



Institut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI – TEKNIK ELEKTRONIKA KENDALI DAN INSTRUMENTASI
IMPLEMENTASI PROTOKOL MODBUS UNTUK KOMUNIKASI LORA
PADA SISTEM MONITORING KETINGGIAN AIR SUNGAI

Nicolas Dwi Saputra
NIM 2212009

Dosen pembimbing
Prof. Dr. Eng. Aryunto Soetedjo, ST., MT.
Dr. Michael Ardita, ST., MT

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Juli, 2026



Institut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI – TEKNIK ELEKTRONIKA KENDALI DAN INSTRUMENTASI

**IMPLEMENTASI PROTOKOL MODBUS UNTUK
KOMUNIKASI LORA PADA SISTEM
MONITORING KETINGGIAN
AIR SUNGAI**

Nicolas Dwi Saputra
NIM 2212009

Dosen pembimbing
Prof. Dr. Eng. Aryunto Soetedjo, ST., MT.
Dr. Michael Ardita, ST., MT.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Juli, 2026

**IMPLEMENTASI PROTOKOL MODBUS UNTUK
KOMUNIKASI LORA PADA SISTEM
MONITORING KETINGGIAN
AIR SUNGAI**

SKRIPSI

**Nicolas Dwi Saputra
2212009**

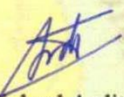
Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi Teknik Elektronika Kendali dan Instrumentasi
Institut Teknologi Nasional Malang

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing I

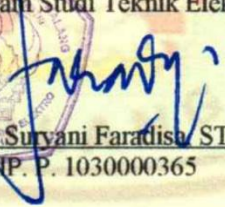
Dosen Pembimbing II


Prof. Dr. Eng. Aryunto Soetedjo, ST., MT.
NIP. Y. 1030800417


Dr. Michael Ardita, ST., MT.
NIP. P. 1031000434

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1


Dr. Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT.
NIP. P. 1030000365

MALANG
Juli, 2026

ABSTRAK

**IMPLEMENTASI PROTOKOL MODBUS UNTUK
KOMUNIKASI LORA PADA SISTEM
MONITORING KETINGGIAN
AIR SUNGAI**

Nicolas Dwi Saputra, NIM : 2212009

Dosen Pembimbing I : Prof.Dr.Eng. Aryuanto Soetedjo, ST., MT.

Dosen Pembimbing II : Dr. Michael Ardita, ST., MT.

Bencana banjir yang sering terjadi di Indonesia menuntut sistem monitoring ketinggian air sungai yang andal dan mampu bekerja secara real-time. Teknologi LoRa dikenal efektif sebagai media komunikasi nirkabel berdaya rendah dan berjangkauan luas, namun implementasinya umumnya masih bersifat point-to-point tanpa mekanisme pengaturan giliran pengiriman data, sehingga rawan terjadi tabrakan data. Penelitian ini mengimplementasikan protokol Modbus RTU secara murni berbasis perangkat lunak pada mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan modul LoRa, tanpa menggunakan konverter hardware eksternal. Sistem dirancang dengan topologi jaringan Star dan arsitektur Master-Slave, di mana satu Node Master melakukan polling sekuensial terhadap lima Node Slave. Seluruh logika protokol dikodekan menggunakan Arduino IDE berbahasa C++. Pengujian komunikasi prototipe menghasilkan tingkat keberhasilan 97,96% pada polling 1 detik, 96,67% pada polling 5 detik, dan 97,14% pada polling 10 detik, dengan rata-rata delay 88,29–91,72 ms dan rata-rata RSSI -50,31 hingga -58,72 dBm yang berkategori Sangat Kuat hingga Sangat Baik. Pengujian komunikasi lapangan di area Kampus 2 ITN Malang pada kondisi non-Line-of-Sight, dengan jarak Slave 130–170 m dari Master, menghasilkan tingkat keberhasilan 84,13% pada polling 1 detik, 88,33% pada polling 5 detik, dan 70,00% pada polling 10 detik, dengan rata-rata delay 92,28–104,05 ms. Pada kedua pengujian tersebut, seluruh kegagalan yang terjadi berjenis Timeout tanpa satu pun kejadian tabrakan data, membuktikan bahwa mekanisme polling sekuensial Modbus RTU secara efektif mencegah tabrakan data.

