IMPLEMENTASI SEBARAN SINYAL LoRa PADA LAMPU LALU LINTAS

SKRIPSI

Program Studi Sarjana Teknik Elektro
Jurusan Teknik Elektro

Oleh:
RUSLAN
NIM D1021211059

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Email: ft@untan.ac.id Website: http://teknik.untan.ac.id

SURAT KETERANGAN SELESAI PENULISAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini, Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping pada penulisan skripsi yang berjudul **"Implementasi Sebaran sinyal LoRa Pada Lampu Lintas"** yang ditulis oleh mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

Nama : Ruslan
NIM : D1021211059
Jurusan : Teknik Elektro
Program Studi : Teknik Elektro
Konsentrasi : Teknik Telekomunikasi

Demikian ini menerangkan bahwa mahasiswa tersebut telah menyelesaikan penulisan skripsinya.

Pontianak, 24 Juni 2025

Pembimbing Utama,

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

Pembimbing Pendamping,

Ir. F. Trias Pontia W, S.T., M.T., IPM, ASEAN E
NIP. 197510012000031001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ruslan

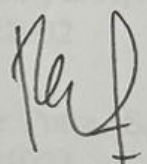
NIM : D1021211059

Menyatakan bahwa dalam skripsi yang berjudul **"Implementasi Sebaran Sinyal LoRa Pada Lampu Lintas "** 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 – sebenarnya. Saya sanggup menerima konsekuensi akademis dan hukum di kemudian hari apabila pernyataan yang dibuat ini tidak benar.

Pontianak, 24 Juni 2025

Penulis,



Ruslan

D1021211059

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
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

Implementasi Sebaran sinyal LoRa Pada Lampu Lintas

Program Studi Sarjana Teknik Elektro
Jurusan Teknik Elektro

Oleh :

RUSLAN
NIM. D1021211059

Telah dipertahankan di depan Penguji Skripsi pada tanggal 24 Juni 2025 dan diterima sebagai salah satu diantara persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana

Susunan Penguji Skripsi :

Dosen Pembimbing Utama	: Jannus Marpaung, S.T., M.T., IPM. NIP. 197307211997021001
Dosen Pembimbing Kedua	: Ir. F. Trias Pontia W, S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng. NIP. 197510012000031001
Dosen Penguji Utama	: Dr.Redi Ratiandi Yacoub, S.T., M.T.. NIP. 197101031997021002
Dosen Penguji Kedua	: Leonardus Sandy Ade Putra, S.T., M.T. NIP. 199410072020121003

Pontianak, 24 Juni 2025

Dekan,

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

Pembimbing Utama,

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

PRAKATA

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan rahmat-Nya penulis diberi kesempatan untuk menyelesaikan penulisan tugas akhir dengan judul "Implementasi Sebaran Sinyal LoRa Pada Lampu Lalu Lintas" ini dengan baik. Penulisan dan penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, Bapak Herman dan Ibu Tati serta kepada keluarga yang selalu mendoakan. memberi semangat, dan dukungan kepada penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Ing. Seno Darmawan Panjaitan, ST., MT., IPM selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
3. Bapak Elang Derdian Marindani, ST., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
4. Bapak Jannus Marpaung, ST., MT., IPM. selaku Dosen Pembimbing Utama.
5. Bapak Ir. F. Trias Pontia W, S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng. selaku Dosen Pembimbing Pendamping.
6. Bapak Dr. Redi Ratiandi Yacoub, S.T., M.T. Selaku Dosen Penguji Utama.
7. Bapak Leonardus Sandy Ade Putra, S.T., M.T. Selaku Dosen Penguji Pendamping.
8. Bapak dan Ibu dosen pengajar di Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak khususnya Bidang Studi Teknik Elektro atas pengajaran, bimbingan, serta perhatian yang diberikan selama ini.
9. Seluruh teman-teman angkatan 2021 Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpuraatas kebersamaan, kerjasama, dan kenangan yang luar biasa yang telah bersama-sama melewati beragam perjuangan dan pencapaian selama masa kuliah.
10. Seluruh civitas akademika Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura yang sudah memberikan dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan di dalamnya. Penulis berharap tugas akhir yang telah disusun ini dapat bermanfaat Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Saya sanggup menerima

konsekuensi akademis dan hukum di kemudian hari apabila pernyataan yang dibuat ini tidak benar.

