pengirim dan perangkat penerima dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 7. Block Diagram System**

Pada Gambar 7 menjelaskan bahwa kedua sistem baik itu perangkat pengirim maupun perangkat penerima sama-sama menggunakan Heltec WiFi LoRa 32 V2 sebagai *microcontroller*. Perangkat pengirim mengintegrasikan beberapa perangkat dengan fungsinya sebagai berikut.

#### 1. *Switch ON / OFF*

Berfungsi sebagai saklar untuk menghidupkan ataupun mematikan sistem.

#### 2. *Push button*

Akan digunakan empat buah *push button* yang terbagi dari satu buah digunakan untuk mengubah *slave* dari pin LoRa pada *microcontroller* Heltec WiFi LoRa 32 V2 dikarenakan MFRC522 dan LoRa sama-sama menggunakan komunikasi SPI (*Serial Peripheral Interface*) sehingga perlu mengatur SS (*Slave*

Select) menggunakan *push button*. Sedangkan tiga *push button* lainnya digunakan untuk pemilihan area kerja oleh operator las.

### 3. MFRC522

Modul yang digunakan untuk membaca *tapping* kartu yang dilakukan oleh operator mesin las. Hasil pembacaan modul ini berupa UID (*Unique Identification*) yang dapat diasumsikan sebagai nomor karyawan operator mesin las. UID ini juga digunakan sebagai parameter keamanan agar tidak sembarang orang yang mengoperasikan mesin las dan menghindari kecurangan kerja.

### 4. Current Sensor

Berfungsi sebagai acuan mesin las sedang digunakan atau tidak dan sebagai acuan penghitungan waktu kerja operator mesin las.

### 5. OLED

Layar tampilan yang memperlihatkan informasi dan proses sistem yang sedang berlangsung, dimulai saat sistem dihidupkan hingga sistem dimatikan.

### 6. LED

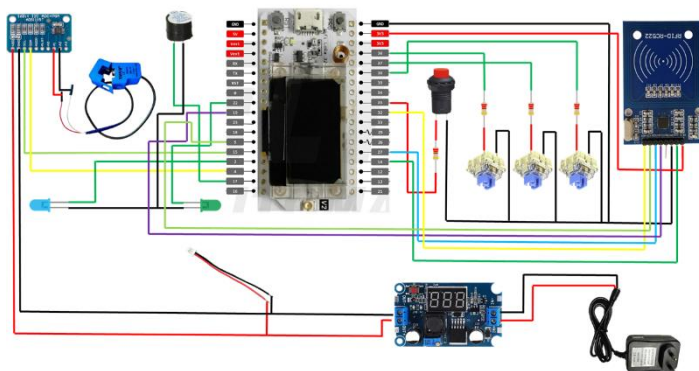
Sebagai indikator ketika operator mesin las sedang bekerja.

### 7. Buzzer

Sebagai bebunyian yang aktif ketika operator mesin las melakukan *tapping* kartu dan ketika melakukan input area kerja.

## 3.2.1 Perancangan Elektrikal

Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa perangkat pengirim mengintegrasikan beberapa komponen sehingga menjadi satu alat yang digunakan untuk memonitoring penggunaan mesin las. *Wiring diagram* yang digunakan pada perangkat pengirim dapat dilihat pada Gambar 8.



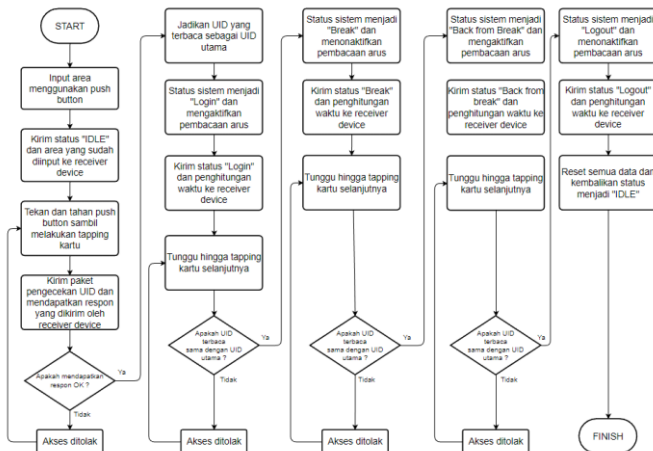
Gambar 8. *Wiring Diagram System*

Berdasarkan pada Gambar 8, dapat dilihat bahwa keseluruhan sistem mendapat sumber tegangan utama dari 12V DC *Power Supply* atau baterai yang dihubungkan ke modul *step down* LM2596 dengan tegangan yang sudah diturunkan menjadi 5V. Kemudian *microcontroller* Heltec WiFi LoRa 32 V2 mendapatkan sumber tegangan 5V dari pin *output* modul *step down* melalui kabel JST.

Untuk membaca arus digunakan kombinasi dari modul ADS1115 dan SCT-013. Kabel merah dan hitam pada SCT-013 dihubungkan langsung dengan modul ADS1115 pada pin A0 dan A1. Sedangkan SDA dan SCL pada ADS1115 digunakan untuk mengirim hasil pembacaan SCT-013 ke *microcontroller* menggunakan komunikasi SPI (*Serial Peripheral Interface*).

### 3.2.2 Perancangan Software

#### 3.2.2.1 Flowchart Perangkat Pengirim



Gambar 9. Flowchart System Software Perangkat Pengirim

Berdasarkan pada Gambar 9, proses dimulai dari *input* area yang dilakukan oleh *user* menggunakan *push button*. Setelah menentukan area, perangkat pengirim akan mengirimkan informasi berupa status *idle* dan mengirimkan informasi area yang sudah diinput sebelumnya untuk mesin tersebut kepada perangkat penerima. Selanjutnya *user* menekan dan menahan *push button* beberapa saat sambil melakukan *tapping* kartu. Hal yang terjadi saat melakukan *tapping* kartu tersebut adalah sistem membaca UID dari kartu tersebut kemudian

mengirimkan UID tersebut kepada perangkat penerima untuk dicek apakah *user* tersebut merupakan *user* yang terdaftar pada sistem.

Kemudian perangkat pengirim akan menunggu beberapa saat hingga mendapat respon yang dikirim oleh perangkat penerima. Perangkat pengirim membaca isi data tersebut, jika isi data tersebut adalah pesan NOT OK, maka akses *user* tersebut akan ditolak sistem sehingga sistem tetap berada di status *idle*. Tetapi jika isi data tersebut adalah pesan OK, maka akses *user* tersebut akan diterima yang kemudian UID *user* akan dijadikan sebagai UID acuan untuk *tapping* menuju status berikutnya.

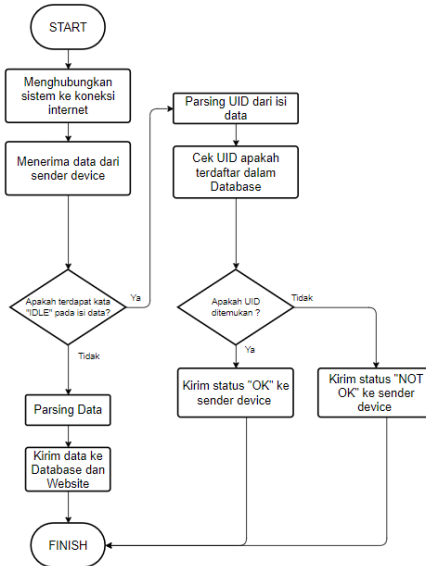
Status sistem akan berubah menjadi *login* dan mengaktifkan pembacaan arus untuk menghitung waktu kerja pengelasan. Perangkat pengirim mengirimkan status *login* dan pembacaan waktu kepada perangkat penerima. Proses berjalan hingga adanya *tapping* kartu selanjutnya.

Setelah sistem mendeteksi adanya *tapping* kartu, UID kartu tersebut akan dicek apakah sama dengan UID acuan. Jika tidak sama, maka akses akan ditolak. Tetapi jika sama, maka status sistem akan berubah menjadi *break* dan pada status ini, pembacaan arus akan dinonaktifkan. Selain itu, perangkat pengirim juga mengirimkan status *break* dan pembacaan waktu kepada perangkat penerima. Proses berlangsung hingga adanya *tapping* kartu selanjutnya.

Ketika sistem mendeteksi adanya *tapping* kartu, UID kartu tersebut dicek UID nya untuk disesuaikan dengan UID acuan. Jika tidak sama maka akses akan ditolak. Tetapi jika sama, maka status sistem akan berubah menjadi *back from break* dan pada status ini, pembacaan arus akan diaktifkan kembali. Selain itu, perangkat pengirim juga mengirimkan status *back from break* dan pembacaan waktu kepada perangkat penerima. Proses berjalan hingga adanya *tapping* kartu selanjutnya.

Pada saat sistem mendeteksi adanya *tapping* kartu, UID kartu tersebut dilakukan pengecekan oleh sistem apakah UID tersebut sama dengan UID acuan. Jika tidak sama, maka akses akan ditolak. Tetapi jika sama, status sistem akan berubah menjadi *logout* dan pada status ini pembacaan arus akan dinonaktifkan. Perangkat pengirim juga mengirimkan status *logout* dan pembacaan waktu kepada perangkat penerima. Setelah data terkirim, kemudian sistem akan *reset* semua data pemakaian mesin las sebelumnya dan status sistem akan kembali menjadi *idle*.

