ANALISIS PERFORMANSI KINERJA KOMUNIKASI LORA PADA QUADCOPTER PEMANTAU KUALITAS UDARA

SKRIPSI

Program Studi Sarjana Teknik Elektro

Jurusan Teknik Elektro

Oleh :

ALIF DARMAWAN

NIM. D1021201019



FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS TANJUNGPURA

PONTIANAK

2024

ANALISIS PERFORMANSI KINERJA KOMUNIKASI LORA PADA QUADCOPTER PEMANTAU KUALITAS UDARA

SKRIPSI

Program Studi Sarjana Teknik Elektro
Jurusan Teknik Elektro

Skripsi Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Dalam Bidang Teknik Elektro

Oleh :
ALIF DARMAWAN
NIM. D1021201019

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2024

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon: (0561) 740186 Email: ft@untan.ac.id Website: http://teknik.untan.ac.id

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alif Darmawan

NIM : D1021201019

menyatakan bahwa dalam skripsi yang berjudul "**ANALISIS PERFORMANSI KINERJA KOMUNIKASI LORA PADA QUADCOPTER PEMANTAU KUALITAS UDARA**" tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi manapun. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis mengacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Saya sanggup menerima konsekuensi akademis dan hukum dikemudian hari apabila pernyataan ini dibuat tidak benar.

Pontianak, 16 Desember 2024

Alif Darmawan

NIM. D1021201019

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon: (0561) 740186 Email: ft@untan.ac.id Website: http://teknik.untan.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PERFORMANSI KINERJA KOMUNIKASI LORA PADA QUADCOPTER PEMANTAU KUALITAS UDARA

Program Studi Sarjana Teknik Elektro
Jurusan Teknik Elektro

Oleh:

ALIF DARMAWAN
NIM. D1021201019

Telah dipertahankan di depan Penguji Skripsi pada tanggal 16 Desember 2024 dan diterima sebagai satu diantara persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana.

Susunan Penguji Skripsi:

Pembimbing Utama,

Jannus Marpaung, S.T., M.T., IPM..
NIP. 197307211997021001

Penguji Utama,

Eka Kusumawardhani., S.T., M.T.
NIP. 199308282020122017

Pembimbing Pendamping,

Dr. Eng. Ir. Ferry Hadary, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng.
NIP. 197102281995121001

Penguji Pendamping,

Dr. Redi Ratiandi Yacoub, S.T., M.T.
NIP. 197101031997021002

Pontianak, 16 Desember 2024
Dekan,

Dr. -Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM.
NIP. 196712231992031002

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur saya haturkan kepada Allah SWT. Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan kesehatan, rahmat, dan hidayah-Nya yang tiada terbatas, sehingga saya diberi kesempatan untuk menyelesaikan skripsi ini sebagai bagian dari persyaratan untuk meraih gelar sarjana.

Saya ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya terutama kepada kedua orang tua saya, Bapak Tuwoh Budiawan dan Ibu Hadijah, atas doa, dukungan, motivasi, pengorbanan, nasihat, serta kasih sayang yang terus menerus diberikan tanpa henti hingga saat ini. Kepada saudari tercinta saya, Kurnia Lila terima kasih atas kasih sayang yang telah menyertai saya sepanjang perjalanan hidup hingga saat ini.

Saya sampaikan terima kasih kepada pembimbing saya, Bapak Jannus Marpaung dan Bapak Ferry Hadary, yang telah dengan tulus membimbing, memberikan saran, masukan, serta motivasi dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini. Tak lupa, saya ucapkan terima kasih kepada Ibu Eka Kusumawardhani dan Bapak Redi Ratiandi Yacoub yang telah berkenan menjadi penguji Tugas Akhir saya serta memberikan masukan dan saran yang sangat berharga dalam penyusunan tugas ini.

Terima kasih kepada Ikmal, Hardianto, Meri, dan Hasan yang selalu menemani, memberi masukan serta saran dan menikmati waktu kosong bersama atau bercengkrama dalam hal apapun.

