



SKRIPSI

**ANALISIS EFISIENSI TRANSMISI DATA DAN
LOSSES KOMUNIKASI LORA PADA SISTEM
MONITORING TURBIN ANGIN DI
LABORATORIUM TERPADU UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH SURABAYA**

MUH. YUSTIN ARIF SALSABILA

NIM. 20221330014

DOSEN PEMBIMBING:

TRIULI NOVIANTI, S.T., M.T.

RIDHO AKBAR, S.ST., M.T.

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA**

2026



SKRIPSI

ANALISIS EFISIENSI TRANSMISI DATA DAN LOSSES KOMUNIKASI LORA PADA SISTEM MONITORING TURBIN ANGIN DI LABORATORIUM TERPADU UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA

MUH. YUSTIN ARIF SALSABILA

NIM. 20221330014

DOSEN PEMBIMBING:

TRIULI NOVIANTI, S.T., M.T.

RIDHO AKBAR, S.ST., M.T

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA

2026

LEMBAR PEMBIMBING SKRIPSI

ANALISIS EFISIENSI TRANSMISI DATA DAN LOSSES KOMUNIKASI LORA PADA SISTEM MONITORING TURBIN ANGIN DI LABORATORIUM TERPADU UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA

Disusun untuk memenuhi persyaratan akademik gelar Sarjana
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surabaya

Disusun Oleh:

Muh. Yustin Arif Salsabila
NIM. 20221330014

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing :

1. Triuli Novianti, S.T., M.T.
2. Ridho Akbar, S.ST., M.T.

(.....)

(.....)

LEMBAR PENGUJI SKRIPSI

ANALISIS EFISIENSI TRANSMISI DATA DAN LOSSES KOMUNIKASI LORA PADA SISTEM MONITORING TURBIN ANGIN DI LABORATORIUM TERPADU UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA

Disusun untuk memenuhi persyaratan akademik gelar Sarjana
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surabaya

Disusun Oleh:

Muh. Yustin Arif Salsabila

NIM. 20221330014

Disetujui Oleh:

Dosen Penguji :

1. Triuli Novianti, S.T., M.T.

(.....)

2. Rudi Irmawanto, S.T., M.T.

(.....)

3. Ridho Akbar, S.ST., M.T.

(.....)

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS EFISIENSI TRANSMISI DATA DAN LOSSES KOMUNIKASI LORA PADA SISTEM MONITORING TURBIN ANGIN DI LABORATORIUM TERPADU UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA

Disusun untuk memenuhi persyaratan akademik gelar Sarjana
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surabaya

Disusun Oleh:

Muh. Yustin Arif Salsabila
NIM. 20221330014

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Ir. Vicky Dharmawan., M. Ars.
NIDN. 07.2509.6402

Disetujui Oleh,
Ketua Program Studi Teknik Elektro

Dr. Indah Kurniawati, S.T., M.T.
NIDN. 001.606.8101

PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Muh. Yustin Arif Salsabila

NIM : 20221330014

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar tulisan saya sendiri bukan hasil plagiasi, baik sebagian maupun keseluruhan. Bila dikemudian hari terbukti hasil plagiasi, maka saya menerima sanksi akademik sesuai ketentuan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Surabaya.

Surabaya, 13 Juli 2026
Yang membuat pernyataan



(Muh. Yustin Arif Salsabila)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur peneliti panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya yang telah memberikan kemudahan sehingga peneliti mampu menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul "Analisis Efisiensi Transmisi Data Dan Losses Komunikasi LoRa Pada Sistem Monitoring Turbin Angin Di Laboratorium Terpadu Universitas Muhammadiyah Surabaya."

Laporan skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan program Sarjana Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya. Peneliti menyadari sepenuhnya bahwa hasil karya ini masih memiliki banyak keterbatasan dan jauh dari kata sempurna, sehingga masukan serta kritik yang bersifat membangun dari berbagai pihak sangat peneliti harapkan demi perbaikan ke depannya.

