



**Perancangan Sistem Monitoring Jarak Portabel (RailSense-LR)
dengan integrasi LiDAR, BNO055 IMU, dan Lora untuk
Pergerakan Kereta Api**

**TUGAS AKHIR
APLIKATIF**

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**

**ALFAN PRASETYO
41423120034**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026**



**Perancangan Sistem Monitoring Jarak Portabel (RailSense-LR)
dengan integrasi LiDAR, BNO055 IMU, dan Lora untuk
Pergerakan Kereta Api**

**TUGAS AKHIR
APLIKATIF**

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**
Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

**ALFAN PRASETYO
41423120034**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026**

HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alfian Prasetyo
NIM : 41423120034
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Tugas Akhir berjudul:

“Perancangan Sistem Monitoring Jarak Portabel (RailSense-LR) dengan integrasi LiDAR, BNO055 IMU, dan Lora untuk Pergerakan Kereta Api” adalah hasil karya saya sendiri, tidak mengandung unsur plagiarisme, pelanggaran hak cipta, atau konten ilegal dalam bentuk apapun dan tidak melanggar hukum atau hak pihak manapun.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap pernyataan ini, saya bersedia menanggung seluruh konsekuensi hukum dan membebaskan Universitas Mercu Buana dari segala bentuk tuntutan hukum dan saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 04 Agustus 2026



Alfian Prasetyo

SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY*

Menerangkan bahwa Jurnal / Karya Ilmiah / Laporan Tugas Akhir pada BAB I, BAB III, BAB IV, dan BAB V / Praktek Keinsinyuran atas nama:

Nama : **Alfan Prasetyo**
NIM : **41423120034**
Program Studi : **Teknik Elektro**
Judul Tugas Akhir / Tesis
/ Praktek Keinsinyuran : **Perancangan Sistem Monitoring Jarak Portabel (RailSense-LR) dengan integrasi LiDAR, BNO055 IMU, dan Lora untuk Pergerakan Kereta Api**

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Sabtu, 29 Agustus 2026** dengan hasil presentase sebesar **5 %** dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana. Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 29 Agustus 2026

Administrator Turnitin,

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Itmam Haidi Syarif

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : ALFAN PRASETYO
NIM : 41423120034
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Perancangan Sistem Monitoring Jarak Portabel (RailSense-LR) dengan Integrasi LiDAR, BNO055 IMU, dan Lora untuk Pergerakan Kereta Api.

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 (S1) pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana

Disahkan oleh:

Pembimbing,


Dr. Ir. Umaisarah, S.ST.

NUPTK : 01147769670230353

Jakarta, 04 Agustus 2026

Mengetahui,

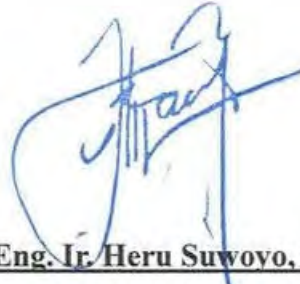
Dekan Fakultas Teknik

Kaprodi S1 Teknik Elektro



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.

NUPTK: 6639750651230132



Dr. Eng. Ir. Heru Suwoyo, S.T., M.Sc.

NUPTK: 2146770671130403

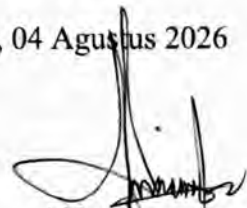
KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof.Dr.Ir. Andali Adriansyah, M.Eng. selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Dr.Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik.
3. Bapak Dr. Ir. Eng. Heru Suwoyo ST., M.Sc selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
4. Ibu Dr. Ir. Umaisaroh, S.ST. selaku Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana Jakarta.
6. Kedua orang tua, yang selalu mendukung penulis dalam segala kondisi dengan bentuk doa maupun usaha.
7. Semua pihak yang membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, 04 Agustus 2026



Alfian Prasetyo

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB

Sebagai sivitas akademik Universitas Mercu Buana, saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Alfian Prasetyo
NIM : 414123120034
Fakultas/Progam Studi : Teknik/Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Perancangan Sistem Monitoring Jarak Portabel
(RailSense-LR) dengan integrasi LiDAR, BNO055
IMU, dan Lora untuk Pergerakan Kereta Api.