Terima kasih kepada teman-teman Teknik Elektro, dan tentu kepada rekan-rekan Asisten Lab Digital, Bang Oking, Rafidal, Ibrahim, dan Jeremy yang telah banyak membantu dan memberikan saran serta meluangkan waktu dan tenaga dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada kehadirat Allah SWT. yang telah memberikan nikmat kesehatan dan nikmat waktu kepada penulis untuk dapat menyusun Tugas Akhir yang berjudul "Analisis Performansi Kinerja Komunikasi LoRa Pada Quadcopter Pemantau Kualitas Udara".

Dalam prosesnya, penulis ingin menyampaikan penghargaan dan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah mendukung, mendampingi, serta membantu penulis dalam menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini, khususnya kepada:

1. Kedua orang tua, Bapak Tuwuh Budiawan dan Ibu Hadijah serta saudari, Kurnia Lila dan juga kepada keluarga yang selalu mendoakan. memberi semangat, dan dukungan kepada penulis.
2. Bapak Prof. Dr.-Ing. Seno Darmawan Panjaitan, S.T., M.T., IPM, selaku ketua jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura.
3. Bapak Elang Derdian Marindani, S.T., M.T, selaku ketua program studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura.
4. Bapak Abqori Aula, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik penulis pada program studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura.
5. Ibu Ir. Neilcy Tjahjamooniarsih, S.T., M.T., IPM, selaku Kepala Laboratorium Telekomunikasi program studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura.
6. Bapak Jannus Marpaung, S.T., M.T., IPM. selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan bantuan, masukan, kritik, serta saran dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Bapak Dr. Eng. Ir. Ferry Hadary, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng. selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang juga telah memberikan bantuan, masukan, kritik, serta saran dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Ibu Eka Kusumawardhani, S.T., M.T selaku Dosen Penguji Utama yang telah memberikan banyak masukan, kritik, dan saran dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

9. Bapak Dr. Redi Ratiandi Yacoub, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Pendamping yang telah memberikan banyak masukan, kritik, dan saran dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Seluruh teman Teknik Elektro angkatan 2020 senantiasa berkomunikasi dan menemani dalam menyelesaikan tugas akhir.
11. Teman karib penulis yaitu Muhammad Ikhlasul Amal dan Ade Irpan Setiono yang telah bersedia menemani penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat sebagai bahan literatur untuk menambah ilmu pengetahuan dan masukan bagi semua pihak khususnya pada bidang teknik telekomunikasi.

Pontianak, Desember 2024

Penulis,

ALIF DARMAWAN

D1021201019

ABSTRAK

Dalam komunikasi nirkabel, kualitas dan keberhasilan pertukaran informasi menjadi suatu hal yang harus diperhatikan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performansi komunikasi LoRa pada sebuah *quadcopter* yang dirancang untuk memantau kualitas udara. Kualitas dan keberhasilan pertukaran informasi pada quadcopter pemantau kualitas udara ini dapat ditinjau berdasarkan parameter *Received Signal Strength Indicator* (RSSI), *Signal-to-Noise Ratio* (SNR), *Packet Delivery Ratio* (PDR), dan *Packet Loss*. Metode penelitian melibatkan pengujian langsung di lapangan dengan menggunakan *quadcopter* yang dilengkapi dengan modul LoRa RFM95, mikrokontroler ESP32, dan sensor-sensor pemantau kualitas udara, seperti DHT22, MQ-7, MQ-131, serta GP2Y1010AU0F. Pada penelitian ini parameter transmisi LoRa diatur besarannya antara lain *Spreading Factor* (SF) sebesar SF12, *Coding Rate* (CR) sebesar 4/5, *Bandwidth* (BW) sebesar 250 kHz, dan *TX Power* sebesar 15 dBm. Data yang dikumpulkan oleh *quadcopter* dikirimkan ke stasiun penerima melalui komunikasi LoRa. Analisis dilakukan pada berbagai jarak komunikasi untuk memahami pengaruhnya terhadap performansi sistem. Hasil yang didapatkan dari penelitian menunjukkan transmisi komunikasi LoRa pada *quadcopter* pemantau kualitas udara berhasil mengirimkan data dari *transmitter* ke *receiver* pada variasi jarak 100 meter hingga 500 meter dan variasi waktu pengambilan data yaitu pagi, sore, dan malam. Pada penelitian ini, semua variasi pengambilan data menunjukkan nilai *Packet Delivery Ratio* (PDR) sebesar 100% dan *Packet Loss* sebesar 0%. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa parameter *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) dan *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) memiliki korelasi yang signifikan terhadap jarak komunikasi. Nilai *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) dan *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) cenderung menurun seiring bertambahnya jarak. Nilai terendah *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) didapatkan sebesar -110 dBm sedangkan nilai terendah *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) didapatkan sebesar -11,75 dB.