Pada kesempatan ini, peneliti ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan motivasi baik secara moril maupun materiil selama proses penyelesaian skripsi ini, di antaranya:

1. Bapak Dr. Mundakir, S.Kep., Ns., M.Kep. FISQua., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Surabaya.
2. Bapak Ir. Vippy Dharmawan, M.Ars., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya.
3. Ibu Dr. Indah Kurniawati, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan arahan dan masukan berharga selama penulisan laporan skripsi ini.
4. Ibu Triuli Novianti, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama dan Bapak Ridho Akbar, S.ST., M.T., selaku dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan persetujuan, bimbingan, arahan, saran, serta masukan konstruktif selama proses penelitian dan penulisan

laporan sehingga dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Peneliti secara khusus mengucapkan terima kasih atas kesabaran dan ketulusan Ibu Triuli dalam membimbing secara bertahap sehingga setiap materi dapat dipahami dengan lebih mudah, serta atas wawasan dan pengalaman luas yang telah Bapak Ridho bagikan kepada peneliti selama proses bimbingan berlangsung.

5. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen serta Staf Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surabaya yang senantiasa memberikan ilmu, arahan, dan motivasi yang sangat berharga bagi peneliti selama masa perkuliahan.
6. Kedua orang tua peneliti yang tidak pernah berhenti memberikan dukungan penuh, baik secara moril maupun materiil, sehingga peneliti mampu menyelesaikan perjalanan akademik ini dengan baik dan tepat waktu.
7. Kepada ibu tercinta, sosok wanita pertama dan terhebat dalam hidup peneliti. Sebanyak apapun kata yang tertuang di atas kertas ini, rasanya tidak akan pernah cukup untuk menggambarkan seluruh kebaikan dan pengorbanan yang telah ibu berikan. Anakmu hanya mampu berkata maaf dan terima kasih. Maaf atas segala kekurangan dan hal-hal yang belum mampu anakmu wujudkan. Terima kasih atas kasih sayang yang tidak pernah berkurang, atas kesediaan ibu menjadi tempat pulang paling nyaman, dan atas segala pengorbanan yang telah ibu lakukan untuk membesarkan anak bungsumu ini. Anakmu merasa menjadi salah satu manusia paling beruntung yang terlahir dari seorang ibu sekuat dan semulia engkau. Terima kasih, Bu.
8. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surabaya angkatan 2022 yang telah meluangkan waktu dan tenaga

untuk ikut serta mendampingi serta membantu peneliti selama proses pengambilan data penelitian berlangsung. Kehadiran dan bantuan kalian sangat berarti dan menjadi bagian penting dalam terselesaikannya penelitian ini dengan baik.

9. Terakhir, peneliti ingin menyampaikan apresiasi kepada diri sendiri, Muh. Yustin Arif Salsabila, seorang anak sulung yang kini telah genap berusia 22 tahun. Terima kasih telah memilih untuk terus bertahan dan melangkah maju meskipun perjalanan tidak selalu berjalan sesuai harapan. Terima kasih telah berani menjadi diri sendiri di tengah segala tekanan dan ketidakpastian. Setiap langkah kecil yang kau tempuh, setiap pencapaian yang mungkin tak selalu disadari orang lain, semuanya layak untuk dirayakan. Belajarlah untuk terus bersyukur atas apa yang telah diberikan semesta, dan jangan pernah berhenti bermimpi. Semoga setiap langkahmu selalu diperkuat, dikelilingi oleh orang-orang yang baik, dan semoga satu per satu mimpimu perlahan terjawab pada waktunya.

Semoga skripsi ini dapat memberi manfaat bagi peneliti dan rekan – rekan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surabaya.