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, dengan ini memberikan izin dan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mercu Buana **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul di atas beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Mercu Buana berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 04 Agustus 2026

Yang menyatakan,



(Alfian Prasetyo)

ABSTRAK

Nama : Alfian Prasetyo
NIM : 41423120034
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Perancangan Sistem Monitoring Jarak Portabel
(RailSense-LR) dengan integrasi LiDAR, BNO055
IMU, dan Lora untuk Pergerakan Kereta Api
Pembimbing : Dr. Ir. Umaisaroh, S.ST

Pergerakan kereta api, khususnya pada kegiatan langsir, merupakan aspek operasional vital yang menuntut pemantauan secara presisi untuk menjamin keselamatan. Kendala utama dalam pergerakan ini adalah tingginya risiko insiden akibat area *blind spot* serta minimnya referensi jarak dan kecepatan yang akurat bagi petugas lapangan. Pada kondisi riil operasional perkeretaapian saat ini, pemantauan masih banyak bergantung pada panduan visual dan komunikasi radio suara yang memiliki keterbatasan ruang pandang dan rentan terhadap *human error*. Sebagai solusi, penelitian ini merancang dan mengimplementasikan RailSense-LR sebagai sistem portabel pemantauan operasional sarana. Sistem ini dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang mengintegrasikan sensor LiDAR TF02-Pro untuk deteksi jarak, komunikasi LoRa E220 untuk transmisi data nirkabel, GPS U-blox NEO-M8N untuk mengekstraksi posisi dan kecepatan, serta IMU BNO055 untuk merekam dinamika orientasi melalui parameter *pitch* dan *roll*.

Pengujian sistem dilakukan pada kondisi operasional lapangan menggunakan metode analisis komparatif dan statistik deskriptif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor LiDAR TF02-Pro memiliki hubungan linear yang sangat kuat terhadap jarak referensi, dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9980–0,9998 dan nilai *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0,0460–0,1041 m. Pengujian kecepatan menggunakan GPS menghasilkan *error* rata-rata sebesar 0,36–0,43 km/jam dengan nilai R^2 0,9983–0,9992. Sensor BNO055 mampu merekam perubahan *pitch* dan *roll* secara stabil pada berbagai karakteristik lintasan. Pada pengujian komunikasi nirkabel, modul LoRa sanggup mempertahankan transmisi tanpa *delay* hingga jarak sekitar 1.000 m pada kondisi *Line-of-Sight* (LoS), sedangkan pada kondisi *Non-Line-of-Sight* (NLoS) yang terhalang material baja bodi gerbong, batas transmisi optimal menurun menjadi sekitar 800 m. Mekanisme *fail-safe* pada sistem juga terbukti mampu memberikan respons peringatan dini secara akurat terhadap kondisi *delay* dan kehilangan koneksi. Berdasarkan hasil tersebut, RailSense-LR berhasil mengintegrasikan pemantauan jarak, kecepatan, dinamika orientasi, dan transmisi data secara *real-time*, sehingga layak digunakan sebagai instrumen pendukung keselamatan pada pergerakan sarana.

Kata kunci: Pergerakan kereta api, RailSense-LR, LiDAR, LoRa, GPS, BNO055, *monitoring real-time*, langsir.

ABSTRACT

Nama : Alfian Prasetyo
Student ID : 41423120034
Study Program : Electrical Engineering
Thesis Title : Design of a Portable Distance Monitoring System
(RailSense-LR) Integrated with LiDAR, BNO055 IMU,
and LoRa for Train Movement.
Supervisor : Dr. Ir. Umaisaroh, S.ST

Train movements, particularly during shunting operations, represent a critical operational aspect that demands precise monitoring to ensure safety. The primary challenges during these maneuvers are the high risk of incidents caused by blind spots and the lack of accurate distance and speed references for field personnel. In current real-world railway operations, monitoring still relies heavily on visual guidance and voice radio communication, which are constrained by limited visibility and are highly susceptible to human error. As a solution, this study designs and implements RailSense-LR as a portable system for monitoring rolling stock operational parameters. The system is developed using an ESP32 microcontroller integrated with a TF02-Pro LiDAR sensor for distance detection, an E220 LoRa module for wireless data transmission, a u-blox NEO-M8N GPS module for extracting position and speed, and a BNO055 IMU for recording orientation dynamics through pitch and roll parameters.