Pontianak, 24 Juni 2025

Ruslan
NIM. D1021211059

ABSTRAK

Perkembangan teknologi komunikasi nirkabel berbasis *Internet of Things* (IoT) mendorong modernisasi berbagai infrastruktur perkotaan, termasuk sistem lampu lalu lintas. Penelitian ini membahas implementasi teknologi *Long Range* (LoRa) sebagai media komunikasi nirkabel untuk mengendalikan lampu lalu lintas di kawasan simpang empat. LoRa dipilih karena memiliki jangkauan transmisi yang luas, konsumsi daya rendah, serta kemudahan integrasi dalam sistem *smart city*. Sistem yang dirancang terdiri dari satu *transmitter* berbasis mikrokontroler ESP32 dan empat *receiver* menggunakan NodeMCU ESP8266, yang terhubung melalui modul LoRa SX1278 frekuensi 433 MHz. Pengujian dilakukan dalam kondisi *Line of Sight* (LOS) dengan variasi jarak 25 meter hingga 125 meter. Parameter performansi yang diukur meliputi *Received Signal Strength Indicator* (RSSI), *Signal to Noise Ratio* (SNR), dan waktu *delay*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seiring bertambahnya jarak, nilai RSSI dan SNR cenderung menurun, namun sistem tetap mampu menjalankan tiga mode operasi lampu lalu lintas, yaitu operasi normal, *flash*, dan *all-Red*, secara *real-time* tanpa gangguan berarti hingga jarak 125 meter. 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 -107 dBm sedangkan nilai terendah *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) didapatkan sebesar -16,75 dB.. Implementasi ini membuktikan bahwa LoRa dapat menjadi solusi efektif dan efisien untuk sistem lampu lalu lintas berbasis komunikasi nirkabel, dengan keunggulan fleksibilitas, biaya instalasi yang rendah, serta kemudahan integrasi ke dalam sistem manajemen lalu lintas modern.

Kata kunci: LoRa, Lampu Lalu Lintas, *Signal to Noise Ratio* (RSSI), *Signal to Noise Ratio* (SNR), *Delay*, ESP32, ESP826

ABSTRACT

The development of wireless communication technology based on the Internet of Things (IoT) encourages the modernization of various urban infrastructures, including traffic light systems. This research discusses the implementation of Long Range (LoRa) technology as a wireless communication medium to control traffic lights in the four intersection area. LoRa was chosen because it has a wide transmission range, low power consumption, and ease of integration in smart city systems. The designed system consists of one ESP32 microcontroller-based transmitter and four receivers using NodeMCU ESP8266, which are connected through LoRa SX1278 module with frequency 433 MHz. Tests were conducted under Line of Sight (LOS) conditions with a distance variation of 25 meters to 125 meters. The performance parameters measured include Received Signal Strength Indicator (RSSI), Signal to Noise Ratio (SNR), and delay time. The test results show that as the distance increases, the RSSI and SNR values tend to decrease, but the system is still able to run three traffic light operation modes, namely normal, flash, and all-Red operations, in real-time without significant interference up to a distance of 125 meters. The Received Signal Strength Indicator (RSSI) and Signal-to-Noise Ratio (SNR) values tend to decrease as the distance increases. The lowest value of Received Signal Strength Indicator (RSSI) is obtained at -107 dBm while the lowest value of Signal-to-Noise Ratio (SNR) is obtained at -16.75 dB. This implementation proves that Lo

Keywords: *LoRa, Traffic Light, Signal to Noise Ratio (RSSI), Signal to Noise Ratio (SNR), Delay, ESP32, ESP826*

DAFTAR ISI

PRAKATA i
ABSTRAK iii
ABSTRACT iv
DAFTAR ISI v
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR ISTILAH xv
DAFTAR LAMPIRAN xvi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Pembatasan Masalah 4
1.5 Sistematika Penulisan 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI 6
2.1 Tinjuan Pustaka 6
2.2 Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas 7
2.2.1 Siklus Penyalaan Lampu Lalu Lintas 8
2.2.2 Tipe Fase (*Phase*) Penyalaan Lampu Lalu Lalu Lintas 10
2.3 Sistem Komunikasi LoRa 13
2.4 Parameter Transmisi LoRa 14
2.4.1 S*preading Factor* 14
2.4.2 *Coding Rate* 14
2.5 Parameter Perfomansi LoRa 15
2.5.1 *Received Signal Strength Indicator* 15
2.5.2 *Signal to Noise Rasio* 15
2.6 WiFi (*Wireless Fidelity*) 15
2.7 Web Server 16
2.8 Mikrokontroler 17