Kata Kunci: LoRa, *Quadcopter*, kualitas udara, *Received Signal Strength Indicator* (RSSI), *Signal-to-Noise Ratio* (SNR), *Packet Delivery Ratio* (PDR), *Packet Loss*

ABSTRACT

In wireless communication, the quality and success of information exchange are crucial factors to consider. This study aims to analyze the performance of LoRa communication on a *quadcopter* designed to monitor air quality. The quality and success of information exchange on this air quality monitoring *quadcopter* are evaluated based on parameters such as *Received Signal Strength Indicator* (RSSI), *Signal-to-Noise Ratio* (SNR), *Packet Delivery Ratio* (PDR), and *Packet Loss*. The research methodology involves field testing using a *quadcopter* equipped with a LoRa RFM95 module, ESP32 microcontroller, and air quality monitoring sensors, such as DHT22, MQ-7, MQ-131, and GP2Y1010AU0F. In this study, the LoRa transmission parameters were configured as follows: *Spreading Factor* (SF) of SF12, *Coding Rate* (CR) of 4/5, *Bandwidth* (BW) of 250 kHz, and *TX Power* of 15 dBm. Data collected by the *quadcopter* were *transmitted* to a receiver station via LoRa communication. Analysis was conducted at various communication distances to understand their impact on system performance. The results indicate that the LoRa communication transmission on the air quality monitoring quadcopter successfully transmitted data from the *transmitter* to the *receiver* at distances ranging from 100 meters to 500 meters and during different data collection times: morning, afternoon, and evening. In this study, all data collection variations showed a *Packet Delivery Ratio* (PDR) of 100% and a *Packet Loss* of 0%. The findings also demonstrate that the *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) and *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) parameters have a significant correlation with communication distance. The values of RSSI and SNR tend to decrease as the distance increases. The lowest *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) value recorded was -110 dBm, while the lowest *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) value was -11,75 dB.

Keywords: LoRa, *quadcopter*, air quality, *Received Signal Strength Indicator* (RSSI), *Signal-to-Noise Ratio* (SNR), *Packet Delivery Ratio* (PDR), *Packet Loss*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN i
HALAMAN PENGESAHAN ii
HALAMAN PERSEMBAHAN iii
KATA PENGANTAR iv
ABSTRAK vi
ABSTRACT vii
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR LAMPIRAN xv
DAFTAR ISTILAH xvi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar belakang 1
1.2 Perumusan masalah 2
1.3 Tujuan penelitian 3
1.4 Pembatasan masalah 3
1.5 Sistematika penulisan 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI 5
2.1 Tinjauan Pustaka 5
2.2 Landasan Teori 6
2.2.1 Sistem Komunikasi LoRa 6
2.2.2 Parameter Transmisi LoRa 7
2.2.3 Parameter Performansi Komunikasi LoRa 9
2.2.4 Quadcopter 11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 12
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian 12
3.2 Alat dan Bahan Penelitian 13
3.2.1 Alat 13
3.2.2 Bahan 14
3.2.3 Perangkat Lunak 20