### 3.2.2.2 Flowchart Perangkat Penerima



Gambar 10. Flowchart System Software Perangkat Penerima

Berdasarkan pada Gambar 10, sistem perangkat penerima dimulai dengan menghubungkan perangkat ke koneksi internet untuk terhubung dengan *database*. Setelah terhubung, maka sistem akan berfokus untuk menerima data dari perangkat pengirim. Jika perangkat penerima menerima data dengan isi data "idle", maka sistem akan mengambil UID yang ada pada isi data kemudian UID tersebut dicek apakah terdaftar dalam *database*. Jika UID tersebut terdaftar, maka perangkat penerima akan mengirimkan pesan "OK" kepada perangkat pengirim. Tetapi jika UID tidak terdaftar, maka perangkat penerima akan mengirimkan pesan "NOT OK" kepada perangkat pengirim.

Ketika isi data yang diterima oleh perangkat penerima tidak ada kata "idle", maka sistem akan memecah data yang dikirimkan oleh perangkat pengirim yang kemudian disimpan dalam variabel tertentu untuk dikirimkan ke *database*.

### 3.2.3 Besaran Data

Data yang dikirim oleh perangkat pengirim berupa *string* yang berisikan data nama mesin, UID, pembacaan waktu, arus, dan area kerja yang mana keseluruhan data tersebut memiliki panjang data 36 karakter. Umumnya pada penggunaan *string*, untuk setiap karakter memerlukan 1 *byte* [21], sehingga ukuran data *string* yang dikirimkan oleh perangkat pengirim adalah 36 *bytes*.

### 3.3 Alat dan Bahan

Untuk estimasi biaya, sebagian besar dana disediakan oleh perusahaan dikarenakan alat yang dibuat merupakan *project* suatu perusahaan. Untuk alat dan bahan yang ada di kampus juga digunakan dalam pembuatan alat ini. Sementara dana pribadi hanya digunakan untuk sebagian kecil alat dan bahan saja. Detail estimasi biaya yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Estimasi biaya**

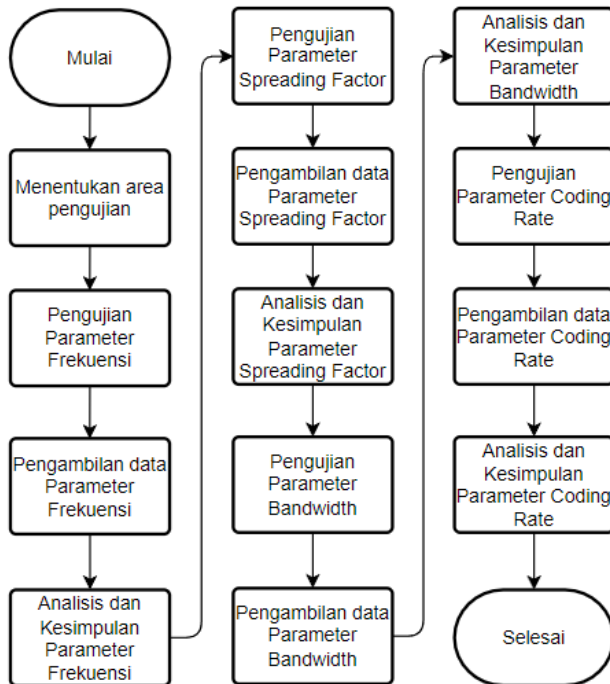
No.	Alat/bahan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah	Total (Rp.)	Keterangan
1	Heltec WiFi LoRa 32 V2	Rp 300.000,-	3	Rp 900.000,-	Disediakan Perusahaan
2	Gateron <i>Mechanical Switch</i>	Rp 3.000,-	6	Rp 18.000,-	Dana Pribadi
3	<i>Keycap Mechanical Keyboard</i>	Rp 8.000,-	6	Rp 48.000,-	Disediakan Perusahaan
4	<i>Push ON OFF toggle button</i>	Rp 2.000,-	2	Rp 4.000,-	Disediakan Perusahaan
5	MFRC522	Rp 35.000,-	2	Rp 70.000,-	Disediakan Perusahaan
6	ADS1115 16 Bit I2C Module ADC	Rp 85.000,-	2	Rp 170.000,-	Disediakan Perusahaan
7	SCT-013 100A Current Sensor CT	Rp 90.000,-	2	Rp 180.000	Disediakan Perusahaan
8	Buzzer 5V	Rp 5.000,-	2	Rp 10.000,-	Disediakan Perusahaan
9	LED 5mm	Rp 300,-	4	Rp 1.200,-	Disediakan Perusahaan

10	PCB Double Layer 9x15mm	Rp 20.000,-	2	Rp 40.000,-	Disediakan Perusahaan
11	20 pcs DuPont Jumper Male to Male	Rp 18.000,-	1	Rp 18.000,-	Disediakan Perusahaan
12	20 pcs DuPont Jumper Male to Female	Rp 18.000,-	1	Rp 18.000,-	Disediakan Perusahaan
13	20 pcs DuPont Jumper Female to Female	Rp 18.000,-	1	Rp 18.000,-	Disediakan Perusahaan
14	AWG 20 Cable (1 m)	Rp 4.000,-	4	Rp 16.000,-	Disediakan Perusahaan
15	Projectboard MB102	Rp 30.000,-	1	Rp 30.000,-	Disediakan Perusahaan
16	Adjustable Regulator LM2596 3A	Rp 35.000,-	2	Rp 70.000,-	Disediakan Perusahaan
17	Kabel Micro USB 1.5m	Rp 15.000,0	3	Rp 45.000,-	Disediakan Perusahaan
18	Resistor 220 Ohm (10 pcs)	Rp 2.000,-	1	Rp 2.000,-	Disediakan Perusahaan
19	Adaptor Power Supply 5V 3A	Rp 60.000,-	2	Rp 120.000,-	Disediakan Perusahaan
20	Saklar On Off 2 kaki	Rp 2.000,-	2	Rp 4.000,-	Disediakan Perusahaan

21	50gr Timah Solder Wire 0.8mm	Rp 30.000,-	2	Rp 60.000,-	Disediakan Perusahaan
22	Solder Station	Rp 750.000,-	1	Rp 750.000,-	Disediakan Kampus
23	Tang Kupas Kabel	Rp 70.000,-	1	Rp 70.000,-	Disediakan Kampus
24	Pin Header 1x40	Rp 3.000,-	2	Rp 6.000,-	Disediakan Kampus
25	Set bor mini listrik	Rp 125.000,-	1	Rp 125.000,-	Disediakan Kampus
26	Tang Potong	Rp 8.000,-	1	Rp 8.000,-	Disediakan Perusahaan
27	Set obeng mini 31 in 1	Rp 10.000,-	1	Rp 10.000,-	Dana Pribadi
28	3D Printer	Rp 3.500.000,-	1	Rp 3.500.000,-	Disediakan Kampus
29	eSUN Fillament PLA+	Rp 200.000,-	2	Rp 400.000,-	Disediakan Perusahaan
30	Set baut 3mm (10 pcs)	Rp 5.000,-	2	Rp 10.000,-	Disediakan Perusahaan
31	Strong Magnet 20x4mm	Rp 15.000,-	1	Rp 15.000,-	Disediakan Perusahaan
	Total			Rp 6.736.200,-	

### 3.4 Pengujian

Pengujian adalah langkah penting yang dilakukan untuk memastikan bahwa sistem yang dibuat berfungsi dengan baik sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Pengujian yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah pengujian parameter komunikasi LoRa yang terdiri dari pengujian frekuensi, *spreading factor*, *bandwidth*, dan *coding rate* dengan membandingkannya dengan jarak antara perangkat pengirim dan perangkat penerima. Hal lain yang juga dilihat pada pengujian adalah RSSI, jumlah data yang dikirim, jumlah data yang diterima, dan *packet loss*. Berikut adalah *flowchart* alur pengujian yang dilakukan.



**Gambar 11. Metode Pengujian**

Berdasarkan pada Gambar 11, pengujian dimulai dengan menentukan area pengujian. Setelah menentukan area pengujian, dilanjutkan dengan pengujian parameter frekuensi. Parameter frekuensi yang diuji yaitu 433 MHz dan 868 MHz. Pada saat pengujian juga dilakukan pengambilan data dan dilanjutkan dengan melakukan analisis dan kesimpulan dari pengujian parameter frekuensi.

Setelah pengujian frekuensi, parameter yang diuji selanjutnya adalah *spreading factor*. Parameter *spreading factor* yang diuji yaitu 7, 8, 9, 10, 11, dan 12. Pada saat pengujian juga dilakukan pengambilan data dan dilanjutkan dengan melakukan analisis dan kesimpulan dari pengujian *spreading factor*.

Kemudian parameter yang diuji adalah *bandwidth*. Parameter *bandwidth* yang diuji yaitu 125, 250, dan 500. Pada saat pengujian juga dilakukan pengambilan data dan dilanjutkan dengan melakukan analisis dan kesimpulan dari pengujian *bandwidth*.

Parameter yang diuji terakhir adalah *coding rate*. Parameter *coding rate* yang diuji yaitu 4/5, 4/6, dan 4/7. Pada saat pengujian juga dilakukan pengambilan data dan dilanjutkan dengan melakukan analisis dan kesimpulan dari pengujian *coding rate*.

### **3.4.1 Pengujian Frekuensi**

Dengan memperhatikan *microcontroller* yang digunakan, yaitu Heltec WiFi LoRa 32 V2 menggunakan LoRa *Node chip* SX1276/SX1278, dan memperhatikan frekuensi radio ISM yang bebas akses, maka dilakukan pengujian komunikasi LoRa untuk frekuensi 433 MHz dan 868 MHz. Setelah menentukan frekuensi yang baik untuk digunakan maka frekuensi tersebut akan diterapkan pada sistem ini.