System testing was conducted under actual field operational conditions utilizing comparative analysis and descriptive statistical methods. The test results demonstrate that the TF02-Pro LiDAR sensor maintains a very strong linear relationship with the reference distance, achieving a coefficient of determination (R^2) of 0.9980–0.9998 and a Mean Absolute Error (MAE) ranging from 0.0460 to 0.1041 m. Speed evaluation using the GPS module yielded an average error of 0.36–0.43 km/h with an R^2 of 0.9983–0.9992. The BNO055 sensor stably captured pitch and roll variations across diverse track profiles. During wireless communication testing, the LoRa module sustained delay-free transmission up to approximately 1,000 m under Line-of-Sight (LoS) conditions; however, under Non-Line-of-Sight (NLoS) conditions obstructed by the steel bodies of the railcars, the optimal transmission range decreased to approximately 800 m. Furthermore, the system's fail-safe mechanism proved capable of delivering prompt and accurate early-warning responses to transmission delays and connection losses. Based on these results, RailSense-LR successfully integrates distance, speed, orientation dynamics, and data transmission into a real-time monitoring system. This makes it highly viable as a safety-supporting instrument for railway rolling stock movements.

Keywords: Train movement, RailSense-LR, LiDAR, LoRa, GPS, BNO055, real-time monitoring, shunting.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	0
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI	ii
PERNYATAAN <i>SIMILARITY CHECK</i>	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR.....	vi
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR RUMUS.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Batasan Masalah.....	6
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Penelitian Terdahulu.....	8
2.2 Dasar Teori	12
2.2.1 Operasi Langsir dalam Sistem Perkeretaapian	12
2.2.2 Definisi K3 dan Manajemen Risiko di Lingkungan Operasional	14
2.2.3 Regulasi K3 Perkeretaapian	14
2.2.4 Regulasi Teknis Batas Kecepatan Langsir	15
2.2.5 LiDAR TF02 PRO (Light Detection and Ranging).....	15
2.2.6 LoRa E220-900T22D	17

2.2.7 Antena <i>Rubber Ducky</i> (SMA/U.FL)	19
2.2.8 Mikrokontroler ESP32 Dev	20
2.2.9 Data Logger Module.....	21
2.2.10 GPS U-BLOX NEO-M8N.....	23
2.2.11 LCD Nextion NX4827K043 011	24
2.2.12 Modul Sensor Orientasi Absolut 9-DOF BNO055.....	25
2.2.13 Arduino IDE	27
BAB III PERANCANGAN ALAT DAN SISTEM	28
3.1 Metodologi Penelitian	28
3.2 Lokasi Penelitian	28
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	30
3.4 Diagram Blok Sistem	32
3.5 Perancangan Elektrik.....	34
3.6 Perangkat Lunak Unit Transmitter (TX)	35
3.6.1 Perangkat Lunak Unit Receiver (RX).....	35
3.7 Perancangan Mekanik	36
3.8 Implementasi Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Implementasi Sistem	40
4.2 Pengujian Fungsional Unit	40
4.2.1 Pengujian Akurasi Sensor LiDAR TF02-Pro	40
A. Pengujian Tahap I Akurasi Jarak LiDAR.....	41
B. Pengujian Tahap II Akurasi Jarak LiDAR.....	43
C. Pengujian Tahap III Akurasi Jarak LiDAR.....	44
D. Pengujian Tahap IV Akurasi Jarak LiDAR.....	46
E. Pengujian Tahap V Akurasi Jarak LiDAR.....	47
F. Pengujian Tahap VI Akurasi Jarak LiDAR.....	49
4.2.2 Pengujian Konektivitas Modul LoRa E220.....	51
A. Pengujian Tahap I Konektivitas Modul LoRa E220	52
B. Pengujian Tahap II Konektivitas Modul LoRa E220	54
C. Pengujian Tahap III Konektivitas Modul LoRa E220	56
4.2.3 Pengujian Modul GPS U-Blox NEO-M8N.....	57