3.3 Metode Penelitian 22
3.4 Diagram Alir Penelitian 23
3.5 Perancangan Sistem 24
3.6 Perancangan Perangkat Keras 25
3.7 Perancangan Proses Pengiriman Data Sensor Pada *Transmitter* 28
3.8 Perancangan Proses Penerimaan Data Sensor Pada *Receiver* 29
3.9 Proses Pengambilan Data 30
3.10 Data dan Variabel 31
3.11 Analisis Hasil 32
BAB IV ANALISIS DAN HASIL 33
4.1 Pengujian Sensor–Sensor Kualitas Udara 33
4.1.1 Pengujian Sensor DHT22 33
4.1.2 Pengujian Sensor MQ-7 37
4.1.3 Pengujian Sensor MQ-131 40
4.1.4 Pengujian Sensor GP2Y1010AU0F 42
4.2 Analisa Data 45
4.2.1 Data Hasil Pengujian Pagi Hari 45
4.2.2 Data Hasil Pengujian Sore Hari 61
4.2.3 Data Hasil Pengujian Malam Hari 76
4.2.4 Perbandingan Data Transmisi LoRa Pada Jarak Bervariasi 91
4.2.5 Perbandingan Data Kualitas Udara Pada Waktu Bervariasi 94
4.2.6 Batas Jarak Transmisi 98
BAB V PENUTUP 101
5.1 Kesimpulan 101
5.2 Saran 101
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Konfigurasi quadcopter Berbentuk Huruf X 11
Gambar 3.1 Lokasi transmitter dan receiver.....12
Gambar 3.2 Laptop ASUS Vivobook 14 13
Gambar 3.3 Quadcopter..... 14
Gambar 3.4 NodeMCU ESP32..... 14
Gambar 3.5 Antena 5 dBi 15
Gambar 3.6 LoRa RFM95 15
Gambar 3.7 Sensor DHT22 16
Gambar 3.8 Sensor MQ-131..... 17
Gambar 3.9 Sensor MQ-7..... 18
Gambar 3.10 Sensor GP2Y1010AU0F 19
Gambar 3.11 LCD I2C..... 19
Gambar 3.12 Modul SD Card..... 20
Gambar 3.13 Tampilan Arduino IDE..... 21
Gambar 3.14 Logo Arduino IDE 21
Gambar 3.15 Tampilan Blynk..... 22
Gambar 3.16 Logo Blynk 22
Gambar 3.17 Diagram alir penelitian 23
Gambar 3.18 Diagram blok sistem 25
Gambar 3.19 Rangkaian wiring transmitter 25
Gambar 3.20 Rangkaian wiring receiver..... 27
Gambar 3.21 Diagram alir transmitter..... 28
Gambar 3.22 Diagram alir receiver 29
Gambar 3.23 line of sight 30
Gambar 4.1 (a)Percobaan pertama DHT22 (b)Percobaan kedua DHT22.....34
Gambar 4.2 (a) Percobaan pertama DHT22 nilai suhu (b) Percobaan kedua DHT22 nilai suhu..... 35
Gambar 4.3 (a) Percobaan pertama DHT22 nilai kelembapan (b) Percobaan kedua DHT22 nilai kelembapan..... 37
Gambar 4.4 (a) Percobaan pertama MQ-7 (b) Percobaan kedua MQ-7..... 38

Gambar 4.5 (a) Percobaan pertama MQ-7 nilai karbon monoksida (b) Percobaan kedua MQ-7 nilai karbon monoksida..... 40
Gambar 4.6 (a) Percobaan pertama MQ-131 (b) Percobaan kedua MQ-131..... 40
Gambar 4.7 (a) Percobaan pertama MQ-131 nilai ozon (b) Percobaan kedua MQ-131 nilai ozon..... 42
Gambar 4.8 (a) Percobaan pertama GP2Y1010AU0F (b) Percobaan kedua GP2Y1010AU0F..... 43
Gambar 4.9 (a) Percobaan pertama GP2Y1010AU0F partikulat 10 mikron (b) Percobaan kedua GP2Y1010AU0F partikulat 10 mikron..... 45
Gambar 4.10 (a) Grafik nilai RSSI pagi jarak 100 meter (b) Grafik nilai SNR pagi jarak 100 meter..... 47
Gambar 4.11 (a) Grafik nilai RSSI pagi Jarak 200 meter (b) Grafik nilai SNR pagi Jarak 200 meter..... 50
Gambar 4.12 (a) Grafik nilai RSSI pagi Jarak 300 meter (b) Grafik nilai SNR pagi Jarak 300 meter..... 53
Gambar 4.13 (a) Grafik nilai RSSI pagi Jarak 400 meter (b) Grafik nilai SNR pagi Jarak 400 meter..... 56
Gambar 4.14 (a) Grafik nilai RSSI pagi Jarak 500 meter (b) Grafik nilai SNR pagi Jarak 500 meter..... 59
Gambar 4.15 (a) Grafik nilai RSSI sore jarak 100 meter (b) Grafik nilai SNR sore jarak 100 meter..... 62
Gambar 4.16 (a) Grafik nilai RSSI sore jarak 200 meter (b) Grafik nilai SNR sore jarak 200 meter..... 65
Gambar 4.17 (a) Grafik nilai RSSI sore jarak 300 meter (b) Grafik nilai SNR sore jarak 300 meter..... 68
Gambar 4.18 (a) Grafik nilai RSSI sore jarak 400 meter (b) Grafik nilai SNR sore jarak 400 meter..... 71
Gambar 4.19 (a) Grafik nilai RSSI sore jarak 500 meter (b) Grafik nilai SNR sore jarak 500 meter..... 74
Gambar 4.20 (a) Grafik nilai RSSI malam jarak 100 meter (b) Grafik nilai SNR malam jarak 100 meter..... 77

