

ANALISIS KONEKTIVITAS PADA KOMUNIKASI PERANGKAT KOMUNIKASI DARURAT UNTUK PENDAKI GUNUNG BERBASIS IOT DAN LORA

1st Hidayat

Telecommunication Engineering
Telkom University Surabaya
Surabaya, Indonesia

hidayatt@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Fannush Shofi Akbar

Telecommunication Engineering
Telkom University Surabaya
Surabaya, Indonesia

fannushakbar@telkomuniversity.ac.id

3rd Nilla Rachmaningrum

Telecommunication Engineering
Telkom University Surabaya
Surabaya, Indonesia

nrachmaningrum@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konektivitas pada sistem komunikasi perangkat darurat untuk pendaki gunung berbasis *Internet of Things* (IoT) dan teknologi LoRa. Fokus utama adalah menentukan performansi terbaik teknologi LoRa berdasarkan parameter *Spreading Factor* (SF) dan *Coding Rate* (CR), yang memengaruhi pengukuran *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) dan *packet loss* di pegunungan. Penelitian membandingkan kinerja konektivitas LoRa dalam kondisi *Line of Sight* (LOS) dan *Non-Line of Sight* (NLOS) pada perangkat komunikasi darurat. Alat yang digunakan adalah LoRa Breakout V2 yang terhubung dengan ESP32 untuk komunikasi point-to-point. Hasil menunjukkan bahwa dalam kondisi LOS, jarak komunikasi mencapai 100 meter hingga 1 kilometer, sedangkan dalam kondisi NLOS berkisar antara 100 meter hingga 500 meter. Implementasi alat menggunakan modul LoRa Breakout V2 dengan ESP32 berhasil, mencapai jarak 100 meter hingga 1 km di LOS dan NLOS. Konfigurasi terbaik di LOS adalah SF 7 dengan CR 4/8 dengan rata-rata RSSI -103 dBm, sementara di NLOS, SF 10 dengan CR 4/6 menghasilkan RSSI -101 dBm. Hambatan seperti pohon dan cuaca memengaruhi transmisi sinyal, tetapi alat ini menunjukkan performa yang memadai dalam berbagai kondisi.

Kata kunci— Konektivitas, Lora, *Received Signal Strength Indicator* (RSSI), *Packet Loss*.

I. PENDAHULUAN

Semakin banyak orang yang mendaki gunung, baik kelompok pecinta alam, peneliti, maupun masyarakat umum, untuk menikmati pemandangan alam dari puncak gunung[1]. Namun, pendakian juga membawa risiko, seperti kelelahan, tersesat, dan penyakit mendadak, yang dapat berujung pada kematian. Di area pegunungan, akses internet terbatas, sehingga pencarian pendaki yang hilang sering dilakukan secara konvensional[2].

Untuk mengatasi masalah ini, pendaki membutuhkan alat komunikasi darurat berbasis LoRa. Teknologi *Long Range* (LoRa) yang dikembangkan oleh Semtech memungkinkan komunikasi jarak jauh tanpa kabel dengan cakupan hingga 15 km[3]. LoRa terintegrasi dengan *Internet of Things* (IoT), memungkinkan pengiriman data secara real-time dengan konsumsi daya rendah, cocok untuk perangkat

yang memerlukan kecepatan transfer data kurang dari 50 kbps[4].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja LoRa dalam perangkat komunikasi darurat untuk pendaki gunung, dengan fokus pada parameter jarak, *Received Signal Strength Indicator* (RSSI), dan *packet loss*. Beberapa skenario akan dirancang untuk mengevaluasi kinerja LoRa. Diharapkan, penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang kinerja LoRa dan meningkatkan penerapannya dalam alat komunikasi darurat[5].

II. KAJIAN TEORI

A. Komunikasi darurat

Komunikasi darurat adalah proses penyebaran informasi yang cepat, efektif, dan akurat dalam situasi darurat seperti bencana alam, kebakaran, atau kejadian lain yang memerlukan tanggapan cepat dan koordinasi yang baik. Dalam situasi darurat, komunikasi sangat penting bagi petugas dan relawan di lapangan. Kesuksesan operasi penyelamatan dan penyebaran bantuan untuk penanganan dan penanggulangan musibah atau bencana dipengaruhi oleh komunikasi[6].

B. *Internet of Things*

Metode ini memungkinkan komunikasi dan pemantauan objek dari jarak jauh melalui jaringan internet. Perangkat komunikasi terdiri dari sensor yang menerima data dari objek atau lingkungan sekitar. Setelah menerima data tersebut, perangkat komunikasi menggunakan mikrokontroler untuk memproses informasi yang diperoleh. Setelah proses pengolahan data selesai, informasi tersebut dikirim ke perangkat monitoring atau *database online* yang terhubung ke internet. Dengan cara ini, siapa pun yang terhubung ke jaringan internet-baik melalui komputer, aplikasi *desktop*, maupun ponsel pintar-dapat mengakses data kapan saja dan di mana saja[7].

C. Lora

Long Range adalah produk dari modul teknologi konektivitas nirkabel yang dirancang khusus untuk sistem *Internet of Things* (IoT). Ini merupakan solusi jaringan area luas yang menawarkan komunikasi jarak jauh dengan konsumsi daya yang sangat rendah dan tingkat keamanan

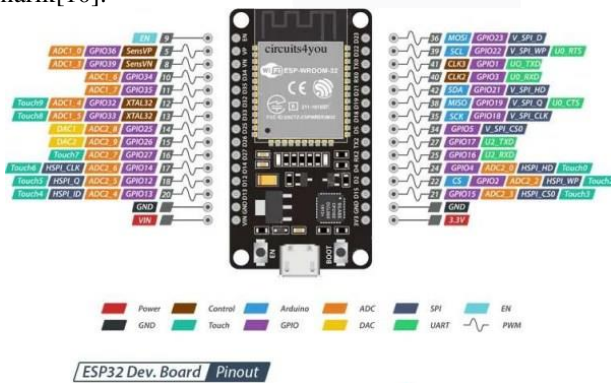
yang lebih baik. LoRa sangat cocok untuk aplikasi IoT. Dalam spektrum ISM yang terbuka, LoRa memungkinkan perancang sistem untuk membangun jaringan mereka sendiri. Selain itu, pengelolaan kecepatan data memungkinkan penyesuaian sensitivitas dalam kanal *bandwidth* tetap. Modul LoRa beroperasi pada lapisan fisik tetapi dapat dengan mudah dikonfigurasi pada lapisan yang lebih tinggi, memungkinkan LoRa untuk terintegrasi dan berfungsi dengan arsitektur jaringan yang sudah ada. Teknologi ini juga meningkatkan efisiensi jaringan dengan mengurangi interferensi[8][9].



GAMBAR 1
(Modul Lora[10])

D. ESP32

Espressif Systems telah mengembangkan teknologi baru sebagai penerus dari ESP8266, yaitu ESP32. *Mikrokontroler* ini memiliki keunggulan karena dilengkapi dengan chip yang terintegrasi untuk WiFi dan *Bluetooth*, sehingga sangat mendukung pembuatan sistem *Internet of Things* (IoT). Selain itu, desainnya yang kokoh, konsumsi daya yang rendah, dan kemampuannya untuk berfungsi sebagai perangkat pendukung menjadikannya pilihan yang menarik[10].



GAMBAR 2
(ESP32[10])

E. Arduino IDE

Untuk membuat sistem dengan *mikrokontroler*, Anda memerlukan aplikasi yang disebut *Arduino Integrated Development Environment* (IDE), yang dapat digunakan untuk memberikan perintah atau coding untuk *mikrokontroler* ESP32.

digunakan untuk memprogram *mikrokontroler* dengan instruksi yang diinginkan untuk membuat alat yang dapat melakukan banyak hal. Kode sumber kode Arduino, dengan ekstensi *file source code*, adalah istilah yang sering digunakan untuk menggambarkan kode program yang dibuat

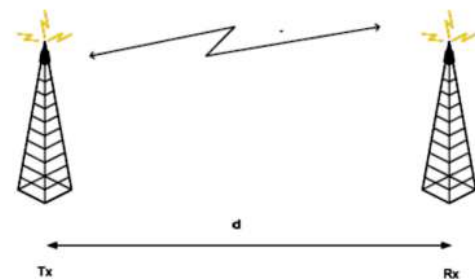
oleh Arduino uno. Bahasa pemrograman C adalah dasar untuk membuat program ini[10].