Kata Kunci: Modbus RTU, LoRa, ESP32, Multi-Node, Monitoring Ketinggian Air

ABSTRACT

IMPLEMENTATION OF THE MODBUS PROTOCOL FOR LORA COMMUNICATION IN A RIVER WATER LEVEL MONITORING SYSTEM

Nicolas Dwi Saputra, NIM : 2212009

Supervisor I : Prof.Dr.Eng. Aryuanto Soetedjo, ST., MT.

Supervisor II : Dr. Michael Ardita, ST., MT.

Flooding disasters that frequently occur in Indonesia demand a reliable, real-time river water level monitoring system. LoRa technology is well known as an effective low-power, wide-area wireless communication medium; however, its implementation is generally still point-to-point without a data transmission scheduling mechanism, making it prone to data collision. This research implements the Modbus RTU protocol in a purely software-based manner on an ESP32 microcontroller integrated with a LoRa module, without using an external hardware converter. The system was designed with a Star network topology and Master-Slave architecture, in which one Node Master performs sequential polling of five Node Slaves. All protocol logic was coded using the Arduino IDE in C++. The prototype communication test yielded success rates of 97.96% at 1-second polling, 96.67% at 5-second polling, and 97.14% at 10-second polling, with an average delay of 88.29–91.72 ms and an average RSSI of -50.31 to -58.72 dBm, falling within the Very Strong to Very Good category. The field communication test conducted at Campus 2 of ITN Malang under non-Line-of-Sight conditions, with Slave distances of 130–170 m from the Master, produced success rates of 84.13% at 1-second polling, 88.33% at 5-second polling, and 70.00% at 10-second polling, with an average delay of 92.28–104.05 ms. In both tests, all failures were of the Timeout type, with no data collision events recorded, proving that the Modbus RTU sequential polling mechanism effectively prevents data collision.

Keywords: Modbus RTU, LoRa, ESP32, Multi-Node, Water Level Monitoring

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga skripsi berjudul "Implementasi Protokol Modbus Untuk Komunikasi LoRa Pada Sistem Monitoring Ketinggian Air Sungai" ini dapat diselesaikan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.1 Malang.

Penyusunan skripsi ini melewati berbagai kendala, baik teknis maupun nonteknis, yang dapat diatasi berkat dukungan, bimbingan, dan bantuan banyak pihak. Untuk itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof.Dr.Eng. Aryuanto Soetedjo, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing penulis dengan penuh perhatian dan arahan yang berharga.
2. Bapak Dr. Michael Ardita, ST., MT. selaku pembimbing II yang telah memberikan masukan, saran, dan semangat yang sangat berarti bagi penulis.
3. Ibu Dr. Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Elektro ITN Malang yang telah memfasilitasi seluruh proses akademik penulis.
4. Kedua orang tua yang telah mendukung, memberi semangat, serta memfasilitasi penulis dalam menempuh pendidikan.
5. Teman-teman Angkatan 2022 yang telah membantu penulis dalam berdiskusi, rekan belajar, serta berbagi pengalaman selama proses penelitian ini.