2.6.1 ESP32 17
2.6.2 NodeMCU ESP8266 18
2.4 LoRa 19
2.5 Antena Omni 20
2.6 Arduino IDE 21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 22
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian 22
3.2 Alat dan Bahan Penelitian 23
3.3 Diagram Penelitian 23
3.4 Metode Penelitian 25
3.5 Perancangan Sistem 25
3.6 Perancangan Perangkat Keras 26
3.7 Perancangan Web Server Sebagai Antarmuka Pemilihan Mode Operasi 28
3.8 Perancangan Proses Pengiriman Data Operasi Normal Pada *Transmitter* 30
3.9 Perancangan Proses Pengiriman Data Operasi *Flash* Pada *Transmitter* 34
3.10 Perancangan Proses Pengiriman Data Operasi *All Red* Pada *Transmitter* 36
3.11 Perancangan Proses Penerimaan Data Pada *Receiver* 38
3.11.1 Perancangan *Receiver* 1 38
3.11.2 Perancangan *Receiver* 2 39
3.11.3 Perancangan *Receiver* 3 41
3.11.4 Perancangan *Receiver* 4 42
3.12 Proses Pengambilan Data 44
3.13 Data dan Variabel 45
3.14 Analisis Hasil 46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 47
4.1 Hasil Rancangan Perangkat Keras 47
4.1.1 Hasil Rancangan Perangkat *Transmitter* 47
4.1.2 Hasil Rancangan Perangkat *Receiver* 48

4.2 Hasil Pengujian Web Server sebagai Antarmuka Pemilihan Mode Operasi 49
4.2.1 Pengujian Web Server Pemilihan Mode Operasi Normal ... 49
4.2.2 Pengujian Web Server Pemilihan Mode Operasi Flash 50
4.2.3 Pengujian Web Server Pemilihan Mode Operasi Flash 51
4.3 Data Hasil Pengujian Pengiriman Operasi Normal 52
4.3.1 Pengujian Pengiriman Data Operasi Normal Jarak 25 Meter..... 53
4.3.2 Pengujian Pengiriman Data Operasi Normal Jarak 50 Meter..... 56
4.3.3 Pengujian Pengiriman Data Operasi Normal Jarak 75 Meter..... 60
4.3.4 Pengujian Pengiriman Data Operasi Normal Jarak 100 Meter..... 63
4.3.5 Pengujian Pengiriman Data Operasi Normal Jarak 125 Meter..... 67
4.4 Data Hasil Pengujian Pengiriman Operasi *Flash* 70
4.4.1 Pengujian Pengiriman Data Operasi *Flash* Jarak 25 Meter..... 70
4.4.2 Pengujian Pengiriman Data Operasi *Flash* Jarak 50 Meter..... 74
4.4.3 Pengujian Pengiriman Data Operasi *Flash* Jarak 75 Meter..... 77
4.4.4. Pengujian Pengiriman Data Operasi *Flash* Jarak 100 Meter..... 81
4.4.5 Pengujian Pengiriman Data Operasi *Flash* Jarak 125 Meter..... 83
4.5 Data Hasil Pengujian Pengiriman Operasi *All Red* 87
4.5.1 Pengujian Pengiriman Data Operasi *All Red* Jarak 25 Meter..... 87
4.5.2 Pengujian Pengiriman Data Operasi *All Red* Jarak 50 Meter..... 91