### **3.4.2 Pengujian Spreading Factor**

Pada pengujian ini, dilakukan uji coba *spreading factor* dengan nilai 7 hingga 12 untuk mendapatkan nilai berapa yang baik untuk diterapkan pada sistem ini. Seperti halnya pengujian frekuensi, pengujian ini juga melihat nilai RSSI sebagai kekuatan sinyal dan status pengiriman paket data LoRa. Setelah menentukan nilai *spreading factor* yang baik untuk digunakan, maka nilai *spreading factor* tersebut akan diterapkan pada sistem ini.

### **3.4.3 Pengujian Bandwidth**

Pengujian *bandwidth* dilakukan dengan menguji penggunaan *bandwidth* pada nilai 125 kHz, 250 kHz, dan 500 kHz dengan menerapkan frekuensi dan nilai *spreading factor* yang sudah didapatkan pada pengujian sebelumnya. Setelah menentukan nilai *bandwidth* yang baik untuk digunakan, maka nilai *bandwidth* tersebut akan diterapkan pada sistem ini.

### **3.4.4 Pengujian Coding Rate**

Untuk pengujian *coding rate* ini, nilai *coding rate* diatur mulai dari 4/5 hingga 4/7 dengan menerapkan nilai parameter lainnya yang sama dengan pengujian-pengujian yang sudah dilakukan sebelumnya. Setelah menentukan nilai *coding rate* yang baik untuk digunakan, maka nilai *coding rate* tersebut akan diterapkan pada sistem ini.

## Bab 4. Hasil dan Pembahasan

Tahapan pengujian terdiri dari pengujian frekuensi, *spreading factor*, *bandwidth*, dan *coding rate* dengan masing-masing parameter nilai yang sesuai. Pengujian dilakukan dengan jarak 0 hingga 190 meter antara perangkat pengirim dan perangkat penerima. Pengujian dilakukan pada non LoS area dengan kondisi lingkungan bercuaca cerah. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan 20 data dari perangkat pengirim yang kemudian akan diterima oleh perangkat penerima dan mengkonfirmasi berapa jumlah data yang sampai kepada perangkat penerima. Dari pengujian ini didapatkan hasil berupa rata-rata RSSI dan *packet loss* untuk setiap parameter.



Gambar 12. Area Pengujian non LoS Area

### 4.1 Hasil Pengujian Frekuensi

#### 4.1.1 Frekuensi 433 MHz

Tabel 3. Hasil Pengujian Frekuensi 433 MHz

Jarak (m)	Jumlah data dikirim	Jumlah data diterima	Rata-rata RSSI (dBm)	Packet Loss (%)
0 - 50	20	18	-126	10%

51 - 100	20	13	-135	35%
101 - 150	20	8	-136	60%
151 - 190	20	4	-135	80%

Dari hasil pengujian frekuensi 433 MHz pada Tabel 3, jumlah data dikirim dan jumlah data diterima didapatkan melalui hasil pengujian, rata-rata RSSI didapatkan melalui hasil pengujian, dan nilai *packet loss* didapatkan melalui perhitungan dengan menggunakan rumus pada Persamaan 1.

Dengan mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, dan mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, hasil pengujian yang didapatkan pada jarak 0 hingga 50 meter memiliki *packet loss* sebesar 10% yang mana ini termasuk dalam rentang kategori bagus. Sementara RSSI pada jarak tersebut memiliki rata-rata RSSI sebesar -126 dBm dimana nilai tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Pada jarak 51 hingga 100 meter, *packet loss* yang dimiliki sebesar 35%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -135 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Selanjutnya pada jarak 101 hingga 150 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 60%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -136 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Kemudian pada jarak 151 hingga 190 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 80%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -135 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

#### 4.1.2 Frekuensi 868 MHz

Tabel 4. Hasil Pengujian Frekuensi 868 MHz

Jarak (m)	Jumlah data dikirim	Jumlah data diterima	Rata-rata RSSI (dBm)	Packet Loss (%)
0 - 50	20	20	-94	0%
51 - 100	20	19	-117	5%
101 - 150	20	18	-126	10%
151 -190	20	13	-137	35%

Dari hasil pengujian frekuensi 868 MHz pada Tabel 4, jumlah data dikirim dan jumlah data diterima didapatkan melalui hasil pengujian, rata-rata RSSI didapatkan melalui hasil pengujian, dan nilai *packet loss* didapatkan melalui perhitungan dengan menggunakan rumus pada Persamaan 1.

Dengan mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, dan mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, hasil pengujian yang didapatkan pada jarak 0 hingga 50 meter memiliki *packet loss* adalah 0% yang mana ini termasuk dalam rentang kategori sangat bagus. Sementara RSSI pada jarak tersebut memiliki rata-rata RSSI sebesar -94 dBm dimana nilai tersebut masih berada pada rentang batas ujung atas dan batas ujung bawah nilai RSSI LoRa.

Pada jarak 51 hingga 100 meter, *packet loss* yang dimiliki sebesar 5%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori bagus. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -117 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut berada lebih dekat ke batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Selanjutnya pada jarak 101 hingga 150 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 10%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori bagus. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -126 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

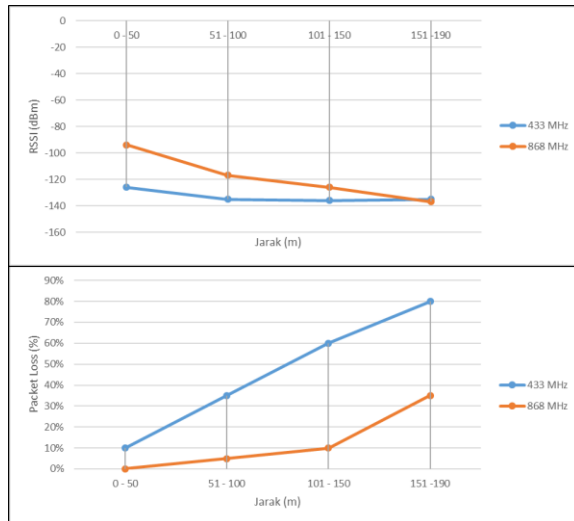
Kemudian pada jarak 151 hingga 190 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 35%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI

yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -137 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

### 4.1.3 Perbandingan Frekuensi

**Tabel 5. Perbandingan Hasil Frekuensi**

Jarak (m)	Rata-rata RSSI 433 MHz	Rata-rata RSSI 868 MHz	Packet Loss 433 MHz	Packet Loss 868 MHz
0 - 50	-126	-94	10%	0%
51 - 100	-135	-117	35%	5%
101 - 150	-136	-126	60%	10%
151 - 190	-135	-137	80%	35%



**Gambar 13. Grafik Perbandingan Hasil Frekuensi**

Dari hasil pengujian frekuensi 433 MHz dan 868 MHz, Tabel 5 dan Gambar 13 dibuat untuk memudahkan membandingkan hasil pengujian

frekuensi tersebut. Berdasarkan hasil pengujian pada jarak 0 hingga 50 meter, dapat dilihat bahwa rata-rata RSSI frekuensi 433 MHz pada jarak tersebut adalah -126 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka kekuatan sinyal tersebut menandakan sinyal yang lemah.

Sedangkan untuk rata-rata RSSI frekuensi 868 MHz pada jarak 0 hingga 50 meter adalah -94 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka kekuatan sinyal tersebut menandakan sinyal yang sedang.

Dari sisi *packet loss* pada rentang jarak 0 hingga 50 meter, frekuensi 433 MHz memiliki *packet loss* sebesar 10% yang mana jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal tersebut termasuk dalam rentang kategori bagus.

Sedangkan pada frekuensi 868 MHz memiliki *packet loss* sebesar 0%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal tersebut termasuk dalam rentang kategori sangat bagus. Sehingga untuk jarak 0 hingga 50 meter, frekuensi 868 MHz lebih unggul dibandingkan dengan frekuensi 433 MHz.

Kemudian pada jarak 51 hingga 100 meter, rata-rata RSSI yang dimiliki oleh frekuensi 433 MHz adalah -135 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka hal tersebut menandakan sinyal yang lemah.

Sedangkan untuk frekuensi 868 MHz pada jarak 51 hingga 100 meter, rata-rata RSSI yang dimiliki adalah -117 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut lebih dekat kepada nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah.

Dari segi *packet loss*, pada rentang jarak 51 hingga 100 meter, frekuensi 433 MHz memiliki *packet loss* sebesar 35% yang mana jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk.

Sedangkan pada frekuensi 868 MHz memiliki *packet loss* sebesar 5%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal tersebut termasuk dalam rentang kategori bagus. Sehingga untuk jarak 51 hingga 100 meter, frekuensi 868 MHz lebih unggul dibandingkan dengan frekuensi 433 MHz.

Selanjutnya pada jarak 101 hingga 150 meter, rata-rata RSSI yang dimiliki oleh frekuensi 433 MHz adalah -136 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka hal tersebut menandakan sinyal yang lemah.

Sedangkan untuk frekuensi 868 MHz pada jarak 101 hingga 150 meter, rata-rata RSSI yang dimiliki adalah -126 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka hal tersebut menandakan sinyal yang lemah.

Dari segi *packet loss*, pada rentang jarak 101 hingga 150 meter, frekuensi 433 MHz memiliki *packet loss* sebesar 60% yang mana jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk.

Sedangkan pada frekuensi 868 MHz memiliki *packet loss* sebesar 10%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal tersebut termasuk dalam rentang kategori bagus. Sehingga untuk jarak 101 hingga 150 meter, frekuensi 868 MHz lebih unggul dibandingkan dengan frekuensi 433 MHz.

Berikutnya pada jarak 151 hingga 190 meter, rata-rata RSSI yang dimiliki oleh frekuensi 433 MHz adalah -135 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka hal tersebut menandakan sinyal yang lemah.