Surabaya, 13 Juli 2026



Muh. Yustin Arif Salsabila

ABSTRAK

Turbin angin di Laboratorium Terpadu Universitas Muhammadiyah Surabaya (UMSurabaya) memerlukan sistem monitoring yang efisien untuk memantau parameter operasionalnya secara berkala. Sistem monitoring konvensional yang masih bersifat manual dinilai kurang efektif, sehingga diperlukan solusi komunikasi nirkabel berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu mengirimkan data jarak jauh dengan konsumsi daya rendah. Modul LoRa SX1278 dipilih sebagai media komunikasi karena memiliki jangkauan transmisi yang luas dan efisiensi energi yang baik untuk aplikasi sensor IoT bertenaga baterai. Namun demikian, kinerja LoRa sangat dipengaruhi oleh jarak transmisi, kondisi propagasi, dan pemilihan Spreading Factor (SF), sehingga perlu dilakukan analisis untuk mengetahui tingkat efisiensi dan losses yang terjadi pada sistem. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi transmisi data dan losses pada komunikasi LoRa dengan meninjau parameter Received Signal Strength Indicator (RSSI), Signal to Noise Ratio (SNR), Packet Loss, dan Packet Delivery Ratio (PDR) pada tiga variasi Spreading Factor yaitu SF7, SF9, dan SF12, dalam dua kondisi propagasi yaitu Line of Sight (LOS) dan Non-Line of Sight (NLOS). Pengujian dilakukan dengan memvariasikan jarak antara node transmitter dan node receiver pada rentang 10 hingga 300 meter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai RSSI dan SNR mengalami penurunan yang konsisten seiring bertambahnya jarak, sementara Packet Loss menunjukkan tren peningkatan yang berbanding lurus dengan penurunan kualitas sinyal tersebut. Pada kondisi LOS, SF12 mampu mempertahankan PDR di atas 50% hingga jarak 250 meter, jauh melampaui SF7 dan SF9, namun dengan konsekuensi Time on Air (ToA) yang jauh lebih panjang yaitu 1318,91 ms dibandingkan SF7 sebesar 56,576 ms. Pada kondisi NLOS, degradasi kualitas sinyal dan peningkatan Packet Loss terjadi jauh lebih cepat akibat redaman tambahan dari halangan fisik. Berdasarkan keseluruhan hasil analisis, SF9 pada kondisi LOS terbukti menjadi konfigurasi paling optimal karena memberikan keseimbangan terbaik antara keandalan transmisi data dan efisiensi waktu serta energi, sehingga direkomendasikan sebagai konfigurasi utama untuk sistem monitoring turbin angin di UMSurabaya.

Kata Kunci: LoRa, Spreading Factor, RSSI, SNR, Packet Loss, Packet Delivery Ratio, Time on Air, efisiensi transmisi, turbin angin, monitoring

ABSTRACT

The wind turbine at the Integrated Laboratory of Muhammadiyah University of Surabaya (UMSurabaya) requires an efficient monitoring system to periodically monitor its operational parameters. Conventional manual monitoring systems are considered ineffective, necessitating an Internet of Things (IoT)-based wireless communication solution that can transmit data over long distances with low power consumption. The LoRa SX1278 module was chosen as the communication medium due to its long transmission range and energy efficiency in battery-powered IoT sensor applications. However, LoRa performance is greatly influenced by transmission distance, propagation conditions, and the choice of Spreading Factor (SF), so an analysis is needed to determine the efficiency and losses in the system. This study aimed to analyze the efficiency of data transmission and losses in LoRa communications by reviewing the parameters of Received Signal Strength Indicator (RSSI), Signal to Noise Ratio (SNR), Packet Loss, and Packet Delivery Ratio (PDR) in three variations of Spreading Factor, namely SF7, SF9, and SF12, in two propagation conditions, namely Line of Sight (LOS) and Non-Line of Sight (NLOS). Testing was carried out by varying the distance between the transmitter and receiver nodes over the range of 10 to 300 meters. The results showed that the RSSI and SNR values experienced a consistent decrease as the distance increased, while Packet Loss showed an increasing trend that was directly proportional to the decrease in signal quality. Under LOS conditions, the SF12 can maintain a PDR above 50% out to 250 meters, far surpassing the SF7 and SF9. However, at the cost of a significantly longer Time on Air (ToA) of 1318.91 ms compared to the SF7's 56.576 ms. Under NLOS conditions, signal quality degrades and Packet Loss increases much more rapidly due to additional attenuation from physical obstacles. Based on the overall analysis results, the SF9 under LOS conditions proved to be the most optimal configuration because it provides the best balance between data transmission reliability and time and energy efficiency, making it recommended as the primary configuration for the wind turbine monitoring system at UMSurabaya.