4.5.3 Pengujian Pengiriman Data Operasi *All Red* Jarak 75 Meter..... 94
4.5.4 Pengujian Pengiriman Data Operasi *All Red* Jarak 100 Meter..... 98
4.5.5 Pengujian Pengiriman Data Operasi *All Red* Jarak 125 Meter..... 101
4.6 Perbandingan Hasil Transmisi Data pada Variasi Jarak 105
BAB V PENUTUP..... 110
5.1 Kesimpulan..... 110
5.2 Saran 110
DAFTAR PUSTAKA 111
LAMPIRAN A 1
LAMPIRAN B 1
LAMPIRAN C 1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lampu Lalu Lintas 8
Gambar 2. 2 Lampu Bewarna Merah 8
Gambar 2. 3 Lampu Bewarna Kuning 9
Gambar 2. 4 Lampu Bewarna Hijau 10
Gambar 2. 5 Digram Siklus Waktu Penyalaan Lampu Fase Standar 11
Gambar 2. 6 Digram Siklus Waktu Penyalaan Lampu Fase Kombinasi 11
Gambar 2. 7 Digram Siklus Waktu Penyalaan Lampu Fase Lampu Kuning Berkedip 12
Gambar 2. 8 Digram Siklus Waktu Penyalaan Lampu Fase Semua Lampu Bewarna merah (*All Red*) 13
Gambar 2.9 Komunikasi LoRa Point to Point Satu Arah 14
Gambar 2.10 Mikrokontroler ESP32 17
Gambar 2.11 NodeMCU ESP8266 18
Gambar 2.12 Modul LoRa RA-02 Antena 433MHz 19
Gambar 2. 13 Antena Omni 5 dBi 20
Gambar 2. 14 Tampilan Arduino IDE 21
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian 22
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian 24
Gambar 3. 3 Diagram Blok Sistem 26
Gambar 3. 4 Rangkaian *wiring transmitter* 26
Gambar 3. 5 Rangkaian *wiring receiver* 27
Gambar 3. 6 Digram Alir Operasi Normal 31
Gambar 3. 7 Digram Alir Operasi *Flash* 34
Gambar 3. 8 Digram Alir Operasi *Flash* 36
Gambar 3. 9 Diagram Alir Proses Penerimaan Data Ke *Receiver* 1 38
Gambar 3. 10 Diagram Alir Proses Penerimaan Data Ke *Receiver* 2 40
Gambar 3. 11 Diagram Alir Proses Penerimaan Data Ke *Receiver* 3 41
Gambar 3. 12 Diagram Alir Proses Penerimaan Data Ke *Receiver* 4 43
Gambar 3. 13 Line of Sight 44
Gambar 4. 1 Hasil Rancangan Perangkat Keras *Transmitter* 48
Gambar 4. 2 Hasil Rancangan Perangkat Keras *Receiver* 49

Gambar 4. 3 Pengujian Web Server Mode Operasi Normal 50
Gambar 4. 4 Pengujian Web Server Mode Operasi *Flash* 51
Gambar 4. 5 Pengujian Web Server Mode Operasi *All Red* 52
Gambar 4. 6 (a) Jarak *Transmitter* Operasi Normal 25 meter (b) Hasil Pengujian Operasi Normal Jarak 25 meter 53
Gambar 4. 7 (a) Grafik nilai RSSI Operasi Normal jarak 25 meter (b) Grafik nilai SNR Operasi Normal jarak 25 meter 55
Gambar 4. 8 (a) Jarak *Transmitter* Operasi Normal 50 meter (b) Hasil Pengujian Operasi Normal 50 meter 56
Gambar 4. 9 (a) Grafik nilai RSSI Operasi Normal jarak 50 meter (b) Grafik nilai SNR Operasi Normal jarak 50 meter 59
Gambar 4. 10 (a) Jarak *Transmitter* Operasi Normal 75 meter (b) Hasil Pengujian Operasi Normal 75 meter 60
Gambar 4. 11 (a) Grafik nilai RSSI Operasi Normal jarak 75 meter (b) Grafik nilai SNR Operasi Normal jarak 75 meter 62
Gambar 4. 12 (a) Jarak *Transmitter* Operasi Normal 100 meter (b) Hasil Pengujian Operasi Normal 100 meter 63
Gambar 4. 13 (a) Grafik nilai RSSI Operasi Normal jarak 100 meter (b) Grafik nilai SNR Operasi Normal jarak 100 meter 66
Gambar 4. 14 (a) Jarak *Transmitter* Operasi Normal 125 meter (b) Hasil Pengujian Operasi Normal 125 meter 67
Gambar 4. 15 (a) Grafik nilai RSSI Operasi Normal jarak 125 meter (b) Grafik nilai SNR Operasi Normal jarak 125 meter 69
Gambar 4. 16 (a) Jarak *Transmitter* Operasi *Flash* 25 meter (b) Hasil Pengujian Operasi *Flash* 25 meter 71
Gambar 4. 17 (a) Grafik nilai RSSI Operasi *Flash* jarak 50 meter (b) Grafik nilai SNR Operasi *Flash* jarak 50 meter 73
Gambar 4. 18 (a) Jarak *Transmitter* Operasi *Flash* 50 meter (b) Hasil Pengujian Operasi *Flash* 50 meter 74
Gambar 4. 19 (a) Grafik nilai RSSI Operasi *Flash* jarak 50 meter (b) Grafik nilai SNR Operasi *Flash* jarak 50 meter 77