GAMBAR 3
(Arduino IDE[11])

F. Line of Sight

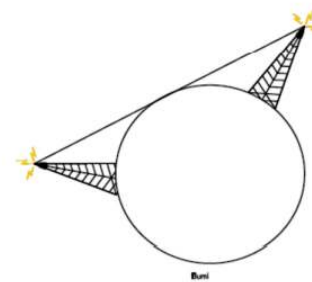
LoS (*Line of Sight*) adalah garis pandang antara stasiun pengirim dan stasiun penerima yang saling berhadapan tanpa ada hambatan di antara keduanya[9].



GAMBAR 4
(Line of Sight[12])

G. Non-Line of Sight

NLoS (*Non-Line of Sight*) adalah kondisi di mana pandangan langsung dan zona Fresnel terhalang sepenuhnya oleh objek. Umumnya, jika hal ini terjadi, koneksi akan terputus total. Untuk mengatasi masalah ini, perlu dilakukan penambahan ketinggian pada salah satu atau kedua titik agar kondisi LoS dapat dipenuhi Kembali[13].



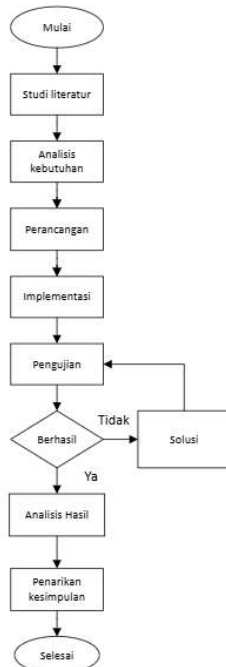
GAMBAR 5
(Non-Line of Sight[12])

III. METODE

A. Diagram alir penelitian

Diagram alir penelitian menggambarkan alur membuat Konektivitas pada perangkat komunikasi darurat. Proses berjalannya diawali dengan Studi literatur yang didapatkan Tinjauan Pustaka, lalu menganalisis modul apa saja yang akan digunakan untuk membuat prototipe sistem komunikasi dapat, dilanjutkan membuat perancangan yang akan dibuat

Model Perancangan, Setelah membuat perancangan dilanjutkan mengimplementasikan dari perancangan yang sudah dibuat menjadi sebuah alat, apabila alat yang diimplementasikan sudah siap untuk diuji dilanjutkan dengan pengujian alat menggunakan parameter yang sudah ditentukan apabila pada saat pengujian alat mengalami kegagalan mencari solusi untuk diimplementasikan kembali, setelah mendapatkan hasil bisa dilanjutkan dengan menarik kesimpulan.



GAMBAR 6
(Diagram Alur Penelitian)

B. Analisis Kebutuhan

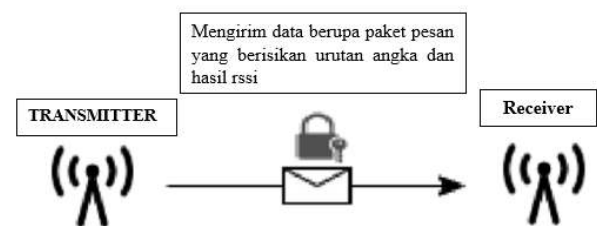
Pada bab ini, akan dibahas mengenai analisis kebutuhan untuk perancangan Konektivitas menggunakan teknologi LoRa (*Long Range*).

Nama Barang	Jumlah	Fungsi
Lora Breakout V2	2	Memungkinkan perangkat untuk saling terhubung dan bertukar data secara point-to-point dengan jangkauan yang luas
ESP32	2	Mikrokontroler yang berfungsi sebagai otak atau pengendali utama dari sistem komunikasi <i>point-to-point</i> .
Kabel Jumper	16	Digunakan untuk menghubungkan komponen-komponen dalam sistem, seperti menghubungkan ESP32 dengan LoRa Breakout V2.
Board Kecil	2	sebagai tempat untuk menempatkan dan menyusun komponen-komponen sistem, seperti ESP32 dan LoRa Breakout V2.

Antena 5 dBi	2	untuk memperkuat dan memperluas jangkauan sinyal nirkabel LoRa.
Kabel data	2	Kabel data digunakan untuk menghubungkan mikrokontroler (misalnya ESP32) dengan komputer atau perangkat pemrograman.

C. Model Perancangan

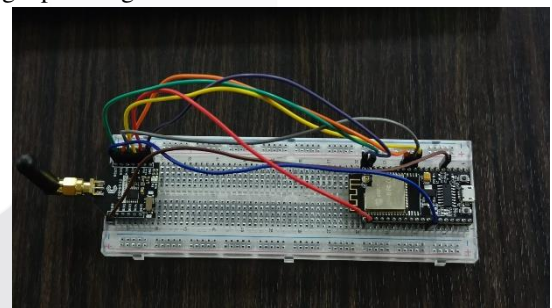
Pada model perancangan ini akan membuat konektivitas *point to point*. Transmitter berfungsi untuk mengirimkan data ke Receiver. Data yang dikirim berupa paket pesan yang berisi urutan angka dari Transmitter (Tx), yang nantinya akan dibandingkan dengan data yang diterima oleh Receiver (Rx). Receiver berfungsi untuk menerima data dari transmitter dan menampilkan data tersebut pada *serial monitor software* Arduino IDE. Data yang ditampilkan berupa pesan paket dan nilai RSSI (*Received Signal Strength Indicator*).



GAMBAR 7
(Model Perancangan)

D. Implementasi Desain Sistem

Desain Tx dan Rx sistem terdapat rangkaian komponen transmitter dan receiver menggunakan perangkat keras yang dilengkapi dengan mikrokontroler ESP32-s dan LoRa

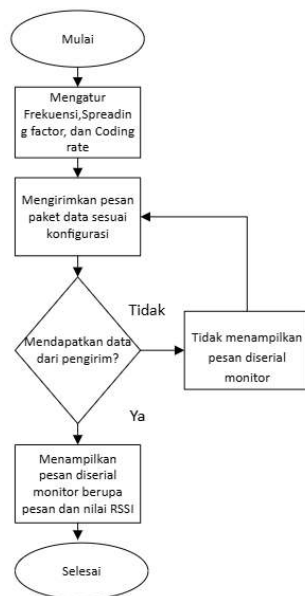


GAMBAR 8
(Alat yang sudah dibuat)

Breakout V2. Pada perancangan alat ini modul Lora menggunakan Frekuensi 915 MHz.

E. Sistem Sensor Node

Sistem *sensor node* dimulai dari Konfigurasi pada Transmitter dilakukan terlebih dahulu sebelum mengirimkan pesan menuju Receiver. Konfigurasi yang dilakukan meliputi *Spreading Factor* dan *Coding Rate*. Setelah itu Transmitter mengirimkan paket data menuju Receiver. Receiver akan menunggu untuk menerima data yang dikirimkan oleh Transmitter. Jika ada paket yang diterima pada Receiver akan ditampilkan pada *serial monitor* guna mempermudah untuk dilakukan pengamatan.



GAMBAR 9
(Skenario Pengujian)

F. Skenario Pengujian

Pengujian diawali dengan mengatur parameter transmisi yang akan digunakan. Pengaturan tersebut meliputi *Spreading Factor* dan *Coding Rate*. Kemudian memulai mengirim data dari *transmitter* menuju *receiver*. Kemudian untuk pengujian RSSI yang telah didapatkan pada *receiver* ditampilkan pada *serial monitor software* arduino IDE. Dari hasil yang didapatkan divalidasi dengan parameter pengukuran yang sudah ditentukan. Kemudian data akan diolah dan dianalisis. Dari hasil analisis akan didapatkan sebuah kesimpulan.