Penulis menyadari skripsi ini masih jauh dari sempurna, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk pengembangan penelitian selanjutnya. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Malang, Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR GAMBAR.....	iii
DAFTAR TABEL.....	iv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian terdahulu	7
2.2 Protokol Modbus	8
2.3 LoRa Aurora Cosmic V1	11
2.4 LILYGO TTGO LoRa V1	12
2.5 Arduino IDE	14
2.6 Laptop	15
2.7 Parameter Kinerja Komunikasi Data Nirkabel	16
BAB III RANCANGAN SISTEM	19
3.1 Rancangan Sistem.....	19
3.1.1 Blok Diagram Sistem Keseluruhan Sistem.....	19
3.1.2 Blok Diagram Sistem.....	21
3.1.3 Topologi Jaringan	22
3.2 Perancangan Perangkat Keras.....	23
3.2.1 Komponen Yang Digunakan	23
3.3 Perancangan Perangkat Lunak.....	23
3.3.1 Struktur Paket Modbus RTU	23
3.3.2 Mekanisme Polling dan Timing Antar Slave.....	25
3.3.3 Pengembangan Perangkat Lunak.....	26
3.4 Flowchart Program Master	27
3.5 Flowchart Program Slave	29
BAB IV IMPLEMENTASI RANCANGAN DAN HASIL	31
4.1 Implementasi Perancangan Perangkat Keras	31
4.1.1 Konfigurasi Pin LoRa Aurora Cosmic V1	31
4.1.2 Konfigurasi Pin LILYGO TTGO LoRa V1.....	31
4.2 Implementasi Perangkat Lunak	32
4.2.1 Implementasi Program Node Master	32

4.2.2 Implementasi Program Node Slave	34
4.2.3 Implementasi Algoritma CRC-16 Modbus.....	36
4.3 Lokasi Pengujian	37
4.4 Prosedur Pengujian	38
4.5 Parameter Pengujian	41
4.6 Pengujian Komunikasi Prototipe	44
4.6.1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Komunikasi Prototipe.....	61
4.7 Pengujian Komunikasi Lapangan	66
4.7.1 Rekapitulasi Pengujian Komunikasi Lapangan	84
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	91
5.1 Kesimpulan	91
5.2 Saran	92
DAFTAR PUSTAKA	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Alur Transaksi Data antara Perangkat Master dan Slave ...	9
Gambar 2. 2 LoRa Aurora Cosmic V1	11
Gambar 2. 3 LILYGO TTGO LoRa V1	13
Gambar 2. 4 Arduino IDE	14
Gambar 2. 5 Laptop	15
Gambar 3. 1 Blok Diagram Keseluruhan	19
Gambar 3. 2 Blok Diagram Sistem	21
Gambar 3. 3 Topologi Jaringan Star	22
Gambar 3. 4 Flowchart Program Master	27
Gambar 3. 5 Flowchart Program Slave	29
Gambar 4. 1 Letak Node Prototipe	37
Gambar 4. 2 Titik Lokasi Node diLapangan	38
Gambar 4. 3 Serial Monitor Pengujian Prototipe Waktu Polling 1 Detik	62
Gambar 4. 4 Serial Monitor Pengujian Prototipe Waktu Polling 5 Detik	63
Gambar 4. 5 Serial Monitor Pengujian Prototipe Waktu Polling 10 Detik	64
Gambar 4. 6 Serial Monitor Pengujian Lapangan Waktu Polling 1 Detik	85
Gambar 4. 7 Serial Monitor Pengujian Lapangan Waktu Polling 5 Detik	86
Gambar 4. 8 Serial Monitor Pengujian Lapangan Waktu Polling 10 Detik	87