Gambar 4.21 (a) Grafik nilai RSSI malam jarak 200 meter (b) Grafik nilai SNR malam jarak 200 meter 80
Gambar 4.22 (a) Grafik nilai RSSI malam jarak 300 meter (b) Grafik nilai SNR malam jarak 300 meter 83
Gambar 4.23 (a) Grafik nilai RSSI malam jarak 400 meter (b) Grafik nilai SNR malam jarak 400 meter 86
Gambar 4.24 (a) Grafik nilai RSSI malam jarak 500 meter (b) Grafik nilai SNR malam jarak 500 meter 89
Gambar 4.25 (a) Nilai tertinggi dan nilai terendah RSSI pagi hari (b) Nilai tertinggi dan nilai terendah SNR pagi hari 91
Gambar 4.26 (a) Nilai tertinggi dan nilai terendah RSSI sore hari (b) Nilai tertinggi dan nilai terendah SNR sore hari 92
Gambar 4.27 (a) Nilai tertinggi dan nilai terendah RSSI malam hari (b) Nilai tertinggi dan nilai terendah SNR malam hari 93
Gambar 4.28 Perbandingan nilai data suhu 94
Gambar 4.29 Perbandingan nilai kelembapan 95
Gambar 4.30 Perbandingan nilai karbon monoksida 96
Gambar 4.31 Perbandingan nilai ozon 96
Gambar 4.32 Perbandingan nilai partikulat 10 mikron 97
Gambar 4.33 (a) Grafik nilai RSSI jarak 1250 meter (b) Grafik nilai SNR jarak 1250 meter 99

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Pin Transmitter..... 26
Tabel 3.2 Pin Receiver..... 27
Tabel 3.3 Data Pengujian Sistem Komunikasi 31
Tabel 3.4 Variabel Pengujian Sistem Komunikasi..... 32
Tabel 4.1 Data Pengujian DHT22 Tingkat Suhu Udara.....34
Tabel 4.2 Data Pengujian DHT22 Tingkat Kelembapan Udara 36
Tabel 4.3 Data Pengujian MQ-7 Kadar Karbon Monoksida(CO) 38
Tabel 4.4 Data Pengujian MQ-131 Nilai Kadar Ozon..... 41
Tabel 4.5 Data Pengujian GP2Y1010AU0F Nilai Partikulat 10 Mikron 43
Tabel 4.6 Data Transmisi Komunikasi LoRa Pagi Hari Jarak 100 Meter 46
Tabel 4.7 Data Kualitas Udara Pengujian Pagi Hari Jarak 100 Meter 48
Tabel 4.8 Data Transmisi Komunikasi LoRa Pagi Hari Jarak 200 Meter 49
Tabel 4.9 Data Kualitas Udara Pengujian Pagi Hari Jarak 200 Meter 51
Tabel 4.10 Data Transmisi Komunikasi LoRa Pagi Hari Jarak 300 Meter 52
Tabel 4.11 Data Kualitas Udara Pagi Hari Jarak 300 Meter..... 54
Tabel 4.12 Data Transmisi Komunikasi LoRa Pagi Hari Jarak 400 M 55
Tabel 4.13 Data Kualitas Udara Pagi Hari Jarak 400 Meter 57
Tabel 4.14 Data Transmisi Komunikasi LoRa Pagi Hari Jarak 500 Meter 58
Tabel 4.15 Data Kualitas Udara Pagi Hari Jarak 500 Meter 60
Tabel 4.16 Data Transmisi Komunikasi LoRa Sore Hari Jarak 100 Meter 61
Tabel 4.17 Data Kualitas Udara Sore Hari Jarak 100 Meter 63
Tabel 4.18 Data Transmisi Komunikasi LoRa Sore Hari Jarak 200 Meter 64
Tabel 4.19 Data Kualitas Udara Sore Hari Jarak 200 Meter 66
Tabel 4.20 Data Transmisi Komunikasi LoRa Sore Hari Jarak 300 Meter 67
Tabel 4.21 Data Kualitas Udara Sore Hari Jarak 300 Meter 69
Tabel 4.22 Data Transmisi Komunikasi LoRa Sore Hari Jarak 400 Meter 70
Tabel 4.23 Data Kualitas Udara Sore Hari Jarak 400 Meter 72
Tabel 4.24 Data Transmisi Komunikasi LoRa Sore Hari Jarak 500 Meter 73
Tabel 4.25 Data Kualitas Udara Sore Hari Jarak 500 Meter 75
Tabel 4.26 Data Transmisi Komunikasi LoRa Malam Hari Jarak 100 Meter 76