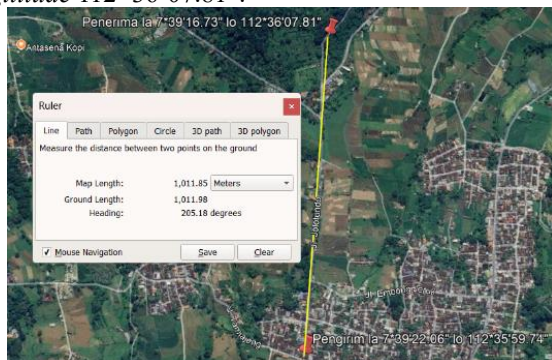
G. Penentuan Lokasi Pengujian

Penelitian ini akan dilakukan di dua tempat yang berbeda, untuk pengujian LOS (*line of Sight*) dilokasi Jl. Jolotundo – Jl. Tamiajeng 55, Ds Tamiajeng, Kec. Trawas, Kab Mojokerto dan N-LOS (*Non-line of Sight*) dilokasi Bukit lorokan – bukit rengganis, Hutan, Kec Pacet, Kab Mojokerto.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

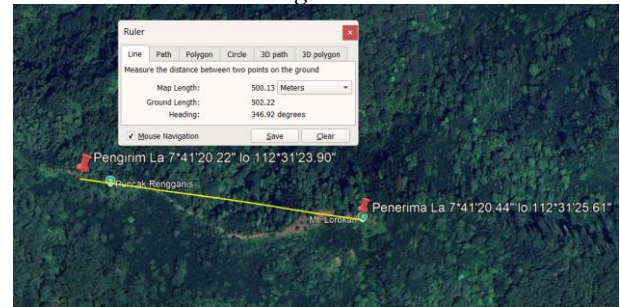
A. Lokasi Pengujian

Pada Gambar 4.1, Lokasi pengujian pada area LOS pada Jl. Tamiajeng 55 - Jl.jolotundo. untuk pengirim berada pada titik koordinat *latitude* 7°39'22.06" dan *longitude* 112°35'59.74", untuk penerima berada pada titik 7°39'16.73" dan *longitude* 112°36'07.81".



GAMBAR 10
(Lokasi Pengujian LOS)

Pada Gambar 4.2, Lokasi pengujian pada area NLOS pada bukit lorokan-puncak rengganis, untuk pengirim berada pada titik koordinat *latitude* 7°41'20.22" dan *longitude* 112°31'23.90". untuk penerima berada pada titik 7°41'20.44" dan *longitude* 112°31'25.61".



GAMBAR 11
(Lokasi Pengujian NLOS)

B. Pengujian RSSI

Pengujian dan pengambilan data RSSI ini dilakukan rentang waktu jam 9 hingga jam 12. Yang berlokasi di Jl. Tamiajeng 55 - Jl.jolotundo dan bukit lorokan-puncak rengganis.

Pada Tabel 1 RSSI yang dicantumkan pada tabel tersebut diperoleh dari nilai rata-rata RSSI yang diperoleh dari 30 pengiriman pesan data. Pengambilan data ini dilakukan pengujian dari jarak 100m – 1km.

TABEL 1
(RSSI *Spreading Factor* 7)

Spreading Factor	Coding Rate	RSSI (dBm)									
		JARAK (M)									
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
7	4/5	-79	-77	-104	-106	-107	-108	-109	-110	-109	-111
7	4/6	-87	-104	-110	-112	-112	-105	-105	-111	-109	-109
7	4/7	-109	-93	-103	-107	-105	-106	106	-106	-107	-110
7	4/8	-87	-83	-101	-106	-109	-108	-107	-110	-110	-110

Pada Tabel 2 RSSI yang dicantumkan pada tabel tersebut diperoleh dari nilai rata-rata RSSI yang diperoleh dari 30 pengiriman pesan data. Pengambilan data ini dilakukan pengujian dari jarak 100m – 500m.

TABEL 2
(RSSI *Spreading Factor* 9-12)

Spreading Factor	Coding Rate	RSSI (dBm)				
		JARAK (M)				
		100	200	300	400	500
9	4/5	-92	-96	-98	-113	-113
10	4/6	-113	-105	-102	-109	-111
11	4/7	-63	-99	-99	-109	-112
12	4/8	-81	-98	-106	-106	-112

Pada Tabel 3 Packet loss yang dicantumkan pada tabel tersebut diperoleh dari 30 pengiriman pesan data. Pengambilan data ini dilakukan pengujian dari jarak 100m – 1km.

C. Pengujian *Packet Loss*

Pengujian dan pengambilan data *Packet Loss* ini dilakukan rentang waktu jam 9 hingga jam 12. Yang berlokasi di Jl. Tamiajeng 55 - Jl.jolotundo dan bukit lorokan-puncak rengganis.

TABEL 3
(*Packet Loss* SF 7 CR 4/5)

Spreading Factor	Coding Rate	Jarak (M)	Paket Terkirim	Paket diterima	RSSI (dBm)		Packet loss	Kualitas
					MIN	MAX		
7	4/5	100	30	30	-92	-107	0%	Sangat Bagus
		200	30	30	-100	-111	0%	Sangat Bagus
		300	30	30	-94	-113	0%	Sangat Bagus
		400	30	30	-110	-115	0%	Sangat Bagus
		500	30	28	-105	-106	6,6%	Baik
		600	30	27	-105	-111	10%	Baik
		700	30	23	-103	-106	23,3%	Sedang
		800	30	26	-102	-112	20%	Sedang
		900	30	27	-110	-113	10%	Baik
		1000	30	27	-110	-113	10%	Baik

Pada Tabel 4 Packet loss yang dicantumkan pada tabel tersebut diperoleh dari 30 pengiriman pesan data. Pengambilan data ini dilakukan pengujian dari jarak 100m – 1km.

TABEL 4
(*Packet Loss* SF 7 CR 4/6)

Spreading Factor	Coding Rate	Jarak (M)	Paket Terkirim	Paket diterima	RSSI (dBm)		Packet loss	Kualitas
					MIN	MAX		
7	4/6	100	30	30	-86	-92	0%	Sangat Bagus
		200	30	30	-96	-115	0%	Sangat Bagus
		300	30	29	-106	-115	3,3%	Baik
		400	30	30	-110	-116	0%	Sangat Bagus
		500	30	21	-109	-116	30%	Buruk
		600	30	27	-102	-108	10%	Baik
		700	30	20	-102	-108	33,3%	Buruk
		800	30	28	-108	-114	6,6%	Baik
		900	30	25	-107	-112	16,6%	Sedang
		1000	30	11	-107	-112	63%	Buruk

Pada Tabel 5 Packet loss yang dicantumkan pada tabel tersebut diperoleh dari 30 pengiriman pesan data. Pengambilan data ini dilakukan pengujian dari jarak 100m – 1km.

TABEL 5
(*Packet Loss* SF 7 CR 4/7)

Spreading Factor	Coding Rate	Jarak (M)	Paket Terkirim	Paket diterima	RSSI (dBm)		Packet loss	Kualitas
					MIN	MAX		
7	4/7	100	30	30	-107	-112	0%	Sangat Bagus
		200	30	30	-89	-99	0%	Sangat Bagus
		300	30	30	-99	-106	0%	Sangat Bagus
		400	30	20	-101	-110	33,3%	Buruk
		500	30	25	-102	-109	16,6%	Sedang
		600	30	30	-100	-108	0%	Sangat Bagus
		700	30	25	-100	-110	16,6%	Baik
		800	30	30	-105	-109	0%	Sangat Bagus
		900	30	21	-104	-110	30%	Buruk
		1000	30	13	-104	-117	56,6%	Buruk

Pada Tabel 6 Packet loss yang dicantumkan pada tabel tersebut diperoleh dari 30 pengiriman pesan data. Pengambilan data ini dilakukan pengujian dari jarak 100m – 1km.

TABEL 6
(*Packet Loss* SF 7 CR 4/8)

Spreading Factor	Coding Rate	Jarak (M)	Paket Terkirim	Paket diterima	RSSI (dBm)		Packet loss	Kualitas
					MIN	MAX		
7	4/8	100	30	30	-83	-95	0%	Sangat Bagus
		200	30	30	-82	-95	0%	Sangat Bagus
		300	30	30	-97	-105	0%	Sangat Bagus
		400	30	30	-101	-110	0%	Sangat Bagus
		500	30	29	-105	-113	3,3%	Baik
		600	30	29	-105	-111	3,3%	Baik
		700	30	28	-105	-110	6,6%	Baik
		800	30	22	-107	-113	26,6%	Buruk
		900	30	27	-108	-112	10%	Baik
		1000	30	23	-108	-113	23,3%	Sedang

Pada Tabel 7 Packet loss yang dicantumkan pada tabel tersebut diperoleh dari 30 pengiriman pesan data. Pengambilan data ini dilakukan pengujian dari jarak 100m – 1km.