Sedangkan untuk frekuensi 868 MHz pada jarak 151 hingga 190 meter, rata-rata RSSI yang dimiliki adalah -137 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka hal tersebut menandakan sinyal yang lemah.

Dari segi *packet loss*, pada rentang jarak 151 hingga 190 meter, frekuensi 433 MHz memiliki *packet loss* sebesar 80% yang mana jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk.

Sedangkan pada frekuensi 868 MHz memiliki *packet loss* sebesar 35%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Sehingga untuk jarak 151 hingga 190 meter, frekuensi 868 MHz lebih unggul dibandingkan dengan frekuensi 433 MHz.

Dari perbandingan hasil pengujian kedua frekuensi tersebut, dengan memperhatikan rata-rata RSSI dan nilai *packet loss* yang diperoleh pada setiap jarak pengujian, frekuensi 868 MHz lebih unggul dikarenakan memiliki hasil pengujian yang lebih baik. Maka dari itu frekuensi 868 MHz akan diterapkan pada sistem ini.

## **4.2 Pengujian Spreading Factor**

Dengan menerapkan frekuensi 868 MHz, berikut hasil pengujian *spreading factor* dengan nilai 7 hingga 12.

#### 4.2.1 Spreading Factor 7

Tabel 6. Hasil Pengujian *Spreading Factor 7*

Jarak (m)	Jumlah data dikirim	Jumlah data diterima	Rata-rata RSSI (dBm)	<i>Packet Loss</i> (%)
0 - 50	20	20	-92	0%
51 - 100	20	18	-112	10%
101 - 150	20	14	-117	30%
151 -190	20	12	-119	40%

Dari hasil pengujian SF7 pada Tabel 6, jumlah data dikirim dan jumlah data diterima didapatkan melalui hasil pengujian, rata-rata RSSI didapatkan melalui hasil pengujian, dan nilai *packet loss* didapatkan melalui perhitungan dengan menggunakan rumus pada Persamaan 1.

Dengan mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, dan mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, hasil pengujian yang didapatkan pada jarak 0 hingga 50 meter memiliki *packet loss* adalah 0% yang mana ini termasuk dalam rentang kategori sangat bagus. Sementara RSSI pada jarak tersebut memiliki rata-rata RSSI sebesar -92 dBm dimana nilai tersebut masih berada pada rentang batas ujung atas dan batas ujung bawah nilai RSSI LoRa.

Pada jarak 51 hingga 100 meter, *packet loss* yang dimiliki sebesar 10%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori bagus. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -112 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut berada lebih dekat ke batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Selanjutnya pada jarak 101 hingga 150 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 30%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori bagus. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -117 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai berada lebih dekat ke batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Kemudian pada jarak 151 hingga 190 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 40%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI

yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -119 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut berada lebih dekat ke batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

#### 4.2.2 Spreading Factor 8

**Tabel 7. Hasil Pengujian Spreading Factor 8**

Jarak (m)	Jumlah data dikirim	Jumlah data diterima	Rata-rata RSSI (dBm)	Packet Loss (%)
0 - 50	20	20	-93	0%
51 - 100	20	16	-115	20%
101 - 150	20	12	-121	40%
151 -190	20	10	-126	50%

Dari hasil pengujian SF8 pada Tabel 7, jumlah data dikirim dan jumlah data diterima didapatkan melalui hasil pengujian, rata-rata RSSI didapatkan melalui hasil pengujian, dan nilai *packet loss* didapatkan melalui perhitungan dengan menggunakan rumus pada Persamaan 1.

Dengan mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, dan mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, hasil pengujian yang didapatkan pada jarak 0 hingga 50 meter memiliki *packet loss* adalah 0% yang mana ini termasuk dalam rentang kategori sangat bagus. Sementara RSSI pada jarak tersebut memiliki rata-rata RSSI sebesar -93 dBm dimana nilai tersebut masih berada pada rentang batas ujung atas dan batas ujung bawah nilai RSSI LoRa.

Pada jarak 51 hingga 100 meter, *packet loss* yang dimiliki sebesar 20%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori bagus. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -115 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut berada lebih dekat ke batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Selanjutnya pada jarak 101 hingga 150 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 40%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet*

*loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori bagus. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -121 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Kemudian pada jarak 151 hingga 190 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 50%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -126 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

#### 4.2.3 Spreading Factor 9

**Tabel 8. Hasil Pengujian Spreading Factor 9**

Jarak (m)	Jumlah data dikirim	Jumlah data diterima	Rata-rata RSSI (dBm)	Packet Loss (%)
0 - 50	20	20	-92	0%
51 - 100	20	19	-120	5%
101 - 150	20	19	-124	5%
151 -190	20	16	-131	20%

Dari hasil pengujian SF9 pada Tabel 8, jumlah data dikirim dan jumlah data diterima didapatkan melalui hasil pengujian, rata-rata RSSI didapatkan melalui hasil pengujian, dan nilai *packet loss* didapatkan melalui perhitungan dengan menggunakan rumus pada Persamaan 1.

Dengan mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, dan mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, hasil pengujian yang didapatkan pada jarak 0 hingga 50 meter memiliki *packet loss* adalah 0% yang mana ini termasuk dalam rentang kategori sangat bagus. Sementara RSSI pada jarak tersebut memiliki rata-rata RSSI sebesar -92 dBm dimana nilai tersebut masih berada pada rentang batas ujung atas dan batas ujung bawah nilai RSSI LoRa.

Pada jarak 51 hingga 100 meter, *packet loss* yang dimiliki sebesar 5%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat

dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori bagus. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -120 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut berada lebih dekat ke batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Selanjutnya pada jarak 101 hingga 150 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 5%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori bagus. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -124 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Kemudian pada jarak 151 hingga 190 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 20%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -131 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

#### 4.2.4 Spreading Factor 10

**Tabel 9. Hasil Pengujian Spreading Factor 10**

Jarak (m)	Jumlah data dikirim	Jumlah data diterima	Rata-rata RSSI (dBm)	Packet Loss (%)
0 - 50	20	20	-100	0%
51 - 100	20	19	-128	5%
101 - 150	20	19	-131	5%
151 -190	20	16	-137	20%

Dari hasil pengujian SF10 pada Tabel 9, jumlah data dikirim dan jumlah data diterima didapatkan melalui hasil pengujian, rata-rata RSSI didapatkan melalui hasil pengujian, dan nilai *packet loss* didapatkan melalui perhitungan dengan menggunakan rumus pada Persamaan 1.

Dengan mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, dan mengacu pada jurnal yang ditulis oleh

Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, hasil pengujian yang didapatkan pada jarak 0 hingga 50 meter memiliki *packet loss* adalah 0% yang mana ini termasuk dalam rentang kategori sangat bagus. Sementara RSSI pada jarak tersebut memiliki rata-rata RSSI sebesar -100 dBm dimana nilai tersebut masih berada pada rentang batas ujung atas dan batas ujung bawah nilai RSSI LoRa.

Pada jarak 51 hingga 100 meter, *packet loss* yang dimiliki sebesar 5%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori bagus. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -128 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Selanjutnya pada jarak 101 hingga 150 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 5%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori bagus. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -131 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Kemudian pada jarak 151 hingga 190 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 20%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -137 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

#### 4.2.5 Spreading Factor 11

**Tabel 10. Hasil Pengujian Spreading Factor 11**

Jarak (m)	Jumlah data dikirim	Jumlah data diterima	Rata-rata RSSI (dBm)	Packet Loss (%)
0 - 50	20	20	-89	0%
51 - 100	20	17	-104	15%
101 - 150	20	14	-114	30%

151 -190	20	12	-121	40%
----------	----	----	------	-----

Dari hasil pengujian SF11 pada Tabel 10, jumlah data dikirim dan jumlah data diterima didapatkan melalui hasil pengujian, rata-rata RSSI didapatkan melalui hasil pengujian, dan nilai *packet loss* didapatkan melalui perhitungan dengan menggunakan rumus pada Persamaan 1.

Dengan mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, dan mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, hasil pengujian yang didapatkan pada jarak 0 hingga 50 meter memiliki *packet loss* adalah 0% yang mana ini termasuk dalam rentang kategori sangat bagus. Sementara RSSI pada jarak tersebut memiliki rata-rata RSSI sebesar -89 dBm dimana nilai tersebut masih berada pada rentang batas ujung atas dan batas ujung bawah nilai RSSI LoRa.

Pada jarak 51 hingga 100 meter, *packet loss* yang dimiliki sebesar 15%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori sedang. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -104 dBm dimana nilai tersebut masih berada pada rentang batas ujung atas dan batas ujung bawah nilai RSSI LoRa.

Selanjutnya pada jarak 101 hingga 150 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 30%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -114 dBm dimana nilai tersebut masih berada pada rentang batas ujung atas dan batas ujung bawah nilai RSSI LoRa.

Kemudian pada jarak 151 hingga 190 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 40%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -121 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

#### 4.2.6 Spreading Factor 12

Tabel 11. Hasil Pengujian *Spreading Factor 12*

Jarak (m)	Jumlah data dikirim	Jumlah data diterima	Rata-rata RSSI (dBm)	<i>Packet Loss</i> (%)
0 - 50	20	11	-67	45%
51 - 100	20	10	-92	50%
101 - 150	20	10	-104	50%
151 -190	20	9	-120	55%

Dari hasil pengujian SF12 pada Tabel 11, jumlah data dikirim dan jumlah data diterima didapatkan melalui hasil pengujian, rata-rata RSSI didapatkan melalui hasil pengujian, dan nilai *packet loss* didapatkan melalui perhitungan dengan menggunakan rumus pada Persamaan 1.