Tabel 4.27 Data Kualitas Udara Pengujian Malam Hari Jarak 100 Meter 78
Tabel 4.28 Data Transmisi Komunikasi LoRa Malam Hari Jarak 200 Meter 79
Tabel 4.29 Data Kualitas Udara Malam Hari Jarak 200 Meter 81
Tabel 4.30 Data Transmisi Komunikasi LoRa Malam Hari Jarak 300 Meter 82
Tabel 4.31 Data Kualitas Udara Malam Hari Jarak 300 Meter 84
Tabel 4.32 Data Transmisi Komunikasi LoRa Malam Hari Jarak 400 Meter 85
Tabel 4.33 Data Kualitas Udara Malam Hari Jarak 400 Meter 87
Tabel 4.34 Data Transmisi Komunikasi LoRa Malam Hari Jarak 500 Meter 88
Tabel 4.35 Data Kualitas Udara Malam Hari Jarak 500 Meter 90
Tabel 4.36 Data Transmisi Komunikasi LoRa Jarak 1250 Meter..... 98
Tabel 4. 37 Data Kualitas Udara Jarak 1250 Meter..... 100

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A.....A-1

DAFTAR ISTILAH

Bandwidth	Lebar frekuensi yang digunakan untuk memodulasi sinyal informasi.
Coding Rate	Implementasi suatu modulasi untuk meningkatkan *Forward Error Correction* dengan *redundansi bit* data.
Gain	Ukuran kemampuan antena untuk memperkuat sinyal yang dipancarkan atau diterima, biasanya dinyatakan dalam satuan desibel (dBi).
Ground System	Sistem yang berada di permukaan tanah untuk mendukung operasional *quadcopter*, seperti penerimaan data, monitoring, atau pengendalian manual.
Internet Of Things (IoT)	Jaringan perangkat yang saling terhubung melalui internet, memungkinkan pengumpulan, pertukaran, dan analisis data secara real-time.
Line of Sight	Kondisi dimana pada area yang berupa garis lurus antara pemancar sinyal dan penerima yang tidak terhalang oleh benda apapun
LoRa	Teknologi *wireless* yang menggunakan teknik modulasi *spread spectrum* berasal dari teknologi *chirp spread spectrum* (CSS).
Mikrokontroler	Komputer kecil dalam bentuk chip yang dapat diprogram untuk mengontrol perangkat elektronik.