Gambar 4. 20 (a) Jarak *Transmitter* Operasi *Flash* 75 meter (b) Hasil Pengujian Operasi *Flash* 75 meter 77
Gambar 4. 21 (a) Grafik nilai RSSI Operasi *Flash* jarak 75 meter (b) Grafik nilai SNR Operasi *Flash* jarak 75 meter..... 80
Gambar 4. 22 (a) Jarak *Transmitter* Operasi *Flash* 100 meter (b) Hasil Pengujian Operasi *Flash* 100 meter 81
Gambar 4. 23 (a) Grafik nilai RSSI Operasi *Flash* jarak 100 meter (b) Grafik nilai SNR Operasi *Flash* jarak 100 meter..... 83
Gambar 4. 24 (a) Jarak *Transmitter* Operasi *Flash* 125 meter (b) Hasil Pengujian Operasi *Flash* 125 meter 84
Gambar 4. 25 (a) Grafik nilai RSSI Operasi *Flash* jarak 125 meter (b) Grafik nilai SNR Operasi *Flash* jarak 125 meter..... 86
Gambar 4. 26 (a) Jarak *Transmitter* Operasi *All Red* 25 M (b) Hasil Pengujian Operasi *All Red* 25 meter..... 87
Gambar 4. 27 (a) Grafik nilai RSSI Operasi *All Red* jarak 25 meter (b) Grafik nilai SNR Operasi *All Red* jarak 25 meter..... 90
Gambar 4. 28 (a) Jarak *Transmitter* Operasi *All Red* 50 meter (b) Hasil Pengujian Operasi *All Red* 50 meter..... 91
Gambar 4. 29 (a) Grafik nilai RSSI Operasi *All Red* jarak 50 meter (b) Grafik nilai SNR Operasi *All Red* jarak 50 meter..... 93
Gambar 4. 30 (a) Jarak *Transmitter* Operasi *All Red* 75 meter (b) Hasil Pengujian Operasi *All Red* 75 meter..... 94
Gambar 4. 31 (a) Grafik nilai RSSI Operasi *All Red* jarak 75 meter (b) Grafik nilai SNR Operasi *All Red* jarak 75 meter..... 97
Gambar 4. 32 (a) Jarak *Transmitter* Operasi *All Red* 100 meter (b) Hasil Pengujian Operasi *All Red* 100 meter..... 98
Gambar 4. 33 (a) Grafik nilai RSSI Operasi *All Red* jarak 100 meter (b) Grafik nilai SNR Operasi *All Red* jarak 100 meter..... 100
Gambar 4. 34 (a) Jarak *Transmitter* Operasi *All Red* 125 meter (b) Hasil Pengujian Operasi *All Red* 125 meter..... 102
Gambar 4. 35 (a) Grafik nilai RSSI Operasi *All Red* jarak 125 meter (b) Grafik nilai SNR Operasi *All Red* jarak 125 meter..... 104

Gambar 4. 36 (a) Nilai tertinggi dan nilai terendah RSSI Operasi Normal (b) Nilai tertinggi dan nilai terendah SNR Operasi Normal..... 106
Gambar 4. 37 (a) Nilai tertinggi dan nilai terendah RSSI Operasi *Flash* (b) Nilai tertinggi dan nilai terendah SNR Operasi *Flash*..... 107
Gambar 4. 38 (a) Nilai tertinggi dan nilai terendah RSSI Operasi *All Red* (b) Nilai tertinggi dan nilai terendah SNR Operasi *All Red*..... 108