Dengan mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, dan mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, hasil pengujian yang didapatkan pada jarak 0 hingga 50 meter memiliki *packet loss* adalah 45% yang mana ini termasuk dalam rentang kategori buruk. Sementara RSSI pada jarak tersebut memiliki rata-rata RSSI sebesar -67 dBm dimana nilai tersebut masih berada pada rentang batas ujung atas dan batas ujung bawah nilai RSSI LoRa.

Pada jarak 51 hingga 100 meter, *packet loss* yang dimiliki sebesar 50%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -92 dBm dimana nilai tersebut masih berada pada rentang batas ujung atas dan batas ujung bawah nilai RSSI LoRa.

Selanjutnya pada jarak 101 hingga 150 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 50%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -104 dBm dimana nilai tersebut masih berada pada rentang batas ujung atas dan batas ujung bawah nilai RSSI LoRa.

Kemudian pada jarak 151 hingga 190 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 55%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada

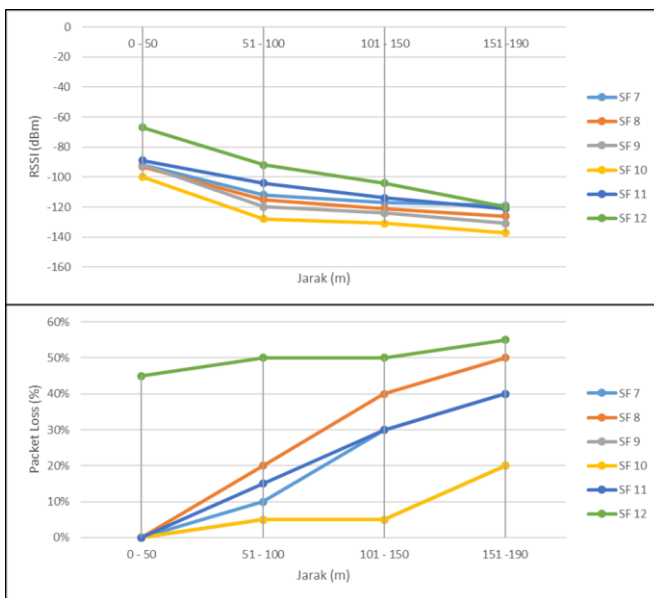
rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -120 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut tersebut berada pada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

#### 4.2.7 Perbandingan *Spreading Factor*

**Tabel 12. Perbandingan Hasil *Spreading Factor***

Jarak (m)	Rata-rata RSSI SF 7	Rata-Rata RSSI SF 8	Rata-Rata RSSI SF 9	Rata-Rata RSSI SF 10	Rata-Rata RSSI SF 11	Rata-Rata RSSI SF 12
0 - 50	-92	-93	-92	-100	-89	-67
51 - 100	-112	-115	-120	-128	-104	-92
101 - 150	-117	-121	-124	-131	-114	-104
151 - 190	-119	-126	-131	-137	-121	-120

Jarak (m)	<i>Packet Loss</i> SF 7	<i>Packet Loss</i> SF 8	<i>Packet Loss</i> SF 9	<i>Packet Loss</i> SF 10	<i>Packet Loss</i> SF 11	<i>Packet Loss</i> SF 12
0 - 50	0%	0%	0%	0%	0%	45%
51 - 100	10%	20%	5%	5%	15%	50%
101 - 150	30%	40%	5%	5%	30%	50%
151 - 190	40%	50%	20%	20%	40%	55%



**Gambar 14. Grafik Perbandingan Hasil *Spreading Factor***

Dari hasil pengujian keseluruhan *spreading factor*, Tabel 12 dan Gambar 14 dibuat untuk memudahkan membandingkan hasil pengujian *spreading factor* tersebut. Berdasarkan hasil pengujian pada jarak 0 hingga 50 meter, dapat dilihat bahwa rata-rata RSSI SF7 hingga SF12 pada jarak tersebut, jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, nilai tersebut masih berada pada rentang batas ujung atas dan batas ujung bawah nilai RSSI LoRa.

Dari sisi *packet loss* pada rentang jarak 0 hingga 50 meter, SF12 memiliki *packet loss* tertinggi yaitu 45%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Pada rentang jarak ini, SF8 memiliki kekuatan sinyal yang lebih baik daripada yang lain yaitu dengan rata-rata RSSI -89 dBm dan dengan *packet loss* 0%.

Kemudian pada jarak 51 hingga 100 meter, rata-rata RSSI terendah dimiliki oleh SF10 yaitu -128 dBm, dimana jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut berada pada rentang batas ujung bawah nilai RSSI LoRa.

Dari segi *packet loss*, pada rentang jarak 51 hingga 100 meter, SF12 memiliki *packet loss* tertinggi yaitu 50%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini

mengindikasikan bahwa sinyal tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Pada rentang jarak ini, SF9 memiliki kekuatan sinyal yang lebih baik daripada yang lain yaitu dengan rata-rata RSSI -120 dBm dan dengan *packet loss* 5%.

Selanjutnya pada jarak 101 hingga 150 meter, rata-rata RSSI terendah dimiliki oleh SF10 yaitu -131 dBm, dimana jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Dari sisi *packet loss* pada rentang jarak 101 hingga 150 meter, SF12 memiliki *packet loss* tertinggi yaitu 50%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Pada rentang jarak ini, SF9 memiliki kekuatan sinyal yang lebih baik daripada yang lain yaitu dengan rata-rata RSSI -124 dBm dan dengan *packet loss* 5%.

Berikutnya pada jarak 151 hingga 190 meter, rata-rata RSSI terendah dimiliki oleh SF10 yaitu -137 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Dari segi *packet loss*, pada rentang jarak 151 hingga 190 meter, SF12 memiliki *packet loss* tertinggi yaitu 55%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Pada rentang jarak ini, SF9 memiliki kekuatan sinyal yang lebih baik daripada yang lain yaitu dengan rata-rata RSSI -131 dBm dan dengan *packet loss* 20%.

Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan *spreading factor* yang telah dilakukan, SF9 lebih unggul dari sisi keandalan jarak, kestabilan nilai RSSI, dan besarnya *packet loss* yang dihasilkan jika dibandingkan dengan nilai SF yang lain. Maka dari itu *spreading factor* 9 akan diterapkan pada sistem ini.

#### **4.3 Pengujian Bandwidth**

Dengan menerapkan frekuensi 868 MHz dan *spreading factor* 9, berikut hasil pengujian *bandwidth* dengan nilai 125, 250, dan 500.

### 4.3.1 Bandwidth 125

Tabel 13. Hasil Pengujian *Bandwidth 125*

Jarak (m)	Jumlah data dikirim	Jumlah data diterima	Rata-rata RSSI (dBm)	<i>Packet Loss</i> (%)
0 - 50	20	20	-81	0%
51 - 100	20	20	-124	0%
101 - 150	20	16	-131	20%
151 -190	20	15	-136	25%

Dari hasil pengujian BW125 pada Tabel 13, jumlah data dikirim dan jumlah data diterima didapatkan melalui hasil pengujian, rata-rata RSSI didapatkan melalui hasil pengujian, dan nilai *packet loss* didapatkan melalui perhitungan dengan menggunakan rumus pada Persamaan 1.

Dengan mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, dan mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, hasil pengujian yang didapatkan pada jarak 0 hingga 50 meter memiliki *packet loss* adalah 0% yang mana ini termasuk dalam rentang kategori sangat bagus. Sementara RSSI pada jarak tersebut memiliki rata-rata RSSI sebesar -81 dBm dimana nilai tersebut masih berada pada rentang batas ujung atas dan batas ujung bawah nilai RSSI LoRa.

Pada jarak 51 hingga 100 meter, *packet loss* yang dimiliki sebesar 0%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori sangat bagus. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -124 dBm dimana nilai tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Selanjutnya pada jarak 101 hingga 150 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 20%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori sedang. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -131 dBm dimana nilai tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Kemudian pada jarak 151 hingga 190 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 25%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan

bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -136 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

#### 4.3.2 Bandwidth 250

**Tabel 14. Hasil Pengujian Bandwidth 250**

Jarak (m)	Jumlah data dikirim	Jumlah data diterima	Rata-rata RSSI (dBm)	Packet Loss (%)
0 - 50	20	17	-81	15%
51 - 100	20	17	-123	15%
101 - 150	20	14	-130	30%
151 -190	20	10	-139	50%

Dari hasil pengujian BW250 pada Tabel 14, jumlah data dikirim dan jumlah data diterima didapatkan melalui hasil pengujian, rata-rata RSSI didapatkan melalui hasil pengujian, dan nilai *packet loss* didapatkan melalui perhitungan dengan menggunakan rumus pada Persamaan 1.

Dengan mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, dan mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, hasil pengujian yang didapatkan pada jarak 0 hingga 50 meter memiliki *packet loss* adalah 15% yang mana ini termasuk dalam rentang kategori sedang. Sementara RSSI pada jarak tersebut memiliki rata-rata RSSI sebesar -81 dBm dimana nilai tersebut masih berada pada rentang batas ujung atas dan batas ujung bawah nilai RSSI LoRa.