Omni directional	Karakteristik antena yang dapat memancarkan atau menerima sinyal ke segala arah (360 derajat) dalam bidang horizontal.
Packet Delivery Ratio.	Rasio keberhasilan pengiriman paket data.
Packet Loss	Kehilangan atau kegagalan dalam pengiriman paket data.
Quadcopter	Jenis wahana udara tanpa awak yang memiliki empat rotor.
Receiver	Komponen elektronik yang berfungsi untuk menerima data yang dikirimkan oleh *transmitter* dan mengolahnya untuk diproses lebih lanjut.
Received Signal Strength Indicator	Pengukuran kekuatan penerimaan sinyal untuk indikasi bagaimana perangkat dapat menerima sinyal dengan baik dari sisi pengirim.
Signal-to-Noise Ratio	Perbandingan antara kekuatan sinyal yang diterima dengan tingkat kebisingan di saluran komunikasi.
Spreading Factor	Banyaknya bit yang dapat di-encode untuk mewakili satu symbol.
Transmitter	Komponen elektronik yang berfungsi untuk mengirimkan data melalui gelombang radio atau media komunikasi lainnya dari satu perangkat ke perangkat lain.
Tx Power	Besaran energi yang digunakan oleh perangkat pemancar (*transmitter*) untuk mengirimkan sinyal radio.

Unmanned Aerial Vehicles (UAV)	Wahana udara yang beroperasi tanpa pilot di dalamnya, dikendalikan secara otomatis atau melalui remote control..
Wiring	Proses atau teknik menyambungkan berbagai komponen elektronik menggunakan kabel untuk memastikan aliran arus listrik dan data antar perangkat.

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Komunikasi nirkabel atau adalah sebuah teknologi yang memiliki cakupan cukup luas untuk diteliti[1]. Pemanfaatan teknologi komunikasi nirkabel semakin berkembang dalam berbagai aplikasi, termasuk pemantauan kualitas udara. Pemantauan kualitas udara telah menjadi fokus utama dalam upaya menjaga kesehatan masyarakat dan lingkungan. Ada banyak faktor yang mempengaruhi keadaan udara, seperti suhu, kelembaban udara, dan polusi[2]. Kualitas udara yang buruk dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan seperti gangguan pernapasan, penyakit jantung, dan bahkan kematian. Selain itu, polusi udara juga dapat memiliki dampak yang serius pada ekosistem, mengganggu kehidupan hewan dan tumbuhan serta mengurangi kualitas air dan tanah[3].

Pemantauan kualitas udara yang akurat dan efektif menjadi kunci dalam mengidentifikasi polutan udara dan mengambil langkah-langkah preventif yang diperlukan[4]. Penggunaan *quadcopter* (drone empat baling-baling) sebagai platform pemantauan menawarkan keuntungan signifikan dalam hal mobilitas, fleksibilitas, dan akurasi pengambilan data. *Quadcopter* merupakan *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV) yang digerakkan dengan 4 buah rotor, sehingga bisa disebut juga sebagai *quadrotor*[5]. Dengan kemampuan untuk mengakses area yang sulit dijangkau secara cepat dan efisien, *quadcopter* dapat memberikan pemantauan yang lebih terperinci dan luas daripada metode konvensional.

Namun, keberhasilan penggunaan *quadcopter* dalam pemantauan kualitas udara sangat bergantung pada performa sistem komunikasi nirkabel yang digunakan. Komunikasi yang baik antara *quadcopter* dan stasiun darat memungkinkan transfer data yang cepat dan akurat, sehingga memastikan informasi yang diperlukan dapat diperoleh dalam waktu nyata. Oleh karena itu, penting untuk melakukan analisis mendalam terhadap teknologi komunikasi yang digunakan pada *quadcopter*, dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan komunikasi dalam konteks pemantauan kualitas udara.

Dalam konteks ini, teknologi LoRa menawarkan solusi yang menarik. LoRa menonjol dalam kemampuannya untuk mentransmisikan data dalam jarak jauh

dengan konsumsi daya yang rendah, menjadikannya pilihan yang menarik untuk aplikasi *quadcopter* pemantau kualitas udara. LoRa merupakan modul *transceiver* yang bekerja pada rentang frekukensi 433 MHz sampai dengan 920 MHz[6]. Dengan memahami dan menganalisis performa kinerja LoRa pada *quadcopter*, diharapkan dapat ditemukan solusi untuk mengoptimalkan komunikasi nirkabel dalam pemantauan kualitas udara.

Penggunaan LoRa dibandingkan dengan komunikasi lain seperti Wi-Fi memiliki beberapa alasan. LoRa menunjukkan keunggulan dalam hal jangkauan dan efisiensi energi, sedangkan Wi-Fi hanya unggul dalam kecepatan data[7]. LoRa memiliki jangkauan hingga 15 km dengan konsumsi daya rendah, sementara Wi-Fi memiliki jangkauan sekitar 60 meter dengan konsumsi daya tinggi[8].