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Mikrokontroler ESP32 17
Tabel 2. 2 Spesifikasi NodeMCU ESP8266 18
Tabel 2. 3 pesifikasi Modul LoRa RA-02 Antena 433MHz 19
Tabel 2. 4 Spesifikasi Antena Omni 5 dBi 20
Tabel 3.1 Alat dan Bahan Penilitian 23
Tabel 3. 2 Pin *transmitter* 27
Tabel 3. 3 Pin *Receiver* 28
Tabel 3. 4 Perintah Operasi Normal 33
Tabel 3. 5 Perintah Operasi *Flash* 35
Tabel 3. 6 Perintah Operasi *All Red* 37
Tabel 3. 7 Data Penelitian Sistem Komunikasi LoRa 45
Tabel 3. 8 Variabel penelitian Komunikasi LoRa 46
Tabel 4. 1 Data Pengujian Operasi Normal Komunikasi LoRa Jarak 25 Meter 53
Tabel 4. 2 Data Pengujian Operasi Normal Komunikasi LoRa Jarak 50 Meter 57
Tabel 4. 3 Data Pengujian Operasi Normal Komunikasi LoRa Jarak 75 Meter 60
Tabel 4. 4 Data Pengujian Operasi Normal Komunikasi LoRa Jarak 100 Meter 64
Tabel 4. 5 Data Pengujian Operasi Normal Komunikasi LoRa Jarak 125 Meter 67
Tabel 4. 6 Data Pengujian Operasi *Flash* Komunikasi LoRa Jarak 25 Meter 71
Tabel 4. 7 Data Pengujian Operasi *Flash* Komunikasi LoRa Jarak 50 Meter 75
Tabel 4. 8 Data Pengujian Operasi *Flash* Komunikasi LoRa Jarak 75 Meter 78
Tabel 4. 9 Data Pengujian Operasi *Flash* Komunikasi LoRa Jarak 100 Meter 81

Tabel 4. 10 Data Pengujian Operasi *Flash* Komunikasi LoRa
Jarak 125 Meter 84
Tabel 4. 11 Data Pengujian Operasi *All Red* Komunikasi LoRa
Jarak 25 Meter 88
Tabel 4. 12 Data Pengujian Operasi *All Red* Komunikasi LoRa
Jarak 50 Meter 91
Tabel 4. 13 Data Pengujian Operasi *All Red* Komunikasi LoRa
Jarak 75 Meter 95
Tabel 4. 14 Data Pengujian Operasi *All Red* Komunikasi LoRa
Jarak 100 Meter 98
Tabel 4. 15 Data Pengujian Operasi *All Red* Komunikasi LoRa
Jarak 125 Meter 102

DAFTAR ISTILAH

Sender	perangkat, atau sebuah sistem yang bertindak sebagai pengirim dalam proses komunikasi.
Internet of Things (IoT)	Perangkat untuk mengumpulkan dan bertukar data secara otomatis melalui jaringan internet.
Mikrokontroler	Sistem komputer kecil yang terintegrasi dalam satu chip semikonduktor.
Perangkat Keras	Jenis komponen yang memiliki bentuk secara fisik yang digunakan untuk operasi input, proses, dan output berdasarkan intrusksi atau program yang dijalankan.
S*mart city*	Konsep pengembangan dan pengelolaan kota yang mengintegrasikan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) serta berbagai perangkat fisik yang terhubung ke jaringan internet untuk mengoptimalkan efisiensi operasi dan layanan perkotaan .
Transmitter	Perangkat pemancar atau pengirim data melalui media komunikasi.
Receiver	Perangkat yang berfungsi menerima atau mengambil data yang dikirim oleh perangkat *transmitter* melalui media komunikasi.
Real-Time	Data diterima dan diproses segera setelah input diterima, tanpa penundaan yang signifikan .
Receiver	Perangkat yang berfungsi menerima atau mengambil data yang dikirim oleh perangkat *transmitter* melalui media komunikasi.

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A DOKUMENTASI PENGUJIAN A-1
LAMPIRAN B KODE PEMOGRAMAN *TRANSMITTER* B-1
LAMPIRAN C KODE PEMOGRAMAN *RECEIVER* C-1

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai aspek kehidupan perkotaan, termasuk manajemen lalu lintas. Sistem lampu lalu lintas, sebagai komponen kritis dalam infrastruktur transportasi kota, telah lama mengandalkan teknologi konvensional yang berbasis kabel untuk operasinya. Namun, seiring dengan meningkatnya kompleksitas lalu lintas perkotaan dan tuntutan akan efisiensi energi serta integrasi sistem yang lebih baik, diperlukan solusi yang lebih inovatif dan adaptif. Teknologi *Long Range* (LoRa) muncul sebagai alternatif yang menjanjikan untuk modernisasi sistem lampu lalu lintas. LoRa, yang dikembangkan oleh Cycleo dan kemudian diakuisisi oleh Semtech, merupakan teknologi komunikasi nirkabel jarak jauh dengan konsumsi daya rendah[1]. Karakteristik ini menjadikan LoRa sangat cocok untuk implementasi dalam konteks *Internet of Things* (IoT) dan *smart city*. Sistem lampu lalu lintas konvensional menghadapi beberapa keterbatasan yang signifikan. Penggunaan infrastruktur kabel tidak hanya mahal dalam hal implementasi dan pemeliharaan, tetapi juga membatasi fleksibilitas dan skalabilitas sistem. Selain itu, integrasi dengan sistem *smart city* lainnya seringkali menjadi tantangan tersendiri.