Pada jarak 51 hingga 100 meter, *packet loss* yang dimiliki sebesar 15%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori sedang. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -123 dBm dimana nilai tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Selanjutnya pada jarak 101 hingga 150 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 30%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori

buruk. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -130 dBm dimana nilai tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Kemudian pada jarak 151 hingga 190 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 50%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -139 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

### 4.3.3 Bandwidth 500

**Tabel 15. Hasil Pengujian Bandwidth 500**

Jarak (m)	Jumlah data dikirim	Jumlah data diterima	Rata-rata RSSI (dBm)	Packet Loss (%)
0 - 50	20	10	-88	50%
51 - 100	20	7	-125	65%
101 - 150	20	4	-135	80%
151 -190	20	0		100%

Dari hasil pengujian BW500 pada Tabel 15, jumlah data dikirim dan jumlah data diterima didapatkan melalui hasil pengujian, rata-rata RSSI didapatkan melalui hasil pengujian, dan nilai *packet loss* didapatkan melalui perhitungan dengan menggunakan rumus pada Persamaan 1.

Dengan mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, dan mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, hasil pengujian yang didapatkan pada jarak 0 hingga 50 meter memiliki *packet loss* adalah 50% yang mana ini termasuk dalam rentang kategori buruk. Sementara RSSI pada jarak tersebut memiliki rata-rata RSSI sebesar -88 dBm dimana nilai tersebut masih berada pada rentang batas ujung atas dan batas ujung bawah nilai RSSI LoRa.

Pada jarak 51 hingga 100 meter, *packet loss* yang dimiliki sebesar 65%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -125 dBm dimana nilai tersebut berada

lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

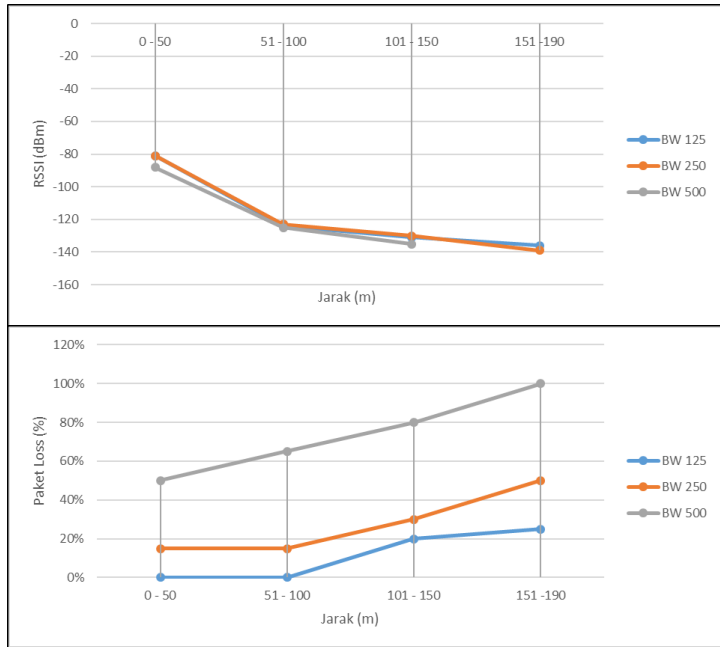
Selanjutnya pada jarak 101 hingga 150 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 80%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -135 dBm dimana nilai tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Kemudian pada jarak 151 hingga 190 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 100%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut, dikarenakan tidak adanya data yang diterima oleh perangkat penerima, maka perhitungan nilai RSSI tidak bisa dilakukan.

#### 4.3.4 Perbandingan *Bandwidth*

Tabel 16. Perbandingan Hasil *Bandwidth*

Jarak (m)	Rata-rata RSSI BW 125	Rata-rata RSSI BW 250	Rata-rata RSSI BW 500	<i>Packet Loss</i> BW 125	<i>Packet Loss</i> BW 250	<i>Packet Loss</i> BW 500
0 - 50	-81	-81	-88	0%	15%	50%
51 - 100	-124	-123	-125	0%	15%	65%
101 - 150	-131	-130	-135	20%	30%	80%
151 - 190	-136	-139		25%	50%	100%



**Gambar 15. Grafik Perbandingan Hasil *Bandwidth***

Dari hasil pengujian keseluruhan *bandwidth*, Tabel 16 dan Gambar 15 dibuat untuk memudahkan membandingkan hasil pengujian *bandwidth* tersebut. Berdasarkan hasil pengujian pada jarak 0 hingga 50 meter, dapat dilihat bahwa rata-rata RSSI BW125 hingga BW250 pada jarak tersebut, jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut masih berada pada rentang batas ujung atas dan batas ujung bawah nilai RSSI LoRa.

Dari sisi *packet loss* pada rentang jarak 0 hingga 50 meter, BW500 memiliki *packet loss* tertinggi yaitu 50%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Pada rentang jarak ini, BW125 memiliki kekuatan sinyal yang lebih baik daripada yang lain yaitu dengan rata-rata RSSI -81 dBm dan dengan *packet loss* 0%.

Kemudian pada jarak 51 hingga 100 meter, rata-rata RSSI terendah dimiliki oleh BW500 yaitu -125 dBm, dimana jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut

berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Dari segi *packet loss*, pada rentang jarak 51 hingga 100 meter, BW500 memiliki *packet loss* tertinggi yaitu 65%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Pada rentang jarak ini, BW125 memiliki kekuatan sinyal yang lebih baik daripada yang lain yaitu dengan rata-rata RSSI -124 dBm dan dengan *packet loss* 0%.

Selanjutnya pada jarak 101 hingga 150 meter, rata-rata RSSI terendah dimiliki oleh BW500 yaitu -135 dBm, dimana jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Dari sisi *packet loss* pada rentang jarak 101 hingga 150 meter, BW500 memiliki *packet loss* tertinggi yaitu 80%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Pada rentang jarak ini, BW125 memiliki kekuatan sinyal yang lebih baik daripada yang lain yaitu dengan rata-rata RSSI -131 dBm dan dengan *packet loss* 20%.

Berikutnya pada jarak 151 hingga 190 meter, rata-rata RSSI terendah dimiliki oleh BW500 dikarenakan tidak adanya data yang diterima oleh perangkat penerima. Dari segi *packet loss*, pada rentang jarak 151 hingga 190 meter, BW500 memiliki *packet loss* tertinggi yaitu 100%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Pada rentang jarak ini, BW125 memiliki kekuatan sinyal yang lebih baik daripada yang lain yaitu dengan rata-rata RSSI -136 dBm dan dengan *packet loss* 25%.

Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan *spreading factor* yang telah dilakukan, BW125 lebih unggul dari sisi keandalan jarak, kestabilan nilai RSSI, dan besarnya *packet loss* yang dihasilkan jika dibandingkan dengan nilai BW yang lain. Maka dari *bandwidth* 125 akan diterapkan pada sistem ini.

#### **4.4 Pengujian Coding Rate**

Dengan menerapkan frekuensi 868 MHz, *spreading factor* 9, dan *bandwidth* 125, berikut hasil pengujian *coding rate* dengan nilai 4/5, 4/6, dan 4/7.

#### 4.4.1 Coding Rate 4/5

Tabel 17. Hasil Pengujian Coding Rate 4/5

Jarak (m)	Jumlah data dikirim	Jumlah data diterima	Rata-rata RSSI (dBm)	Packet Loss (%)
0 - 50	20	18	-89	10%
51 - 100	20	18	-112	10%
101 - 150	20	17	-121	15%
151 -190	20	17	-128	15%

Dari hasil pengujian CR4/5 pada Tabel 17, jumlah data dikirim dan jumlah data diterima didapatkan melalui hasil pengujian, rata-rata RSSI didapatkan melalui hasil pengujian, dan nilai *packet loss* didapatkan melalui perhitungan dengan menggunakan rumus pada Persamaan 1.

Dengan mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, dan mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, hasil pengujian yang didapatkan pada jarak 0 hingga 50 meter memiliki *packet loss* adalah 10% yang mana ini termasuk dalam rentang kategori bagus. Sementara RSSI pada jarak tersebut memiliki rata-rata RSSI sebesar -89 dBm dimana nilai tersebut masih berada pada rentang batas ujung atas dan batas ujung bawah nilai RSSI LoRa.

Pada jarak 51 hingga 100 meter, *packet loss* yang dimiliki sebesar 10%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori bagus. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -112 dBm dimana nilai tersebut masih berada pada rentang batas ujung atas dan batas ujung bawah nilai RSSI LoRa.

Selanjutnya pada jarak 101 hingga 150 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 15%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori sedang. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -121 dBm dimana nilai tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Kemudian pada jarak 151 hingga 190 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 15%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori sedang. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -128 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

#### 4.4.2 Coding Rate 4/6

**Tabel 18. Hasil Pengujian Coding Rate 4/6**

Jarak (m)	Jumlah data dikirim	Jumlah data diterima	Rata-rata RSSI (dBm)	<i>Packet Loss</i> (%)
0 - 50	20	18	-98	10%
51 - 100	20	18	-113	10%
101 - 150	20	17	-121	15%
151 -190	20	17	-127	15%

Dari hasil pengujian CR4/6 pada Tabel 18, jumlah data dikirim dan jumlah data diterima didapatkan melalui hasil pengujian, rata-rata RSSI didapatkan melalui hasil pengujian, dan nilai *packet loss* didapatkan melalui perhitungan dengan menggunakan rumus pada Persamaan 1.

Dengan mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, dan mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, hasil pengujian yang didapatkan pada jarak 0 hingga 50 meter memiliki *packet loss* adalah 10% yang mana ini termasuk dalam rentang kategori bagus. Sementara RSSI pada jarak tersebut memiliki rata-rata RSSI sebesar -98 dBm dimana nilai tersebut masih berada pada rentang batas ujung atas dan batas ujung bawah nilai RSSI LoRa.

Pada jarak 51 hingga 100 meter, *packet loss* yang dimiliki sebesar 10%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori bagus. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -113 dBm dimana nilai tersebut masih berada pada rentang batas ujung atas dan batas ujung bawah nilai RSSI LoRa.