Pada penelitian ini, dilakukan analisis terhadap performa kinerja LoRa pada *quadcopter* sebagai sarana untuk meningkatkan kualitas komunikasi nirkabel dalam pemantauan kualitas udara. untuk menghasilkan performa transmisi LoRa yang maksimal, terdapat beberapa parameter yang dapat dirubah sesuai dengan keadaan lingkungan. Diantaranya adalah SF (*Spreading Factor*), CR (*Coding Rate*), dan BW (*Bandwidth*)[9]. Penelitian ini dilakukan pada 3 waktu pengambilan data berbeda yaitu pagi, sore, dan malam untuk melihat pengaruh perbedaan kepadatan partikel udara kepada komunikasi LoRa.

1.2 Perumusan masalah

Meskipun penggunaan *quadcopter* menjanjikan sebagai platform pemantauan yang efisien, keberhasilan transmisi data dalam kondisi udara terbuka masih menjadi kendala utama. Komunikasi antara *quadcopter* dan stasiun darat memungkinkan transfer data yang cepat dan akurat, sehingga memastikan informasi yang diperlukan dapat diperoleh dalam waktu nyata. Penelitian ini dilakukan untuk melihat bagaimana keberhasilan dan kualitas komunikasi transmisi LoRa yang dibawa *quapcopter* untuk pemantau kualitas udara. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang berharga dalam pengembangan sistem pemantauan kualitas udara yang lebih efektif dan efisien menggunakan teknologi *quadcopter* dan komunikasi LoRa.

1.3 Tujuan penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat keberhasilan dari transmisi data LoRa pada *quadcopter* dengan menghitung parameter *Packet Delivery Ratio* (PDR) dan juga menganalisis kegagalan dari transmisi data LoRa pada *quadcopter* dengan menghitung parameter *Packet Loss*. Selain itu penelitian ini juga bertujuan untuk mengukur kekuatan sinyal pada transmisi LoRa dengan mengukur parameter seperti *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) dan *Signal-to-Noise Ratio* (SNR).

1.4 Pembatasan masalah

1. *Gain* antena yang digunakan pada pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*) diberi 5 dBi.
2. Kanal transmisi dikondisikan LOS (*Line of Sight*).
3. Parameter transmisi LoRa antara lain *Spreading Factor* (SF) sebesar SF12, *Coding Rate* (CR) sebesar 4/5, *Bandwidth* (BW) sebesar 250 kHz, dan *Tx Power* 15 dBm.
4. Jarak *transmitter* ke *receiver* bervariasi 100 meter, 200 meter, 300 meter, 400 meter, dan 500 meter.
5. Paket data yang dibahas hanya nilai RSSI dan SNR serta data kualitas udara (*Payload*).
6. Parameter performa LoRa untuk transmisi data yaitu, *Packet Delivery Ratio* (PDR), *Signal-to-Noise Ratio* (SNR), *Received Signal Strength Indicator* (RSSI), dan *Packet Loss.*
7. *Quadcopter* berfungsi sebagai pembawa perangkat seperti sensor–sensor kualitas udara, LoRa, ESP32, dan antena 5 dBi.
8. Hanya membahas nilai transmisi komunikasi LoRa ketika *quadcopter* terbang.
9. Frekuensi komunikasi sebesar 915MHz.

1.5 Sistematika penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan Latar Belakang, Permasalahan, Pembatasan Masalah, Tujuan Penelitian dan Sistematika Penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Bab ini berisikan penjelasan teori–teori yang terkait tentang sistem komunikasi LoRa dan teori–teori lainnya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan perancangan sistem komunikasi LoRa pada *quadcopter* sebagai pamantau kualitas udara. Bab ini juga menyajikan bahan penelitian, alat yang digunakan, metode penelitian, variabel penelitian, analisis hasil, serta diagram alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil pengujian terhadap kinerja LoRa dengan paramater–parameter yang telah disebutkan sebelumnya.

BAB V PENUTUP

Bab ini merupakan bab penutup yang berisi kesimpulan dan saran–saran yang diambil oleh penulis yang bertujuan untuk perbaikan hasil skripsi ini kedepannya.