Keywords: LoRa, Spreading Factor, RSSI, SNR, Packet Loss, Packet Delivery Ratio, Time on Air, transmission efficiency, wind turbine, monitoring

DAFTAR ISI

LEMBAR PEMBIMBING SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGUJI SKRIPSI	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iv
PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIASI	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II DASAR TEORI	6
2.1 Gap Penelitian	6
2.2 Turbin Angin	9
2.3 Modul LoRa (<i>Long Range</i>)	11
2.3.1 Arsitektur Komunikasi LoRa	12
2.3.1.1 End Device	12

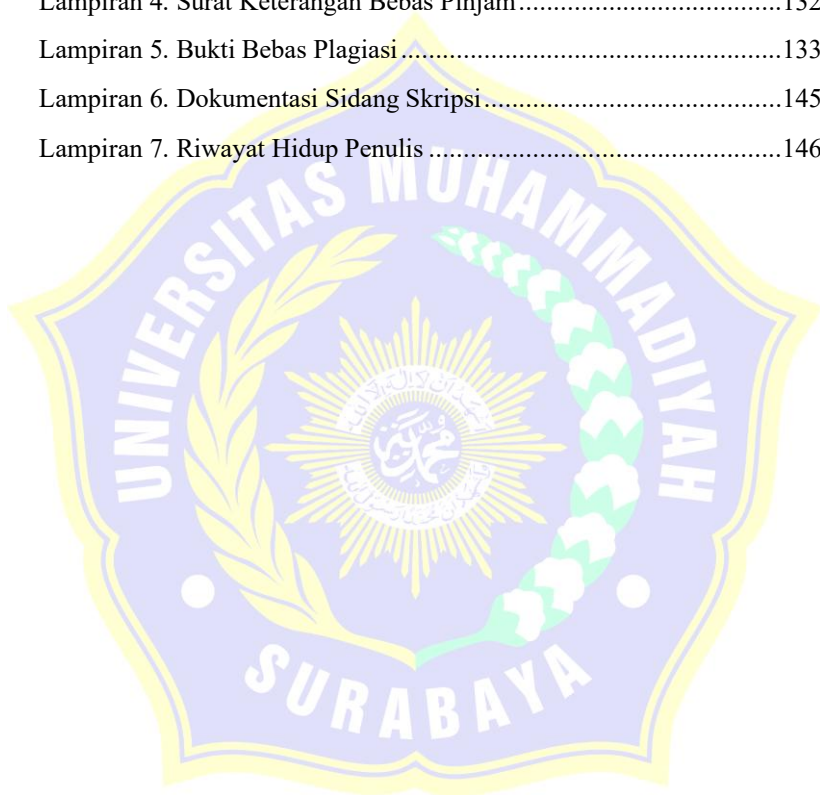
2.3.1.2	Gateway / <i>Concentrator</i>	15
2.3.1.3	Network Server.....	16
2.3.1.4	Application Server.....	16
2.3.1.5	Topologi Point to Point.....	17
2.4	Protokol Komunikasi Data.....	17
2.4.1	Format Payload Sensor (Arduino Transmitter).....	17
2.4.2	Format Frame LoRa	18
2.4.3	Format Baris Data Lengkap (Arduino Receiver).....	18
2.4.4	Format Frame UART.....	18
2.4.5	Alur Menuju Data Streamer Excel.....	19
2.5	Parameter Kinerja LoRa	19
2.5.1	RSSI (Received Signal Strength Indicator).....	19
2.5.2	SNR (Signal-to-Noise Ratio).....	20
2.5.3	Packet Loss	21
2.5.4	Time – on – Air (ToA).....	22
2.5.4.1	Perhitungan Time-on-Air (ToA) LoRa	23
2.5.4.2	Hubungan Time-on-Air (ToA)	24
2.6	Efisiensi Transmisi Data LoRa.....	25
2.6.1	Packet Delivery Ratio (PDR).....	25
2.7	Losses dalam Transmisi Data Wireless	26
2.7.1	Path Loss.....	26
2.7.2	Hubungan RSSI, SNR, Packet Loss, dan PDR.....	28
BAB III METODELOGI		29
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	29
3.2	Jadwal Penelitian.....	29