Selanjutnya pada jarak 101 hingga 150 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 15%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori sedang. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -121 dBm dimana nilai tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Kemudian pada jarak 151 hingga 190 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 15%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori sedang. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -127 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

#### 4.4.3 Coding Rate 4/7

**Tabel 19. Hasil Pengujian Coding Rate 4/7**

Jarak (m)	Jumlah data dikirim	Jumlah data diterima	Rata-rata RSSI (dBm)	Packet Loss (%)
0 - 50	20	18	-91	10%
51 - 100	20	17	-108	15%
101 - 150	20	17	-124	15%
151 - 190	20	16	-131	20%

Dari hasil pengujian CR4/7 pada Tabel 19, jumlah data dikirim dan jumlah data diterima didapatkan melalui hasil pengujian, rata-rata RSSI didapatkan melalui hasil pengujian, dan nilai *packet loss* didapatkan melalui perhitungan dengan menggunakan rumus pada Persamaan 1.

Dengan mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, dan mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, hasil pengujian yang didapatkan pada jarak 0 hingga 50 meter memiliki *packet loss* adalah 10% yang mana ini termasuk dalam rentang kategori bagus. Sementara RSSI pada jarak tersebut memiliki rata-rata RSSI sebesar -91 dBm dimana nilai

tersebut masih berada pada rentang batas ujung atas dan batas ujung bawah nilai RSSI LoRa.

Pada jarak 51 hingga 100 meter, *packet loss* yang dimiliki sebesar 15%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori sedang. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -108 dBm dimana nilai tersebut masih berada pada rentang batas ujung atas dan batas ujung bawah nilai RSSI LoRa.

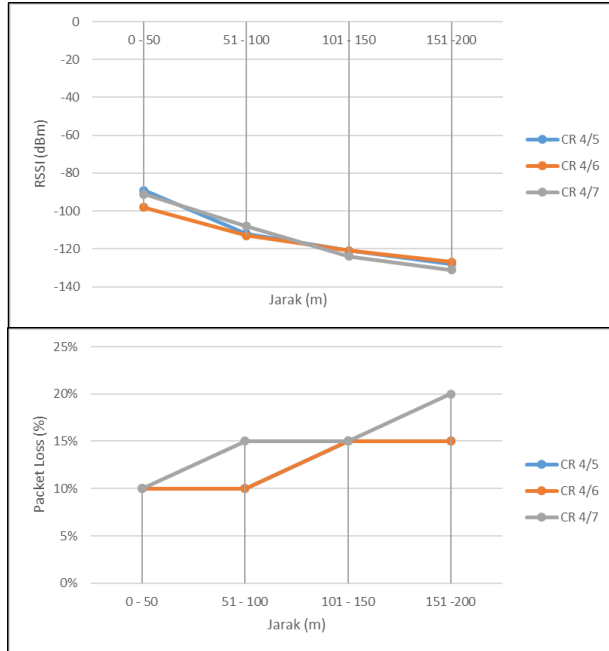
Selanjutnya pada jarak 101 hingga 150 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 15%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori sedang. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -124 dBm dimana nilai tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Kemudian pada jarak 151 hingga 190 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 20%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori sedang. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -131 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

#### 4.4.4 Perbandingan Coding Rate

Tabel 20. Perbandingan Hasil Coding Rate

Jarak (m)	Rata-rata RSSI CR 4/5	Rata-rata RSSI CR 4/6	Rata-rata RSSI CR 4/7	Packet Loss CR 4/5	Packet Loss CR 4/6	Packet Loss CR 4/7
0 - 50	-89	-98	-91	10%	10%	10%
51 - 100	-112	-113	-108	10%	10%	15%
101 - 150	-121	-121	-124	15%	15%	15%
151 - 190	-128	-127	-131	15%	15%	20%



**Gambar 16. Grafik Perbandingan Hasil Coding Rate**

Dari hasil pengujian keseluruhan *coding rate*, Tabel 20 dan Gambar 16 dibuat untuk memudahkan membandingkan hasil pengujian *coding rate* tersebut. Berdasarkan hasil pengujian pada jarak 0 hingga 50 meter, dapat dilihat bahwa rata-rata RSSI CR4/5 hingga CR4/7 pada jarak tersebut, jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut masih berada pada rentang batas ujung atas dan batas ujung bawah nilai RSSI LoRa.

Dari sisi *packet loss* pada rentang jarak 0 hingga 50 meter, CR4/5 hingga CR4/7 memiliki nilai yang sama yaitu 10%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal tersebut termasuk dalam rentang kategori bagus. Pada rentang jarak ini, CR4/5 memiliki kekuatan sinyal yang lebih baik daripada yang lain yaitu dengan rata-rata RSSI -89 dBm dan dengan *packet loss* 10%.

Kemudian pada jarak 51 hingga 100 meter, rata-rata RSSI terendah dimiliki oleh CR4/6 yaitu -113 dBm, dimana jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut

masih berada pada rentang batas ujung atas dan batas ujung bawah nilai RSSI LoRa.

Dari segi *packet loss*, pada rentang jarak 51 hingga 100 meter, CR4/7 memiliki *packet loss* tertinggi yaitu 15%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal tersebut termasuk dalam rentang kategori sedang. Pada rentang jarak ini, CR4/5 memiliki kekuatan sinyal yang lebih baik daripada yang lain yaitu dengan rata-rata RSSI -112 dBm dan dengan *packet loss* 10%.

Selanjutnya pada jarak 101 hingga 150 meter, rata-rata RSSI terendah dimiliki oleh CR4/7 yaitu -124 dBm, dimana jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Dari sisi *packet loss* pada rentang jarak 101 hingga 150 meter, CR4/5 hingga CR4/7 memiliki *packet loss* yang sama yaitu 15%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal tersebut termasuk dalam rentang kategori sedang. Pada rentang jarak ini, CR4/5 dan CR4/6 memiliki kekuatan sinyal yang lebih baik daripada yang lain yaitu dengan rata-rata RSSI -121 dBm dan dengan *packet loss* 15%.

Berikutnya pada jarak 151 hingga 190 meter, rata-rata RSSI terendah dimiliki oleh CR4/7 yaitu -131 dBm, dimana jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Dari segi *packet loss*, pada rentang jarak 151 hingga 190 meter, CR4/7 memiliki *packet loss* tertinggi yaitu 20%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal tersebut termasuk dalam rentang kategori sedang. Pada rentang jarak ini, CR4/6 memiliki kekuatan sinyal yang lebih baik daripada yang lain yaitu dengan rata-rata RSSI -127 dBm dan dengan *packet loss* 15%.

Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan *coding rate* yang telah dilakukan, CR4/5 lebih unggul dari sisi keandalan jarak, kestabilan nilai RSSI, dan besarnya *packet loss* yang dihasilkan jika dibandingkan dengan nilai CR yang lain. Maka dari *coding rate* 4/5 akan diterapkan pada sistem ini.

## 4.5 Pengujian pada LoS Area

Setelah mendapatkan nilai parameter yang baik dari hasil pengujian pada non LoS area, maka dilakukan pengujian terakhir dengan menggabungkan keseluruhan nilai dengan frekuensi 868 MHz, *spreading factor* 9, *bandwidth* 125, dan *coding rate* 4/5. Pengujian pada LoS Area dilakukan untuk melakukan konfirmasi apakah hasil parameter yang sudah didapatkan dapat bekerja atau bahkan bekerja lebih baik daripada non LoS area, mengingat LoS area merupakan area di mana perangkat pengirim dan perangkat penerima tidak terhalang oleh kondisi lingkungan. Pengujian ini dilakukan di LoS area dengan jarak 400 meter antara perangkat pengirim dan perangkat penerima. Pada pengujian ini juga didapatkan hasil berupa rata-rata RSSI dan *packet loss*.



**Gambar 17. Area pengujian LoS Area**

**Tabel 21. Hasil Pengujian pada LoS Area**

Jarak (m)	Jumlah data dikirim	Jumlah data diterima	Rata-rata RSSI (dBm)	Packet Loss (%)
0 - 100	20	20	-95	0%
101 - 200	20	18	-115	10%
201 - 300	20	17	-119	15%
301 - 400	20	14	-123	30%

Dari hasil pengujian LoS area pada Tabel 21, jumlah data dikirim dan jumlah data diterima didapatkan melalui hasil pengujian, rata-rata RSSI didapatkan melalui hasil pengujian, dan nilai *packet loss* didapatkan melalui perhitungan dengan menggunakan rumus pada Persamaan 1.

Dengan mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, dan mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, hasil pengujian yang didapatkan pada jarak 0 hingga 100 meter memiliki *packet loss* adalah 0% yang mana ini termasuk dalam rentang kategori sangat bagus. Sementara RSSI pada jarak tersebut memiliki rata-rata RSSI sebesar -95 dBm dimana nilai tersebut masih berada pada rentang batas ujung atas dan batas ujung bawah nilai RSSI LoRa.