4.2.3.1 Pengujian Statis Akurasi Kecepatan.....	57
4.2.3.2 Pengujian Dinamis Akurasi Kecepatan.....	62
A. Pengujian Tahap I Akurasi Kecepatan	62
B. Pengujian Tahap II Akurasi Kecepatan	64
C. Pengujian Tahap III Akurasi Kecepatan	65
4.2.4 Pengujian Sensor Orientasi BNO055 (IMU)	66
A. Pengujian Tahap I Sensor BNO055	67
B. Pengujian Tahap II Sensor BNO055	68
C. Pengujian Tahap III Sensor BNO055	70
D. Pengujian Tahap IV Sensor BNO055	72
E. Pengujian Tahap V Sensor BNO055	73
F. Pengujian Tahap VI Sensor BNO055	75
4.2.5 Data Logger	77
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	79
5.1 Kesimpulan.....	79
5.2 Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	81
DAFTAR LAMPIRAN	83
A. Progam RX Pembacaan Data LiDAR dan Pengiriman Data Lora.....	83
B. Progam TX Pengiriman Data LiDAR dan Pengiriman Data Lora.....	90
C. Tabel Pengujian Sensor LiDAR TF02-Pro	92
D. Tabel Pengujian Konektivitas LoRa	97
E. Tabel Pengujian GPS U-Blox Neo-M8N	105
F. Tabel Pengujian Orientasi BNO055 (IMU)	108
G. Dokumentasi Pengujian Alat.....	115

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Operasi Langsir	13
Gambar 2. 2 LiDAR TF 02 Pro.....	16
Gambar 2. 3 LoRa E220-900T22D	18
Gambar 2. 4 Antena Rubber Ducky	20
Gambar 2. 5 ESP32 DEV.....	20
Gambar 2. 6 Data Logger Module	22
Gambar 2. 7 HMI Nextion NX4827K043_011	24
Gambar 2. 8 BNO055 9-Axis IMU Accelerometer	26
Gambar 2. 9 Software Arduino.cc	27
Gambar 3. 1 Emplasemen Stasiun Sukacinta.....	29
Gambar 3. 2 Emplasemen Stasiun Merapi.....	30
Gambar 3. 3 FlowChart Penelitian.....	31
Gambar 3. 4 Diagram Blok Sistem	32
Gambar 3. 5 Skematik Diagram Unit TX & RX.....	34
Gambar 3. 6 Flowchart Perangkat Lunak TX	35
Gambar 3. 7 Flowchart Perangkat Lunak RX.....	36
Gambar 3. 8 Railsense-LR Unit TX.....	37
Gambar 3. 9 Railsense-LR Unit RX	38
Gambar 4. 1 Penempatan TX pada Body Lokomotif.....	41
Gambar 4. 2 Grafik Regresi Linier Pengujian Sensor LiDAR.....	42
Gambar 4. 3 Pengukuran Panjang Gerbong.....	43
Gambar 4. 4 Grafik Regresi Linier Pengujian Sensor LiDAR.....	44
Gambar 4. 5 Grafik Regresi Linier Pengujian Sensor LiDAR.....	45
Gambar 4. 6 Grafik Regresi Linier Pengujian Sensor LiDAR.....	46
Gambar 4. 7 Grafik Regresi Linier Pengujian Sensor LiDAR.....	48
Gambar 4. 8 Grafik Regresi Linier Pengujian Sensor LiDAR.....	50
Gambar 4. 9 Serial Monitor Railsense LR.....	51
Gambar 4. 10 Grafik Status Gangguan (kiri) dan Komunikasi LORA (kanan)....	52
Gambar 4. 11 Grafik Status Gangguan (kiri) dan Komunikasi LORA (kanan)....	53