3.3	Jenis dan Pendekatan Penelitian.....	30
3.4	Diagram Alir Metode Penelitian	31
3.5	Perancangan Sistem.....	32
3.5.1	Deskripsi Sistem Monitoring pada Turbin Angin	32
3.5.2	Diagram Blok Sistem	33
3.5.3	Tujuan Kinerja Sistem.....	37
3.6	Diagram Alir Sistem Kerja.....	38
3.7	Variabel Penelitian dan Parameter Pengukuran	39
3.7.1	Variabel Bebas	39
3.7.2	Variabel Terikat.....	40
3.7.3	Variabel Kontrol.....	40
3.8	Hipotesis Penelitian.....	41
3.9	Flowchart Analisis Data.....	42
3.10	Prosedur Pengujian.....	45
3.10.1	Pengujian Transmisi Data pada Kondisi LOS (<i>Line-of-Sight</i>)	45
3.10.2	Pengujian Transmisi Data pada Kondisi NLOS (<i>Non Line-of-Sight</i>)	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		47
4.1	Gambaran Umum Sistem.....	47
4.1.1	Arsitektur Sistem Monitoring Turbin Angin.....	47
4.1.2	Mekanisme Komunikasi LoRa	48
4.2	Implementasi Hardware.....	49
4.2.1	Implementasi Node Transmitter.....	49
4.2.2	Implementasi Node Receiver.....	51
4.3	Implementasi Software	52

4.3.1	Program Arduino pada Node Transmitter.....	52
4.3.2	Program Arduino pada Node Receiver.....	54
4.3.3	Microsoft Excel sebagai Data Logger.....	56
4.4	Pengujian Sensor.....	59
4.4.1	Pengujian Sensor Tegangan, Arus, dan Daya Turbin	59
4.4.2	Pengujian Sensor Kecepatan Putaran Turbin.....	61
4.4.3	Pengujian Sensor Kecepatan Angin	63
4.5	Skenario Pengujian.....	66
4.5.1	Pengujian Kondisi LOS.....	66
4.5.1.1	Pengujian Kondisi LOS Menggunakan SF7	66
4.5.1.2	Pengujian Kondisi LOS Menggunakan SF9	67
4.5.1.3	Pengujian Kondisi LOS Menggunakan SF12	68
4.5.2	Pengujian Kondisi NLOS	69
4.5.2.1	Pengujian Kondisi NLOS Menggunakan SF7	69
4.5.2.2	Pengujian Kondisi NLOS Menggunakan SF9	70
4.5.2.3	Pengujian Kondisi NLOS Menggunakan SF12	72
4.5.3	Parameter Pengujian LoRa	73
4.6	Hasil Pengujian LOS	74
4.6.1	Pengujian RSSI Pada Kondisi LOS	74
4.6.2	Pengujian SNR Pada Kondisi LOS	76
4.6.3	Pengujian Packet Loss Pada Kondisi LOS	78
4.6.4	Pengujian PDR Pada Kondisi LOS	81
4.7	Hasil Pengujian NLOS	83
4.7.1	Pengujian RSSI Pada Kondisi NLOS.....	83
4.7.2	Pengujian SNR Pada Kondisi NLOS	86

4.7.3	Pengujian Packet Loss Pada Kondisi NLOS	88
4.7.4	Pengujian PDR Pada Kondisi NLOS	90
4.8	Perbandingan Kondisi LOS dan NLOS.....	92
4.8.1	Perbandingan Kondisi LOS dan NLOS Pada SF7	92
4.8.1.1	Perbandingan Nilai RSSI	92
4.8.1.2	Perbandingan Nilai SNR.....	94
4.8.1.3	Perbandingan Nilai Packet Loss.....	95
4.8.1.4	Perbandingan Nilai PDR.....	98
4.8.2	Perbandingan Kondisi LOS dan NLOS Pada SF9	99
4.8.2.1	Perbandingan Nilai RSSI	99
4.8.2.2	Perbandingan Nilai SNR.....	101
4.8.2.3	Perbandingan Nilai Packet Loss.....	103
4.8.2.4	Perbandingan Nilai PDR.....	105
4.8.3	Perbandingan Kondisi LOS dan NLOS Pada SF12	107
4.8.3.1	Perbandingan Nilai RSSI	107
4.8.3.2	Perbandingan Nilai SNR.....	109
4.8.3.3	Perbandingan Nilai Packet Loss.....	111
4.8.3.4	Perbandingan Nilai PDR.....	113
4.9	Analisis Time-on-Air (ToA).....	115
4.10	Analisis Pengaruh Spreading Factor	118
4.11	Analisis Efisiensi Transmisi Data LoRa.....	120
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		121
5.1	KESIMPULAN	121
5.2	SARAN.....	121
DAFTAR PUSTAKA.....		123