Pada jarak 101 hingga 200 meter, *packet loss* yang dimiliki sebesar 10%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori bagus. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -115 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut berada lebih dekat ke batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Selanjutnya pada jarak 201 hingga 300 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 15%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori sedang. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -119 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut berada lebih dekat ke batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Kemudian pada jarak 301 hingga 400 meter, *packet loss* yang didapatkan sebesar 30%. Jika mengacu pada tabel standar kategori *packet loss* oleh ETSI yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal ini mengindikasikan

bahwa sinyal pada rentang jarak tersebut termasuk dalam rentang kategori buruk. Sementara untuk RSSI pada jarak tersebut sebesar -123 dBm. Jika mengacu pada jurnal yang ditulis oleh Rahabul Islam dkk mengenai kategori nilai RSSI, maka nilai tersebut tersebut berada lebih rendah daripada batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

Dengan demikian, nilai parameter yang sudah dilakukan pengujian pada non LoS area juga dapat diterapkan pada LoS area, yang mana pada hal ini, nilai parameter nya adalah dengan menggunakan frekuensi 868 MHz, *spreading factor* 9, *bandwidth* 125, dan *coding rate* 4/5. Hasil pengujian yang didapatkan pada LoS area mendukung hingga 100 meter lebih jauh dari jarak pengujian non LoS area dengan kategori nilai *packet loss* sedang, dan rata-rata RSSI berada lebih dekat ke batas ujung bawah nilai RSSI LoRa yang berindikasi lemah yaitu di -120 dBm.

## 4.6 Penerapan Hasil Pengujian

Hasil pengujian nilai tertentu pada parameter yaitu frekuensi komunikasi menggunakan 868 MHz, *spreading factor* dengan nilai 9, *bandwidth* 125, dan *coding rate* 4/5 digunakan pada tugas akhir ini. Penerapan ini dilakukan dengan menggunakan dua perangkat pengirim dan satu perangkat penerima. Sistem bekerja dengan baik yang mana data dapat terkirim oleh perangkat pengirim dan diterima oleh perangkat penerima.



Gambar 18. Penerapan Hasil Pengujian

## Bab 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Sistem dapat diterapkan dengan baik berdasarkan pada area yang sudah diuji dengan menerapkan nilai parameter yang sudah didapatkan.
2. Nilai parameter LoRa yang terbaik didapatkan setelah melalui tahap pengujian, analisis, dan perbandingan pada setiap nilai parameter tersebut, yaitu Frekuensi 868 MHz, *Spreading Factor* 9, *Bandwidth* 125, dan *Coding Rate* 4/5.
3. *Monitoring* penggunaan mesin las dengan menggunakan LoRa dapat diterapkan.

### 5.2 Saran

Dalam penyelesaian tugas akhir ini, tentu masih terdapat banyak hal lain yang dapat ditelusuri lebih lanjut. Oleh karenanya, saran yang dapat penulis berikan adalah sebagai berikut:

1. Mencoba dan menganalisis parameter lain yang dapat diatur untuk lebih mengoptimalkan pengiriman data LoRa.
2. Melakukan pengujian keseluruhan parameter pada LoS Area untuk menambah data pengujian.
3. Mencoba menggunakan *microcontroller* atau modul LoRa yang lain sebagai bahan perbandingan.
4. Mencoba pengujian jarak yang lebih jauh pada non LoS Area.
5. Menambahkan pengujian pengaruh cuaca ataupun pengaruh eksternal lainnya pengiriman data LoRa.
6. Menambahkan pengujian pengaruh ukuran / panjang data yang dikirim terhadap kualitas pengiriman data LoRa.

## Daftar Pustaka

- [1] J. Suraya, "Kreasi Muda Indonesia," 20 June 2022. [Online]. Available: <https://kreasimudaindonesia.com/simak-fungsi-welding-pengelasan-dalam-industri-manufaktur/>. [Accessed 15 June 2023].
- [2] Deepublish Store, "Deepublish Store," 30 May 2020. [Online]. Available: <https://deepublishstore.com/blog/computer-based-test/>. [Accessed 15 June 2023].
- [3] M. Yunus, "Medium," 12 June 2018. [Online]. Available: <https://yunusmuhammad007.medium.com/1-lora-sistem-komunikasi-wireless-jarak-jauh-dan-berdaya-rendah-70dfc4d3c97d>. [Accessed 15 June 2023].
- [4] S. A. Hashmi, "Spacewell," 21 March 2023. [Online]. Available: <https://spacewell.com/resources/blog/building-iot-does-lora-interfere-with-wi-fi/>. [Accessed 15 June 2023].
- [5] A. S. A. I. M. F. A. R. Akram H. Jebril, "Overcoming Limitations of LoRa Physical Layer in Image Transmission," *MDPI*, p. 22, 2018.
- [6] I. P. Setiawan, Analisis Parameter LoRa pada Lingkungan Indoor, Surabaya, 2020.
- [7] S. S. M. M. R. Asma Yanziah, ANALISIS JARAK JANGKAUAN LORA DENGAN PARAMETER RSSI DAN PACKET LOSS PADA AREA URBAN, Palembang, 2020.
- [8] K. A. R. A. S. Haidar Harfi Hadhiansah, *Analisis Karakteristik Transmisi LORA dalam Ruangan*, vol. 7, p. 9, 2023.
- [9] I. A. Ansyari, Analisis Performansi Kinerja Sistem Komunikasi Long Range (Lora) Pada Daerah Juata Laut Kota Tarakan, Tarakan: Perpustakaan UBT : Universitas Borneo Tarakan., 2022, 2022.
- [10] J. M. R. R. F. I. F. T. P. Eko Saputro, *IMPLEMENTASI SISTEM KOMUNIKASI LORA SX1276 UNTUK MENGUKUR SUHU DAN KELEMBABAN DI UDARA MENGGUNAKAN DRONE*, vol. 10, p. 11, 2021.
- [11] M. R. Adani, "Sekawan Media," 23 November 2020. [Online]. Available: <https://www.sekawanmedia.co.id/blog/apa-itu-internet-of-things/>. [Accessed 21 June 2023].
- [12] Choovio, "Choovio," 18 May 2021. [Online]. Available: <https://www.choovio.com/difference-between-lora-and-lorawan/>. [Accessed 21 June 2023].

- [13] J. T. Aji, in *PENINGKATAN PERFORMA LORA (LONG RANGE) PADA FREKUENSI 923 MHZ DENGAN PENGKODEAN PARAMETER FISIK LORA*, Lampung, 2022, p. 51.
- [14] S. Goshliya, "sghoslya," 2018. [Online]. Available: <https://www.sghoslya.com/p/lora-is-chirp-spread-spectrum.html>. [Accessed 21 June 2023].
- [15] J. Matondang, "josefmd," 6 August 2018. [Online]. Available: <https://josefmd.com/2018/08/06/spreading-factor-bandwidth-coding-rate-and-bit-rate-in-lora/>. [Accessed 21 June 2023].
- [16] The Things Network, "The Things Network," [Online]. Available: <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/fec-and-code-rate/>. [Accessed 15 June 2023].
- [17] M. W. R. R. M. M. H. M. M. R. M. M. R. Rahabul Islam, "LoRa and server-based home automation using the internet of things (IoT)," vol. 34, p. 10, 2022.
- [18] ETSI, *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General aspects of Quality of Service (QoS)*, 1999.
- [19] Heltec Automation, *WiFi LoRa 32 (V2) LoRa Node Development Kit*, 2020.
- [20] Heltec Automation, [Online]. Available: [https://heltec.org/wp-content/uploads/2020/04/SAM\\_0748\\_800X800.png](https://heltec.org/wp-content/uploads/2020/04/SAM_0748_800X800.png). [Accessed 15 June 2023].
- [21] Wikibooks, 23 January 2023. [Online]. Available: [https://en.wikibooks.org/wiki/C\\_Programming/String\\_manipulation](https://en.wikibooks.org/wiki/C_Programming/String_manipulation). [Accessed 11 May 2024].

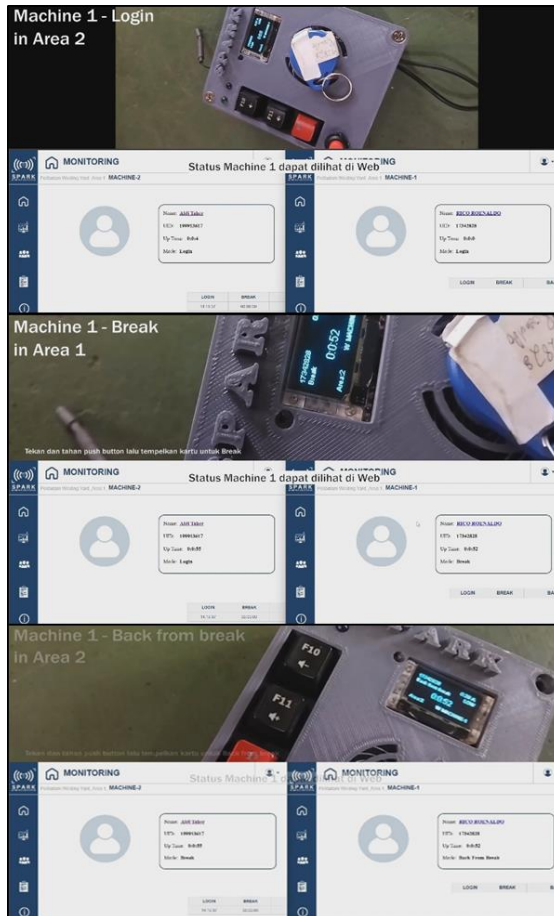
## Biodata



Nama : Ananta Boyke Kusuma  
TTL : Batam, 2 Maret 2001  
Agama : Islam  
Alamat : Bengkong Harapan 2 Blok R Jl.  
Bougenfile No. 35  
Email : anantaboyke21@gmail.com  
Riwayat Pendidikan : SMA/SMK : SMKN 1 Batam  
SMP : MTsN 1 Batam

# Lampiran

## A. Dokumentasi Alat



Gambar 19. Dokumentasi Alat

## B. Dokumentasi Video

Link : [https://youtu.be/wrO3o21heAo?si=Yp-GAAkz\\_TSW85Ab](https://youtu.be/wrO3o21heAo?si=Yp-GAAkz_TSW85Ab)