TABEL 7
(*Packet Loss* SF 9 CR 4/5)

Spreading Factor	Coding Rate	Jarak (M)	Paket Terkirim	Paket diterima	RSSI (dBm)		Packet loss	Kualitas
					MIN	MAX		
9	4/5	100	30	30	-89	-96	0%	Sangat bagus
		200	30	29	-93	-103	3,3%	Bagus
		300	30	30	-95	-111	0%	Sangat Bagus
		400	30	22	-111	-114	26,6%	Buruk
		500	30	25	-112	-114	16,6%	Sedang
		600	-	-	-	-	-	-
		700	-	-	-	-	-	-
		800	-	-	-	-	-	-
		900	-	-	-	-	-	-
		1000	-	-	-	-	-	-

Pada Tabel 8 RSSI yang dicantumkan pada tabel tersebut diperoleh dari nilai rata-rata RSSI yang diperoleh dari 30 pengiriman pesan data. Pengambilan data ini dilakukan pengujian dari jarak 100m – 500m.

TABEL 8
(*Packet Loss* SF 10 CR 4/6)

Spreading Factor	Coding Rate	Jarak (M)	Paket Terkirim	Paket diterima	RSSI (dBm)		Packet loss	Kualitas
					MIN	MAX		
10	4/6	100	30	30	-69	-91	0%	Sangat bagus
		200	30	30	-97	-112	0%	Sangat bagus
		300	30	30	-98	-112	0%	Sangat bagus
		400	30	29	-104	-113	3,3%	Bagus
		500	30	30	-89	-102	0%	Sangat bagus
		600	-	-	-	-	-	-
		700	-	-	-	-	-	-
		800	-	-	-	-	-	-
		900	-	-	-	-	-	-
		1000	-	-	-	-	-	-

Pada Tabel 9 Packet loss yang dicantumkan pada tabel tersebut diperoleh dari 30 pengiriman pesan data.

Pengambilan data ini dilakukan pengujian dari jarak 100m – 500m.

TABEL 9
(Packet Loss SF 11 CR 4/7)

Spreading Factor	Coding Rate	Jarak (M)	Paket Terkirim	Paket diterima	RSSI (dBm)		Packet loss	Kualitas
					MIN	MAX		
11	4/7	100	30	29	-73	-100	3,3%	Bagus
		200	30	30	-89	-115	0%	Sangat bagus
		300	30	30	-91	-107	0%	Sangat bagus
		400	30	30	-106	-114	0%	Sangat bagus
		500	30	28	-108	-114	6,6%	Bagus
		600	-	-	-	-	-	-
		700	-	-	-	-	-	-
		800	-	-	-	-	-	-
		900	-	-	-	-	-	-
		1000	-	-	-	-	-	-

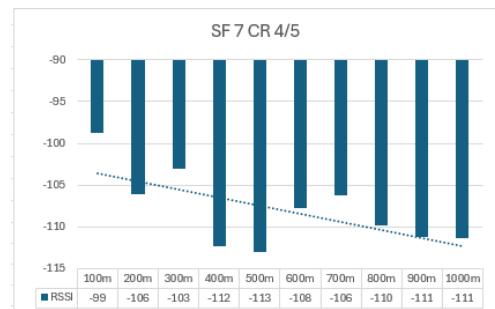
Pada Tabel 10 Packet loss yang dicantumkan pada tabel tersebut diperoleh dari 30 pengiriman pesan data. Pengambilan data ini dilakukan pengujian dari jarak 100m – 500m

TABEL 10
(Packet Loss SF 12 CR 4/8)

Spreading Factor	Coding Rate	Jarak (M)	Paket Terkirim	Paket diterima	RSSI (dBm)		Packet loss	Kualitas
					MIN	MAX		
12	4/8	100	30	30	-71	-95	0%	Sangat Bagus
		200	30	30	-91	-112	0%	Sangat Bagus
		300	30	30	-98	-114	0%	Sangat Bagus
		400	30	29	-99	-114	3,3%	Bagus
		500	30	28	-110	-114	6,6%	Bagus
		600	-	-	-	-	-	-
		700	-	-	-	-	-	-
		800	-	-	-	-	-	-
		900	-	-	-	-	-	-
		1000	-	-	-	-	-	-

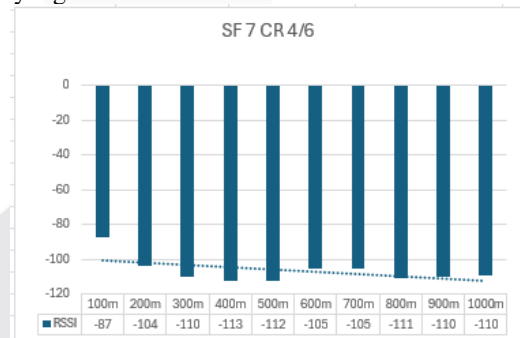
D. Analisis Data RSSI

Dalam analisis ini, data yang diperoleh menunjukkan pengukuran (RSSI) pada jarak yang berbeda, yakni 100m – 1km pada konfigurasi SF 7 CR 4/5. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai RSSI mengalami penurunan seiring bertambahnya jarak. Pada jarak 100m, nilai RSSI tercatat sebesar -99 dBm, yang menunjukkan kekuatan sinyal yang relatif Cukup dan dapat diandalkan untuk komunikasi. Namun, seiring dengan peningkatan jarak, terdapat penurunan yang signifikan pada nilai RSSI. Pada jarak 200m, nilai RSSI menurun menjadi -106 dBm, yang menunjukkan adanya degradasi sinyal. Selanjutnya, pada jarak 300m ada kenaikan 3 dBm, nilai RSSI tercatat -103 dBm, dan pada jarak 400m, nilai RSSI kembali menurun menjadi -112 dBm. Penurunan ini berlanjut hingga jarak 500m dengan nilai -113 dBm, dan ada kenaikan sebesar 5 dBm pada jarak 600m yang menunjukkan nilai -108 dBm. Ketika jarak meningkat menjadi 800m, nilai RSSI telah mencapai -110 dBm, dan pada jarak 900m, nilai RSSI semakin lemah di angka -111 dBm. Akhirnya, pada jarak 1km, nilai RSSI terukur pada -111 dBm, yang menunjukkan bahwa sinyal yang diterima sangat buruk.



GAMBAR 12
(Grafik RSSI SF 7 CR 4/5)

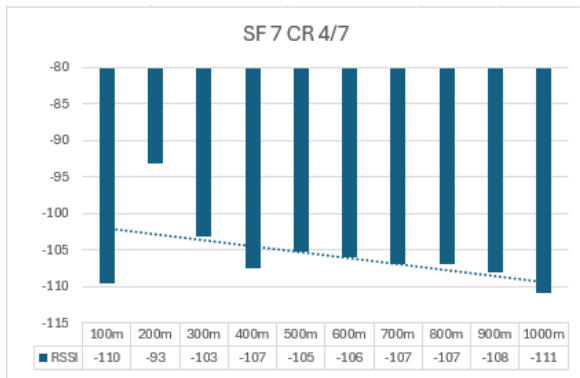
Pada Gambar 14 Dalam analisis ini, data yang diperoleh menunjukkan pengukuran (RSSI) pada jarak yang berbeda, yakni 100m – 1km pada konfigurasi SF 7 CR 4/6. Pada jarak 100m, nilai RSSI tercatat sebesar -87 dBm, menunjukkan kekuatan sinyal yang baik. Namun, seiring bertambahnya jarak, terjadi penurunan yang signifikan pada nilai RSSI. Pada jarak 200m terjadi penurunan nilai RSSI drastis sebesar 18 dBm, nilai RSSI telah menurun menjadi -104 dBm, yang menunjukkan adanya penurunan kualitas sinyal. Selanjutnya, pada jarak 300m kembali terjadi penurunan nilai RSSI sebesar 6 dBm, nilai RSSI tercatat -110 dBm, dan penurunan ini berlanjut pada jarak 400m dengan nilai -113 dBm. Pada jarak 500m, nilai RSSI kembali naik 1 dBm menjadi -112 dBm. Namun, di jarak 600m dan 700m, nilai RSSI mulai meningkat sebesar 7 dBm menjadi -105 dBm, menunjukkan sedikit lebih baik dibandingkan jarak sebelumnya. Pada jarak 800m, nilai RSSI tercatat -111 dBm, dan pada jarak 900m, nilai RSSI stabil di angka -110 dBm. Akhirnya, pada jarak 1km, nilai RSSI tetap pada -110 dBm, menunjukkan bahwa sinyal yang diterima buruk.