LAMPIRAN	127
Lampiran 1. Kartu Kendali Bimbingan Skripsi	127
Lampiran 2. Hasil Evaluasi Ujian Skripsi	128
Lampiran 3. Endorsement Letter	131
Lampiran 4. Surat Keterangan Bebas Pinjam	132
Lampiran 5. Bukti Bebas Plagiasi	133
Lampiran 6. Dokumentasi Sidang Skripsi	145
Lampiran 7. Riwayat Hidup Penulis	146



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Turbin angin sumbu horizontal [16].....	9
Gambar 2.2 Turbin Angin Sumbu Vertical [16].....	10
Gambar 2.3 Arsitektur Komunikasi LoRa.....	12
Gambar 2.4 Diagram Arsitektur Komunikasi LoRa Point to Point.....	17
Gambar 2.5 multipath fading	27
Gambar 3.1 Diagram alir metode penelitian.....	31
Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem Perancangan.....	34
Gambar 3.3 Flowchart Sistem Kerja	38
Gambar 3.4 Flowchart Analisa Data Pengujian LoRa.....	42
Gambar 4.1 Arsitektur Sistem Monitoring	47
Gambar 4.2 Mekanisme Komunikasi LoRa.....	48
Gambar 4.3 Node Transmitter.....	49
Gambar 4.4 Wiring Node Transmitter.....	50
Gambar 4.5 Node Receiver.....	51
Gambar 4.6 Alur Node Receiver	52
Gambar 4.7 Program Arduino Transmitter	52
Gambar 4.8 Program Arduino Receiver	54
Gambar 4.9 Data Streamer pada Microsoft Excel.....	57
Gambar 4.10 Workbook Setting pada Microsoft Excel.....	58
Gambar 4.11 Pengukuran Tegangan, Arus, dan Daya	61
Gambar 4.12 Grafik Pengukuran Kecepatan Turbin (Rpm).....	63
Gambar 4.13 Grafik Pengukuran Kecepatan Angin.....	65
Gambar 4.14 Pengujian Kondisi LOS Pada SF7	66
Gambar 4.15 Pengujian Kondisi LOS Pada SF9	67
Gambar 4.16 Pengujian Kondisi LOS Pada SF12.....	68
Gambar 4.17 Lokasi Pengujian Kondisi NLOS Pada SF7	69
Gambar 4.18 Pengujian Kondisi NLOS Pada SF9.....	71
Gambar 4.19 Pengujian Kondisi NLOS Pada SF12.....	72
Gambar 4.20 Grafik Nilai RSSI Terhadap Jarak Kondisi LOS	74

Gambar 4.21	Grafik Nilai SNR Terhadap Jarak Kondisi LOS	76
Gambar 4.22	Grafik Nilai Packet Loss Terhadap Jarak Kondisi LOS	79
Gambar 4.23	Grafik Nilai PDR Terhadap Jarak Pada Kondisi LOS.....	81
Gambar 4.24	Grafik Nilai RSSI Terhadap Jarak Kondisi NLOS.....	84
Gambar 4.25	Grafik Nilai SNR Pada Kondisi NLOS	86
Gambar 4.26	Pengujian Nilai Packet Loss (%) Pada Kondisi NLOS	88
Gambar 4.27	Grafik Nilai PDR Terhadap Jarak Pada Kondisi NLOS.....	90
Gambar 4.28	Perbandingan RSSI LOS dan NLOS Pada SF7	92
Gambar 4.29	Perbandingan SNR LOS dan NLOS Pada SF7	94
Gambar 4.30	Perbandingan Packet Loss LOS dan NLOS Pada SF7	96
Gambar 4.31	Perbandingan PDR LOS dan NLOS Pada SF7.....	98
Gambar 4.32	Perbandingan RSSI LOS dan NLOS Pada SF9	100
Gambar 4.33	Perbandingan SNR LOS dan NLOS Pada SF9.....	101
Gambar 4.34	Perbandingan Packet Loss LOS dan NLOS Pada SF9	103
Gambar 4.35	Perbandingan PDR LOS dan NLOS Pada SF9.....	105
Gambar 4.36	Perbandingan RSSI LOS dan NLOS Pada SF12	107
Gambar 4.37	Perbandingan SNR LOS dan NLOS Pada SF12.....	109
Gambar 4.38	Perbandingan Packet Loss LOS dan NLOS Pada SF12	111
Gambar 4.39	Perbandingan PDR LOS dan NLOS Pada SF12.....	114
Gambar 4.40	Time-on-Air Pada Setiap Spreading Factor	117