Perbedaan mendasar antara operasi existing pada lampu lalu lintas dan sistem yang menggunakan LoRa menjadi aspek krusial dalam pertimbangan modernisasi infrastruktur lalu lintas perkotaan. Sistem lampu lalu lintas konvensional bergantung pada jaringan kabel yang ekstensif, memerlukan investasi awal yang besar untuk pemasangan dan penggalian jalan. Pemeliharaan sistem ini cenderung kompleks, dengan kerusakan kabel yang sering sulit dilokalisasi dan memperbaikinya memerlukan penggalian yang mengganggu lalu lintas. Fleksibilitas dan skalabilitas sistem konvensional juga terbatas, di mana perubahan atau penambahan fungsi memerlukan modifikasi fisik yang signifikan. Di sisi lain, implementasi teknologi LoRa dalam sistem lampu lalu lintas menawarkan sejumlah keunggulan yang dapat mengatasi keterbatasan tersebut. LoRa menghilangkan kebutuhan akan jaringan kabel ekstensif, mengurangi biaya instalasi dan gangguan

fisik pada infrastruktur jalan. Sistem berbasis LoRa menawarkan fleksibilitas dan skalabilitas yang tinggi, di mana perubahan konfigurasi atau penambahan fungsi dapat dilakukan melalui pembaruan perangkat lunak tanpa perlu modifikasi fisik yang besar. Pemeliharaan juga menjadi lebih mudah, dengan kemampuan diagnosis jarak jauh dan perbaikan yang sering kali bisa dilakukan tanpa intervensi fisik yang signifikan.

LoRa memiliki kemampuan jangkauan yang luas, mencapai 10-15 km di daerah pedesaan dan 3-5 km di daerah perkotaan[2]. Hal ini memungkinkan cakupan yang lebih luas dengan jumlah perangkat yang lebih sedikit. Konsumsi daya yang sangat rendah juga memungkinkan perangkat LoRa beroperasi selama bertahun-tahun hanya dengan baterai kecil, mengurangi biaya operasional dan pemeliharaan secara signifikan. Keunggulan lain dari LoRa adalah kemampuan penetrasi sinyalnya yang superior, memungkinkan komunikasi yang handal bahkan di lingkungan perkotaan yang padat. Skalabilitas LoRa juga patut diperhitungkan, dengan satu *gateway* mampu menangani ribuan node, memfasilitasi implementasi skala besar dengan efisien. Aspek keamanan juga tidak luput dari perhatian, dengan LoRa menawarkan enkripsi end-to-end untuk melindungi integritas data yang ditransmisikan.

Implementasi LoRa dalam sistem lampu lalu lintas membuka peluang untuk pengumpulan dan analisis data lalu lintas secara *real-time*. Hal ini dapat mendukung optimasi lalu lintas yang lebih baik, mengurangi kemacetan, dan meningkatkan efisiensi transportasi perkotaan secara keseluruhan. Selain itu, integrasi yang lebih mudah dengan sistem *smart city* lainnya, seperti manajemen parkir atau pemantauan lingkungan, dapat menciptakan ekosistem perkotaan yang lebih terhubung dan responsif. Meskipun implementasi awal mungkin memerlukan investasi, dalam jangka panjang, sistem berbasis LoRa menjanjikan penghematan biaya yang signifikan melalui pengurangan biaya operasional dan pemeliharaan. Lebih jauh lagi, ketahanan sistem nirkabel LoRa terhadap bencana alam atau gangguan fisik menjadikannya solusi yang lebih andal dibandingkan sistem kabel tradisional.

Sebaran sinyal LoRa yang luas memungkinkan pengendalian lampu lalu lintas di berbagai lokasi yang tersebar dalam jangkauan jaringan. Hal ini tidak

hanya meningkatkan efisiensi operasional tetapi juga memungkinkan implementasi sistem yang lebih fleksibel dan adaptif terhadap kondisi lalu lintas yang dinamis. Dengan teknologi ini, sistem lampu lalu lintas dapat diatur berdasarkan data *real-time*[3], seperti , waktu tunggu, dan kondisi darurat, untuk mengoptimalkan aliran lalu lintas dan mengurangi kemacetan.