GAMBAR 13
(Grafik RSSI SF 7 CR 4/6)

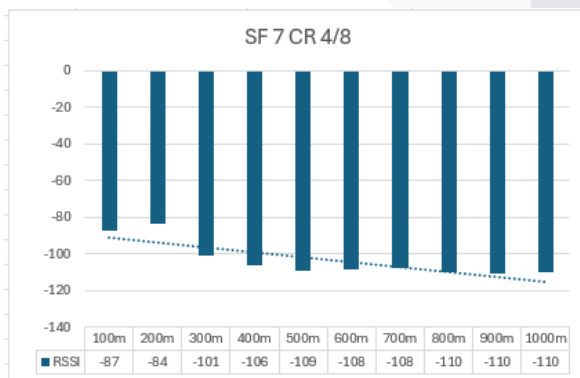
Pada Gambar 15 Dalam analisis ini, data yang diperoleh menunjukkan pengukuran (RSSI) pada jarak yang berbeda, yakni 100m – 1km pada konfigurasi SF 7 CR 4/7. Pada jarak 100m, nilai RSSI tercatat sebesar -110 dBm, menunjukkan kondisi sinyal yang cukup lemah. Namun, saat jarak meningkat menjadi 200m, nilai RSSI mengalami peningkatan sebesar 17 dBm menjadi -93 dBm, yang menunjukkan kekuatan sinyal yang lebih baik dan kemungkinan komunikasi yang lebih efektif. Namun, situasi ini tidak bertahan lama, karena pada jarak 300m, nilai RSSI kembali menurun sebesar 20 dBm menjadi -103 dBm, dan penurunan ini terus berlanjut pada jarak 400m dengan nilai -107 dBm. Pada jarak 500m nilai RSSI ada sedikit peningkatan sebesar 2 dBm, nilai RSSI tercatat -105 dBm, dan pada jarak 600m

nilai RSSI tercatat -106 dBm. Selanjutnya Pada jarak 700m dan 800m nilai RSSI tercatat -107 dBm menunjukkan adanya kestabilan sinyal yang relatif, namun masih dalam kondisi yang tidak optimal. Ketika jarak meningkat ke 900m, nilai RSSI menurun lagi menjadi -108 dBm. Akhirnya, pada jarak 1km, nilai RSSI kembali mencapai -111 dBm, menunjukkan bahwa kekuatan sinyal buruk.



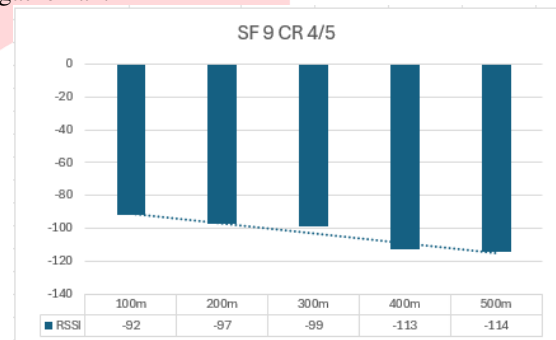
GAMBAR 14
(Grafik RSSI SF 7 CR 4/7)

Pada Gambar 16 Dalam analisis ini, data yang diperoleh menunjukkan pengukuran (RSSI) pada jarak yang berbeda, yakni 100m – 1km pada konfigurasi SF 7 CR 4/7. Pada jarak 100m, nilai RSSI tercatat sebesar -87 dBm, yang menunjukkan kondisi sinyal yang baik dan mendukung komunikasi yang efektif. Pada jarak 200m terjadi peningkatan pada nilai RSSI sebesar 3 dBm, nilai RSSI tercatat menjadi -84 dBm, yang masih menunjukkan kekuatan sinyal baik. Penurunan terjadi pada jarak 300m, di mana nilai RSSI tercatat -101 dBm, menandakan adanya kualitas sinyal sebesar 17 dBm. Pada jarak 400m, nilai RSSI terjadi penurunan nilai RSSI sebesar 5 dBm mencapai -106 dBm, dan penurunan nilai RSSI berlanjut pada jarak 500m dengan nilai -109 dBm ini menandakan mengalami penurunan sebesar 3 dBm. Ketika jarak meningkat menjadi 600m dan 700m, nilai RSSI tercatat -108 dBm, menunjukkan kestabilan dalam kekuatan sinyal. Selanjutnya, pada jarak 800m mengalami penurunan nilai RSSI sebesar 2 dBm, nilai RSSI mencapai -110 dBm, dan stabil di angka yang sama pada jarak 900m dan pada jarak 1000m, nilai RSSI tetap pada -110 dBm. kekuatan sinyal yang diterima buruk.



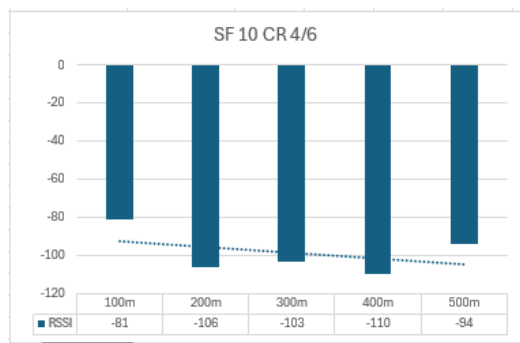
GAMBAR 15
(Grafik RSSI SF 7 CR 4/8)

Pada Gambar 17 Dalam analisis ini, data yang diperoleh menunjukkan pengukuran (RSSI) pada jarak yang berbeda, yakni 100m – 500m pada konfigurasi SF 9 CR 4/5. Pada jarak 100m, nilai RSSI tercatat sebesar -92 dBm, yang menunjukkan kondisi sinyal yang cukup baik dan mendukung komunikasi yang efektif. Namun, seiring bertambahnya jarak, terjadi penurunan yang signifikan dalam kekuatan sinyal. Pada jarak 200m, nilai RSSI menurun menjadi -97 dBm, yang masih dapat diterima, tetapi mulai menunjukkan tanda-tanda awal degradasi kualitas sinyal. Penurunan lebih lanjut terlihat pada jarak 300m, di mana nilai RSSI tercatat -99 dBm, menandakan bahwa kekuatan sinyal semakin berkurang dan dapat berpengaruh pada keandalan komunikasi. Ketika jarak bertambah menjadi 400m, nilai RSSI turun secara substansial menjadi -113 dBm, yang menunjukkan bahwa kualitas sinyal sudah tidak ideal dan berisiko menyebabkan gangguan dalam transmisi data. Pada jarak 500m, nilai RSSI mencapai -114 dBm, mencerminkan penurunan kekuatan sinyal yang signifikan dan menunjukkan bahwa sinyal yang diterima berada dalam kondisi yang sangat lemah.