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Research Gap	6
Tabel 2.2 Coding Rate LoRa.....	14
Tabel 2.3 Format payload sensor (string, 20 byte, dipisah koma)	18
Tabel 2.4 Format frame LoRa yang dipancarkan modul SX1278	18
Tabel 2.5 Format baris data lengkap pada Arduino Receiver	18
Tabel 2.6 Format frame UART untuk satu byte data.....	19
Tabel 2.7 Standar RSSI [23].	20
Tabel 2.8 Kategori Nilai SNR [25].....	21
Tabel 2.9 Kategori Packet Loss [26]	22
Tabel 2.10 Tabel Variabel Rumus ToA.....	24
Tabel 3.1 Tabel Jadwal Penelitian.....	29
Tabel 3.2 Variabel Bebas Pengujian LoRa.....	39
Tabel 3.3 Variabel Terikat Pengujian LoRa	40
Tabel 3.4 Variabel Kontrol Pengujian LoRa	40
Tabel 4.1 Komponen Node Transmitter	50
Tabel 4.2 Komponen Node Receiver.....	52
Tabel 4.3 Data Pengukuran Tegangan, Arus, dan Daya Turbin	59
Tabel 4.4 Pengukuran Kecepatan Turbin (Rpm).....	61
Tabel 4.5 Pengukuran Data Kecepatan Angin Menggunakan Sensor Anemometer	64
Tabel 4.6 Lokasi Pengujian Kondisi LOS Pada SF7.....	66
Tabel 4.7 Lokasi Pengujian Kondisi LOS Pada SF9.....	67
Tabel 4.8 Lokasi Pengujian Kondisi LOS Pada SF12	68
Tabel 4.9 Lokasi Pengujian Kondisi NLOS Pada SF7.....	69
Tabel 4.10 Lokasi Pengujian Kondisi NLOS Pada SF9.....	70
Tabel 4.11 Lokasi Pengujian Kondisi NLOS Pada SF12	72
Tabel 4.12 Parameter Konfigurasi LoRa	73
Tabel 4.13 Pengujian Nilai RSSI (dBm) Pada Kondisi LOS.....	74
Tabel 4.14 Pengujian Nilai SNR (dB) Pada Kondisi LOS	76
Tabel 4.15 Pengujian Nilai Packet Loss (%) Pada Kondisi LOS.....	78
Tabel 4.16 Pengujian Nilai PDR (%) Pada Kondisi LOS.....	81
Tabel 4.17 Pengujian Nilai RSSI (dBm) Pada Kondisi NLOS.....	83
Tabel 4.18 Pengujian Nilai SNR (dB) Pada Kondisi NLOS.....	86

Tabel 4.19 Pengujian Nilai Packet Loss (%) Pada Kondisi NLOS.....	88
Tabel 4.20 Pengujian Nilai PDR (%) Pada Kondisi NLOS.....	90
Tabel 4.21 Perbandingan Nilai RSSI LOS dan NLOS Pada SF7	92
Tabel 4.22 Perbandingan Nilai SNR LOS dan NLOS Pada SF7	94
Tabel 4.23 Perbandingan Nilai Packet Loss LOS dan NLOS Pada SF7	95
Tabel 4.24 Perbandingan Nilai PDR LOS dan NLOS Pada SF7	98
Tabel 4.25 Perbandingan Nilai RSSI LOS dan NLOS Pada SF9	99
Tabel 4.26 Perbandingan Nilai SNR LOS dan NLOS Pada SF9	101
Tabel 4.27 Perbandingan Nilai Packet Loss LOS dan NLOS Pada SF9 ...	103
Tabel 4.28 Perbandingan Nilai PDR LOS dan NLOS Pada SF9	105
Tabel 4.29 Perbandingan Nilai RSSI LOS dan NLOS Pada SF12	107
Tabel 4.30 Perbandingan Nilai SNR LOS dan NLOS Pada SF12	109
Tabel 4.31 Perbandingan Nilai Packet Loss LOS dan NLOS Pada SF12 .	111
Tabel 4.32 Perbandingan Nilai PDR LOS dan NLOS Pada SF12	113
Tabel 4.33 Analisis Time-on-Air Pada Setiap Spreading Factor	117