Penelitian dan pengembangan lebih lanjut dalam penggunaan LoRa untuk pengendalian lampu lalu lintas diharapkan dapat membuka peluang baru dalam manajemen lalu lintas yang lebih canggih dan terintegrasi[4]. Teknologi ini dapat menjadi bagian penting dari solusi kota pintar yang mengutamakan efisiensi, keselamatan, dan kenyamanan dalam mobilitas perkotaan.

Pada penelitian ini, akan dilakukan evaluasi sebaran sinyal LoRa pada Lampu Lalu Lintas sebagai sarana untuk mengontrol sistem lalu lintas untuk menyelesaikan masalah yang sering terjadi salah satu faktor utamanya adalah kemacetan. Untuk mewujudkan implementasi peforma transmisi LoRa yang ideal, terdapat beberapa parameter yang bisa di ubah sesuai dengan kondisi lingkungan. Diantaranya adalah SF (*Spreading Factor*), CR (*Coding Rate*), Dan BW (*Bandwidth*)[5].

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan partipasi dalam pengembangan sistem lalu lintas yang lebih efisien dan juga memperluas pemahaman tentang penggunaan teknologi WSN (*Wireless Sensor Network*) terutama pada LoRa sebagai media komunikasi dalam sistem manajemen lalu lintas. Hasil dari penelitian ini diharapkan menjadi media pembelajaran dan menambah wawasan tentang potensi dan keterbatasan teknologi LoRa.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis merumuskan masalah sebagai berikut: Bagaimana cara mengimplementasikan sinyal LoRa secara tersebar dalam mengendalikan lampu lalu lintas secara nirkabel ?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sebaran sinyal LoRa dalam sistem pengendalian lampu lalu lintas dengan menggunakan beberapa parameter pengukuran, yaitu *Signal to Noise Ratio* (SNR), *Received Signal Strength Indicator* (RSSI), dan waktu *delay*.

1.4 Pembatasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Gain antena yang digunakan pada pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*) diberi 5 dBi.
2. Pengujian kanal transmisi dikondisikan LOS (*Line of Sight*).
3. Frekuensi Komunikasi yang digunakan sebesar 433MHz.
4. Parameter performansi LoRa untuk transmisi data yaitu, *Received Signal Strength Indicator* (RSSI), *Signal-to-Noise Ratio* (SNR).
5. Penelitian hanya fokus pada pengendalian lampu lalu lintas menggunakan LoRa.
6. Parameter transmisi LoRa antara lain Spreading Factor (SF) sebesar SF12, Coding Rate (CR) sebesar 4/5, dan Bandwidth (BW) sebesar 250 kHz.
7. Jarak *transmitter* ke *receiver* bervariasi 25 meter, 50 meter, 75 meter, 100 meter, dan 125 meter
8. Pada pengujian sebaran sinyal LoRa Pada lampu lalu lintas menggunakan satu buah *transmitter,* dan empat buah *receiver* pada masing-masing lampu lalu lintas pada setiap simpang.
9. Prototipe atau miniatur lampu lalu lintas yang dikembangkan menyerupai perempatan jalan (simpang empat) dengan pemisahan jalur belok kiri, lurus, dan belok kanan.
10. Pemilihan dan perpindahan antar mode hanya dapat dilakukan melalui Web Server yang diakses via WiFi dari perangkat *transmitter*, tanpa menggunakan tombol fisik atau media kontrol lainnya.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini dibagi dalam lima bab meliputi:

BAB I **PENDAHULUAN**

Bab ini berisikan latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan skripsi.

BAB II **TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisikan tentang tinjauan pustaka dan landasan teori dari beberapa penelitian sebelumnya yang berhubungan penelitian yang akan dilaksanakan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memuat tentang penjelasan alat dan bahan yang digunakan pada penelitian serta perancangan Lampu Lalu Lintas Menggunakan LoRa.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil pengujian terhadap keberhasilan dari kondisi yang telah disebutkan sebelumnya.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang didapatkan berdasarkan penelitian yang dilakukan serta juga berisikan saran untuk pengembangan pada penelitian selanjutnya yang dilakukan.