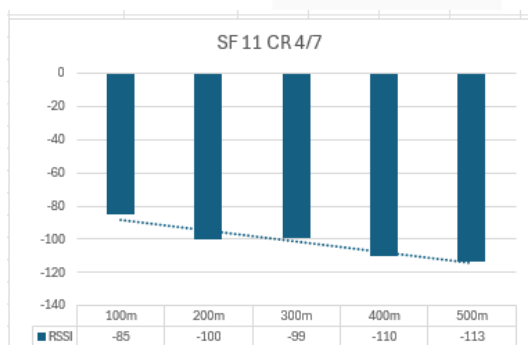
GAMBAR 16
(Grafik RSSI SF 9 CR 4/5)

Pada Gambar 18 Dalam analisis ini, data yang diperoleh menunjukkan pengukuran (RSSI) pada jarak yang berbeda, yakni 100m – 500m pada konfigurasi SF 10 CR 4/6. Pada jarak 100m, nilai RSSI tercatat sebesar -81 dBm, yang menunjukkan kondisi sinyal yang baik dan mendukung komunikasi yang efisien. Namun, seiring bertambahnya jarak, terlihat penurunan yang konsisten dalam kekuatan sinyal. Pada jarak 200m, nilai RSSI menurun menjadi -106 dBm, yang masih dalam kategori dapat diterima, meskipun menunjukkan adanya penurunan kualitas sinyal yang mulai terasa. Penurunan lebih lanjut terjadi pada jarak 300m, di mana nilai RSSI tercatat -103 dBm, menandakan bahwa kekuatan sinyal semakin berkurang, dan dapat mempengaruhi keandalan komunikasi secara signifikan. Pada jarak 400m, nilai RSSI mencapai -110 dBm, yang menunjukkan bahwa kualitas sinyal sudah tidak ideal dan berisiko menyebabkan gangguan dalam transmisi data. Ketika jarak bertambah menjadi 500m, nilai RSSI tercatat -94 dBm, mencerminkan penurunan yang terus-menerus dalam kekuatan sinyal dan menunjukkan bahwa sinyal yang diterima berada pada kondisi yang lemah.



GAMBAR 17
(Grafik RSSI SF 10 CR 4/6)

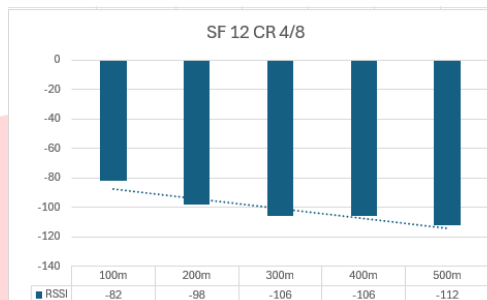
Pada Gambar 19 Dalam analisis ini, data yang diperoleh menunjukkan pengukuran (RSSI) pada jarak yang berbeda, yakni 100m – 500m pada konfigurasi SF 11 CR 4/7. Pada jarak 100m, nilai RSSI tercatat sebesar -85 dBm, yang menunjukkan kondisi sinyal yang cukup baik dan mendukung komunikasi yang efektif. Namun, seiring dengan bertambahnya jarak, terlihat penurunan yang signifikan dalam kekuatan sinyal. Pada jarak 200m, nilai RSSI menurun drastis menjadi -109 dBm, yang menunjukkan bahwa kualitas sinyal mulai mengalami degradasi dan mendekati batas yang dapat diterima untuk komunikasi yang baik. Pada jarak 300m, nilai RSSI tercatat -99 dBm, yang menunjukkan adanya fluktuasi kecil namun masih dalam kategori yang dapat ditoleransi, meskipun sinyal mulai berkurang secara substansial. Namun, pada jarak 400m, nilai RSSI mencapai -110 dBm, yang mengindikasikan bahwa kualitas sinyal sudah tidak ideal dan berisiko tinggi mengganggu komunikasi yang diinginkan. Terakhir, pada jarak 500m, nilai RSSI tercatat -113 dBm, mencerminkan penurunan yang cukup signifikan dalam kekuatan sinyal dan menunjukkan bahwa sinyal yang diterima berada dalam kondisi yang sangat lemah.



GAMBAR 18
(Grafik RSSI SF 11 CR 4/7)

Pada Gambar 20 Dalam analisis ini, data yang diperoleh menunjukkan pengukuran (RSSI) pada jarak yang berbeda, yakni 100m – 500m pada konfigurasi SF 12 CR 4/8. Pada jarak 100m, nilai RSSI tercatat sebesar -82 dBm, yang menunjukkan bahwa sinyal yang diterima berada dalam kondisi yang baik dan mendukung komunikasi yang efektif. Namun, seiring dengan bertambahnya jarak, terlihat adanya penurunan yang signifikan dalam kekuatan sinyal. Pada jarak 200m, nilai RSSI menurun menjadi -98 dBm, yang masih berada dalam batas toleransi, tetapi mulai menandakan

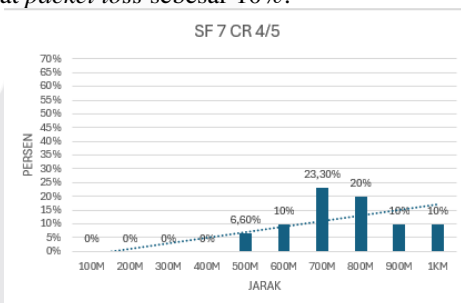
adanya degradasi kualitas sinyal. Penurunan berlanjut pada jarak 300m, di mana nilai RSSI tercatat -106 dBm, menunjukkan bahwa kekuatan sinyal mengalami penurunan yang lebih substansial dan dapat berdampak pada keandalan komunikasi. Pada jarak 400m, nilai RSSI mencapai -106 dBm, yang menunjukkan bahwa kualitas sinyal sudah tidak ideal dan berisiko tinggi menyebabkan gangguan dalam transmisi data. Akhirnya, pada jarak 500m, nilai RSSI tercatat -112 dBm, mencerminkan penurunan yang signifikan dalam kekuatan sinyal dan menunjukkan bahwa sinyal yang diterima berada pada kondisi yang sangat lemah.



GAMBAR 19
(Grafik RSSI SF 12 CR 4/8)

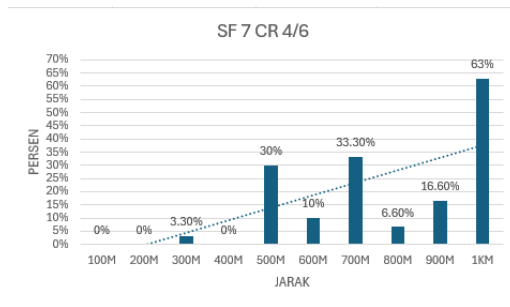
E. Analisis Data *Packet Loss*

Pada Gambar 21 menampilkan grafik *packet loss* pada jarak 100m tidak ada *packet loss*, pada jarak 200m tidak ada, pada jarak 300m tidak ada *packet loss*, pada jarak 400m tidak ada, pada jarak 500m mendapat *packet loss* sebesar 6,6%. pada jarak 600m mendapat *packet loss* sebesar 10%, pada jarak 700m mendapat *packet loss* sebesar 23,3%, pada jarak 800m mendapat *packet loss* sebesar 20%, pada jarak 900m mendapat *packet loss* sebesar 10 %, pada jarak 1Km mendapat *packet loss* sebesar 10%.



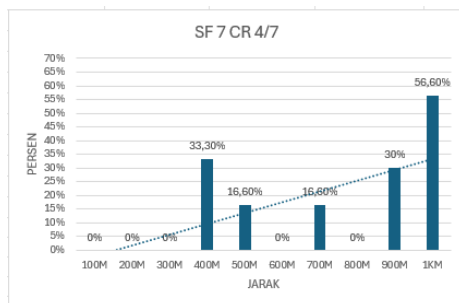
GAMBAR 20
(Grafik *Packet Loss* SF 7 CR 4/5)

Pada Gambar 22 menampilkan grafik *packet loss* pada jarak 100m tidak ada *packet loss*, pada jarak 200m tidak ada, pada jarak 300m mendapat *packet loss* sebesar 3,3%, pada jarak 400m tidak ada, pada jarak 500m mendapat *packet loss* sebesar 30%. pada jarak 600m mendapat *packet loss* sebesar 10%, pada jarak 700m mendapat *packet loss* sebesar 33,3%, pada jarak 800m mendapat *packet loss* sebesar 6,6%, pada jarak 900m mendapat *packet loss* sebesar 16,6%, pada jarak 1Km mendapat *packet loss* sebesar 63%.