Gambar 4. 12 Pengujian Time Out LoRa.....	54
Gambar 4. 13 Grafik Status Gangguan (kiri) dan Komunikasi LORA (kanan)....	55
Gambar 4. 14 Grafik Pareto Status Gangguan dan Tren Degradasi Komunikasi LoRa (NLoS).....	55
Gambar 4. 15 Grafik Status Gangguan (kiri) dan Komunikasi LORA (kanan)....	56
Gambar 4. 16 Grafik Pareto Status Gangguan dan Tren Degradasi Komunikasi LoRa (NLoS).....	56
Gambar 4. 17 Pengujian Indikator Kecepatan	58
Gambar 4. 18 Grafik Uji Linearitas Kecepatan RailSense-LR terhadap Referensi Operasional	63
Gambar 4. 19 Grafik Uji Linearitas Kecepatan RailSense-LR terhadap Referensi Operasional.	64
Gambar 4. 20 Grafik Uji Linearitas Kecepatan RailSense-LR terhadap Referensi Operasional	65
Gambar 4. 21 Analisis Sudut Roll Lintas Muara Gula – Muara Enim	67
Gambar 4. 22 Analisis Sudut Pitch Lintas Muara Gula – Muara Enim.....	68
Gambar 4. 23 Analisis Sudut Roll Lintas St. Merapi - St. Sukacinta	69
Gambar 4. 24 Analisis Sudut Pitch Lintas St. Merapi - St. Sukacinta.....	69
Gambar 4. 25 Analisis Sudut Roll Lintas St. Niru - St. Penimur.....	70
Gambar 4. 26 Analisis Sudut Pitch Lintas St. Niru - St. Penimur	71
Gambar 4. 27 Analisis Sudut Roll Lintas St. Banjarsari - St. Muaralawai	72
Gambar 4. 28 Analisis Sudut Pitch Lintas St. Banjarsari - St. Muaralawai.....	72
Gambar 4. 29 Analisis Sudut Roll Lintas St. Serdang - St. Prabumulih.....	74
Gambar 4. 30 Analisis Sudut Pitch Lintas St. Serdang - St. Prabumulih	74
Gambar 4. 31 Analisis Sudut Roll Lintas St. Niru - St. Penanggiran	75
Gambar 4. 32 Analisis Sudut Pitch Lintas St. Niru - St. Penanggiran.....	76
Gambar 4. 33 Data Logger.....	78

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka	8
Tabel 2. 2 Spesifikasi Sensor LiDAR TF02-Pro.....	17
Tabel 2. 3 Spesifikasi teknis modul LoRa E220-900T22D	18
Tabel 2. 4 Spesifikasi Mikrokontroler ESP32 DEV	20
Tabel 2. 5 Spesifikasi Teknis Mini Data Logger Module.....	22
Tabel 2. 6 Spesifikasi Listrik Modul GPS U-blox NEO-M8N	23
Tabel 2. 7 Spesifikasi Teknis HMI Nextion NX4827K043 011.....	25
Tabel 2. 8 Spesifikasi Teknis Sensor BNO055.....	26
Tabel 4. 1 Pengujian Akurasi Titik Koordinat Posisi Statis	58
Tabel 4. 2 Format Data Logger.....	77



DAFTAR RUMUS

Persamaan Rumus 2. 1.	15
Persamaan Rumus 2. 2	23



DAFTAR LAMPIRAN

Tabel C. 1 Data Hasil Pengujian Akurasi LiDAR TF02-Pro tahap - 1.....	92
Tabel C. 2 Data Hasil Pengujian Akurasi LiDAR TF02-Pro tahap - 2.....	93
Tabel C. 3 Data Hasil Pengujian Akurasi LiDAR TF02-Pro tahap - 3.....	94
Tabel C. 4 Data Hasil Pengujian Akurasi LiDAR TF02-Pro tahap - 4.....	94
Tabel C. 5 Data Hasil Pengujian Akurasi LiDAR TF02-Pro tahap - 5.....	95
Tabel C. 6 Data Hasil Pengujian Akurasi LiDAR TF02-Pro tahap - 6.....	96
Tabel D. 1 Uji Konektivitas LoRa E220 di Container Yard I Stasiun Merapi.	97
Tabel D. 2 Uji Konektivitas LoRa E220 di Container Yard II Stasiun Sukacinta.	99
Tabel D. 3 Uji Konektivitas LoRa E220 di Container Yard II Stasiun Merapi. .	102
Tabel E. 1 Hasil Pengujian Dinamis lintas St. Penimur - St. Niru.....	105
Tabel E. 2 Hasil Pengujian Dinamis lintas St. Penanggiran - St. Ujan Mas	106
Tabel E. 3 Hasil Pengujian Dinamis lintas St. Lembak – St. Prabumulih	107
Tabel F. 1 Hasil Pengujian Sensor Orientasi BNO055 MGL-ME.....	109
Tabel F. 2 Hasil Pengujian Sensor Orientasi BNO055 Merapi - Sukacinta	109
Tabel F. 3 Hasil Pengujian Sensor Orientasi BNO055 St. Niru - St. Penimur ...	110
Tabel F. 4 Hasil Pengujian Sensor Orientasi BNO055 St. Banjarsari - St. Muara Lawai.....	111
Tabel F. 5 Hasil Pengujian Sensor Orientasi BNO055 St. Serdang - St. Prabumulih	112
Tabel F. 6 Pengujian Sensor Orientasi BNO055 Lintas St. Niru - Penanggiran	113