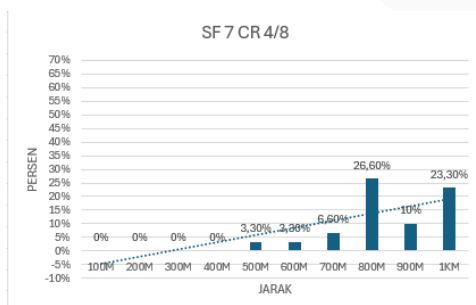
GAMBAR 21
(Grafik Packet Loss SF 7 CR 4/6)

Pada Gambar 23 menampilkan grafik *packet loss* pada jarak 100m tidak ada *packet loss*, pada jarak 200m tidak ada, pada jarak 300m tidak ada *packet loss*, pada jarak 400m mendapat *packet loss* sebesar 33,3%, pada jarak 500m mendapat *packet loss* sebesar 16,6%. pada jarak 600m tidak ada *packet loss*, pada jarak 700m mendapat *packet loss* sebesar 16,6%, pada jarak 800m tidak ada *packet loss*, pada jarak 900m mendapat *packet loss* sebesar 30 %, pada jarak 1Km mendapat *packet loss* sebesar 56,6%.



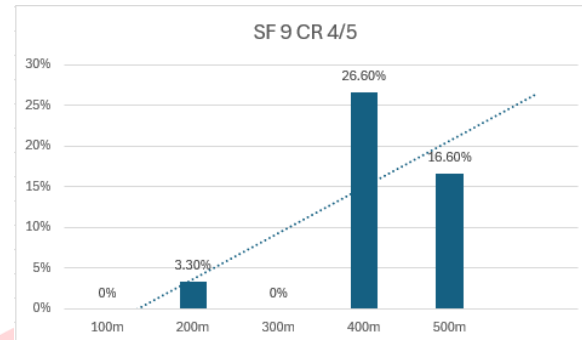
GAMBAR 22
(Grafik Packet loss SF 7 CR 4/7)

Pada Gambar 24 menampilkan grafik *packet loss* pada jarak 100m tidak ada *packet loss*, pada jarak 200m tidak ada, pada jarak 300m tidak ada *packet loss*, pada jarak 400m tidak ada, pada jarak 500m mendapat *packet loss* sebesar 3,3%. pada jarak 600m mendapat *packet loss* sebesar 3,3%, pada jarak 700m mendapat *packet loss* sebesar 6,6%, pada jarak 800m mendapat *packet loss* sebesar 26,6%, pada jarak 900m mendapat *packet loss* sebesar 10 %, pada jarak 1Km mendapat *packet loss* sebesar 23,3%.



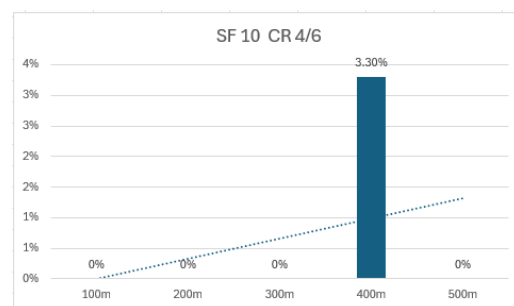
GAMBAR 23
(Grafik Packet loss SF 7 CR 4/8)

Pada Gambar 25 menampilkan grafik *packet loss* pada jarak 100m tidak ada *packet loss*, pada jarak 200m mendapat *packet loss* sebesar 3,3%, pada jarak 300m tidak ada *packet loss*, pada jarak 400m mendapat *packet loss* sebesar 26,6 %, pada jarak 500m mendapat *packet loss* sebesar 16,6%.



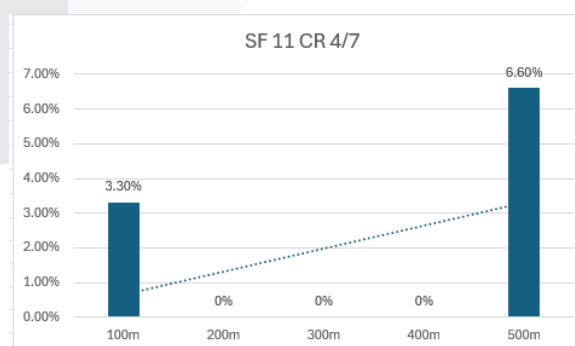
GAMBAR 24
(Grafik Packet Loss SF 9 CR 4/6)

Pada Gambar menampilkan grafik *packet loss* pada jarak 100m tidak ada *packet loss*, pada jarak 200m tidak ada *packet loss*, pada jarak 300m tidak ada *packet loss*, pada jarak 400m mendapat *packet loss* sebesar 3,3%, pada jarak 500m tidak mendapatkan *packet loss*.



GAMBAR 25
(Grafik Packet Loss SF 10 CR 4/6)

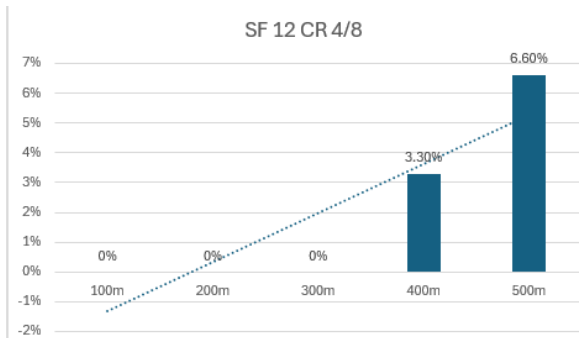
menampilkan grafik *packet loss* pada jarak 100m mendapat *packet loss* sebesar 3,3%, pada jarak 200m tidak ada *packet loss*, pada jarak 300m tidak ada *packet loss*, pada jarak 400m tidak ada *packet loss*, pada jarak



GAMBAR 26
(Grafik Packet Loss SF 11 CR 4/7)

menampilkan grafik *packet loss* pada jarak 100m tidak ada *packet loss*, pada jarak 200m tidak ada *packet loss*, pada jarak 300m tidak ada *packet loss*, pada jarak 400m mendapat

packet loss sebesar 3,3%, pada jarak 500m mendapat packet loss sebesar 6,6%.



GAMBAR 27
(Grafik Packet Loss SF 12 CR 4/8)

F. Analisis Hasil Keseluruhan

Pada pengujian RSSI ini Berdasarkan hasil observasi lingkungan pada area LOS, terdapat berbagai penghalang seperti pohon, bangunan tinggi, dan kepadatan kendaraan bermotor yang melintas saat melakukan pengujian yang berpotensi mempengaruhi hasil pengukuran (RSSI). perubahan nilai RSSI dapat terjadi akibat fenomena *multipath* fading dan gangguan *noise* yang dihasilkan oleh perangkat keras Handphone (HP).

Berdasarkan hasil observasi lingkungan pada area NLOS, terdapat penghalang seperti pohon, dan kondisi cuaca yang tidak menentu saat melakukan pengujian digunung yang berpotensi mempengaruhi hasil (RSSI). perubahan nilai RSSI dapat terjadi akibat fenomena *multipath* fading dan gangguan *noise* yang dihasilkan oleh perangkat keras HT (Handy Talkie).

Jarak sangat mempengaruhi *packet loss* dalam komunikasi. Meskipun jaraknya dekat, masalah packet loss masih bisa terjadi. Sebaliknya, pada jarak jauh, komunikasi dapat berjalan baik jika ada garis pandang yang jelas antara pengirim dan penerima. Namun, bangunan tinggi dan pepohonan dapat menghalangi jalur komunikasi, yang akan memperpendek jarak antar node dan meningkatkan risiko *packet loss*, bahkan bisa membuat komunikasi terputus. Jika tidak ada penghalang di jalur komunikasi, maka komunikasi jarak jauh bisa berlangsung dengan sangat baik.

Dari hasil analisis data yang telah dilakukan selanjutnya menganalisis hasil performansi lora terbaik yang menentukan hasil dari RSSI yang telah didapatkan pada area LOS menggunakan konfigurasi SF 7 dilakukan pengujian sebanyak 4x percobaan dengan CR 4/5 hingga 4/8, yang memiliki hasil RSSI terbaik yaitu SF 7 CR 4/8 karena pada pengujian 100m – 1km memiliki nilai rata-rata RSSI sebesar -103 dBm termasuk kategori cukup.

Hasil RSSI yang didapatkan pada area NLOS menggunakan konfigurasi bervariasi dari SF 9 - 12 dengan CR 4/5 – 4/8, yang memiliki RSSI terbaik yaitu SF 10 dengan CR 4/6 karena pada pengujian 100m – 1km memiliki nilai rata-rata RSSI sebesar -101 dBm termasuk kategori cukup.

Hasil pengujian *Packet Loss* yang telah dilakukan pada area LOS menggunakan konfigurasi bervariasi dari SF 7 dengan CR 4/5 – 4/8. Yang memiliki packet loss terbaik yaitu

SF 7 dengan CR 4/8 karena memiliki kategori parameter 4 sangat baik, 4 baik, dan 2 sedang.

Hasil pengujian *Packet Loss* yang telah dilakukan pada area NLOS menggunakan konfigurasi bervariasi dari SF 9 - 12 dengan CR 4/5 – 4/8. Yang memiliki packet loss terbaik yaitu SF 10 dengan CR 4/6 karena memiliki kategori parameter 4 sangat baik, dan 1 baik.

Konfigurasi SF 7 CR 4/8 merupakan opsi dengan SF terendah dan CR tertinggi pada rentang yang disediakan. Hal ini akan memberikan laju data yang relatif tinggi, namun ketahanan terhadap interferensi dan gangguan akan lebih rendah.

Pada konfigurasi SF 10 CR 4/6 SF semakin tinggi dan CR semakin rendah. Dengan peningkatan SF, sistem akan memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap interferensi dan gangguan, namun laju data yang dapat ditransmisikan akan semakin rendah.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa implementasi alat konektivitas yang menggunakan modul Lora Breakout V2 dengan ESP32 telah berhasil. Untuk pengujian diarea LOS berhasil mendapatkan jarak 100 meter hingga 1km. Untuk pengujian diarea NLOS berhasil mendapatkan jarak 100 meter hingga 1km. Konfigurasi yang digunakan untuk pengujian yaitu SF 7 - 12 dan CR 4/5 – 4/8 pada area LOS. Sedangkan konfigurasi yang digunakan untuk area NLOS yaitu SF 9 – 12 dan CR 4/5 – 4/8.

penelitian menunjukkan bahwa pengaturan nilai SF dan CR secara signifikan memengaruhi Received Signal Strength Indicator (RSSI) dan *Packet Loss*. Semakin tinggi nilai SF, meskipun meningkatkan jangkauan, dapat menyebabkan peningkatan *Packet Loss* pada kondisi tertentu. Sebaliknya, pengaturan CR yang optimal dapat meminimalkan kehilangan paket, sehingga meningkatkan efisiensi transmisi data di area pegunungan yang sulit dijangkau.

analisis menunjukkan bahwa lokasi LOS memberikan performansi yang jauh lebih baik yaitu mendapatkan jarak 100m – 1km dibandingkan NLOS yang mendapatkan jarak 100m – 500m. Dalam kondisi LOS, sinyal dapat diterima dengan lebih kuat, sedangkan di NLOS, hambatan fisik seperti pepohonan dan batuan mengakibatkan penurunan kualitas sinyal yang signifikan, berdampak pada keandalan komunikasi darurat.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan pentingnya pengaturan parameter LoRa yang tepat serta pemilihan lokasi yang strategis untuk memaksimalkan konektivitas perangkat komunikasi darurat. Dengan demikian, penggunaan teknologi IoT dan LoRa dapat menjadi solusi efektif dalam meningkatkan keselamatan pendaki gunung, asalkan faktor-faktor tersebut diperhatikan dengan seksama.

REFERENSI

- [1] M. Farras Fauzan *et al.*, “Alat Komunikasi Darurat dengan ESP8266 dan LoRa untuk Pendaki Gunung Emergency Communication Device with ESP8266 and LoRa for Mountain Climber,” *Indones. J. Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 52–60, 2021, [Online]. Available: <http://journal.pusatsains.com/index.php/jsi>

- [2] I. Gunawan, M. Sadali, S. Suhartini, and I. Fathurrahman, "Perancangan Alat Dan Sistem Pemantauan Pendaki Gunung Berbasis Internet of Things (Iot)," *J. Tek. Inf. dan Komput.*, vol. 5, no. 2, p. 239, 2022, doi: 10.37600/tekinkom.v5i2.589.
- [3] G. Affrylia, M. Fadhli, and L. Lindawati, "Perancangan Emergency Butttton Untuk Pendaki Gunung Dengan Sistem Komunikasi Multihop Berbasis LoRa," *PROtek J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 2, p. 96, 2021, doi: 10.33387/protk.v8i2.3330.
- [4] I. Irawati, F. Y. Roi, T. Y. Agung, and M. Lutfi, "Alat Pelacak Berbasis Long Range Wide Area Network (Lorawan)," *Jeis J. Elektro Dan Inform. Swadharma*, vol. 2, no. 2, pp. 44–48, 2022, doi: 10.56486/jeis.vol2no2.222.
- [5] A. R. Batong, P. Murdiyat, and A. H. Kurniawan, "Analisis Kelayakan LoRa Untuk Jaringan Komunikasi Sistem Monitoring Listrik Di Politeknik Negeri Samarinda," *PoliGrid*, vol. 1, no. 2, p. 55, 2020, doi: 10.46964/poligrid.v1i2.602.
- [6] S. Bo'do, A. Akifah, and S. Y. Moa, "Peranan Radio Komersial Dalam Siaran Darurat Bencana (Studi Kasus Siaran Darurat Bencana Gempa Bumi dan Tsunami di Sulawesi Tengah) Role Of Commercial Radio Stations In Disaster Emergency Broadcasting Program In Central Sulawesi) Abstrak berkekuatan ma," *Jasima J. Komun. Korporasi Dan Media*, vol. III, no. 1, pp. 49–74, 2022, [Online]. Available: <https://jasima.fisip-unmul.ac.id/site/index.php/jasima/article/view/43>
- [7] R. S. D. W. Putra, U. A. Ahmad, and R. Rendian, "Perancangan Prototype Komunikasi Berbasis Lora Dalam Pengiriman Data Titik Koordinat Dan Notifikasi Sos (Save Our Soul)," *e-Proceeding Eng.*, vol. 9, no. 3, pp. 1211–1227, 2022.
- [8] Eko Murdyantoro*, Imron Rosyadi, Hilmi Septian, "S TUDI P ERFORMANSI J ARAK J ANGKAUAN L O R A OLG01 S EBAGAI I NFRASTRUKTUR K ONEKTIVITAS N IRKABEL I O T S TUDY OF L O R A OLG01 D ISTANCE P ERFORMANCE," vol. 15, no. 1, pp. 47–56, 2019.
- [9] R. Thalib Putra *et al.*, "Pengaruh Interferensi Sistem Komunikasi Lora Pada Fresnel Zone Antara End Device Dengan Gateway," *J. Electr. Eng. Energy, Inf. Technol.*, vol. 10, no. 2, pp. 1–12, 2022, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.26418/j3eit.v10i2.60758>
- [10] B. Dwinanto and B. Yulianto, "Rancang Bangun Repeater Lora Rfm95 Dengan Frekuensi 915 Mhz Berbasis Esp32," *Cerdika J. Ilm. Indones.*, vol. 4, no. 2, pp. 109–125, 2024, doi: 10.59141/cerdika.v4i2.752.
- [11] A. Yanziah, S. Soim, and M. M. Rose, "Analisis Jarak Jangkauan Lora Dengan Parameter Rssi Dan Packet Loss Pada Area Urban," *J. Teknol. Technoscientia*, vol. 13, no. 1, pp. 27–34, 2020.
- [12] A. Z. dan D. Yusri, "Perancangan Antena Yagi," *J. Ilmu Pendidik.*, vol. 7, no. 2, pp. 809–820, 2020.
- [13] W. Abdillah, D. Saripurna, S. Yakub, P. Studi Sistem Komputer, and S. Triguna Dharma, "Analisis Kinerja LoRa (Long Range) berdasarkan Jarak dan Spreading Factor pada Area Rural," *J. CyberTech*, vol. 4, no. 4, pp. 1–13, 2021, [Online]. Available: <https://ojs.trigunadharma.ac.id/>