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Function Code Modbus	10
Tabel 2. 2 Spesifikasi utama LoRa Aurora Cosmic V1	12
Tabel 2. 3 Spesifikasi LILYGO TTGO LoRa V1	13
Tabel 2. 4 Spesifikasi Laptop	15
Tabel 2. 5 Kategori Rentang Level Sinyal RSSI.....	18
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan	23
Tabel 3. 2 Struktur paket Request Modbus RTU dari Master ke Slave	24
Tabel 3. 3 Struktur paket Response Modbus RTU dari Slave ke Master	24
Tabel 3. 4 Daftar Library Yang Digunakan Pada Arduino IDE.....	26
Tabel 4. 1 Konfigurasi Pin LoRa Aurora Cosmic V1	31
Tabel 4. 2 Konfigurasi Pin LilyGo TTGO LoRa V1.....	32
Tabel 4. 3 Program Inisialisasi dan Konfigurasi LoRa pada Node Master	33
Tabel 4. 4 Program Fungsi Pengiriman Paket Request Modbus RTU..	33
Tabel 4. 5 Program Inisialisasi dan Konfigurasi LoRa pada Node Slave	34
Tabel 4. 6 Program Penerimaan Request dan Pengiriman Response Node Slave	34
Tabel 4. 7 Program Fungsi CRC-16 Modbus.....	36
Tabel 4. 8 Kategori Rentang Level Sinyal RSSI.....	43
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Prototipe Node Slave 1 Dengan Waktu Polling Antar Slave 1 Detik	44
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Prototipe Node Slave 2 Dengan Waktu Polling Antar Slave 1 Detik.....	46
Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Prototipe Node Slave 3 Dengan Waktu Polling Antar Slave 1 Detik.....	48
Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Prototipe Node Slave 4 Dengan Waktu Polling Antar Slave 1 Detik.....	50
Tabel 4. 13 Hasil Pengujian Prototipe Node Slave 5 Dengan Waktu Polling Antar Slave 1 Detik.....	51
Tabel 4. 14 Hasil Pengujian Prototipe Node Slave 1 Pada Waktu Polling Antar Slave 5 Detik	53
Tabel 4. 15 Hasil Pengujian Prototipe Node Slave 2 Pada Waktu Polling Antar Slave 5 Detik	54
Tabel 4. 16 Hasil Pengujian Prototipe Node Slave 3 Dengan Waktu Polling Antar Slave 5 Detik.....	55

Tabel 4. 17 Hasil Pengujian Prototipe Node Slave 4 dengan waktu polling antar slave 5 detik	56
Tabel 4. 18 Hasil Pengujian Prototipe Node Slave 5 dengan waktu polling antar slave 5 detik	57
Tabel 4. 19 Hasil Pengujian Prototipe Node Slave 1 Dengan Waktu Polling Antar Slave 10 Detik.....	58
Tabel 4. 20 Hasil Pengujian Prototipe Node Slave 2 Dengan Waktu Polling Antar Slave 10 Detik.....	58
Tabel 4. 21 Hasil Pengujian Prototipe Node Slave 3 Dengan Waktu Polling Antar Slave 10 Detik.....	59
Tabel 4. 22 Hasil Pengujian Prototipe Node Slave 4 Dengan Waktu Polling Antar Slave 10 Detik.....	60
Tabel 4. 23 Hasil Pengujian Prototipe Node Slave 5 Dengan Waktu Polling Antar Slave 10 Detik.....	61
Tabel 4. 24 Rekapitulasi Pengujian Prototipe Setiap Slave Dengan Waktu Polling Antar Slave 1 Detik.....	61
Tabel 4. 25 Rekapitulasi Pengujian Prototipe Setiap Slave Dengan Waktu Polling Antar Slave 5 Detik.....	62
Tabel 4. 26 Rekapitulasi Pengujian Prototipe Setiap Slave Dengan Waktu Polling Antar Slave 10 Detik.....	63
Tabel 4. 27 Rekapitulasi Hasil Keseluruhan Pengujian Komunikasi Prototipe	64
Tabel 4. 28 Rekapitulasi Nilai Rata-Rata Error Pengujian Prototipe....	65
Tabel 4. 29 Hasil Pengujian Lapangan Node Slave 1 Dengan Waktu Polling Antar Slave 1 Detik.....	66
Tabel 4. 30 Hasil Pengujian Lapangan Node Slave 2 Dengan Waktu Polling Antar Slave 1 Detik.....	68
Tabel 4. 31 Hasil Pengujian Lapangan Node Slave 3 Dengan Waktu Polling Antar Slave 1 Detik.....	70
Tabel 4. 32 Hasil Pengujian Lapangan Node Slave 4 Dengan Waktu Polling Antar Slave 1 Detik.....	71
Tabel 4. 33 Hasil Pengujian Lapangan Node Slave 5 Dengan Waktu Polling Antar Slave 1 Detik.....	73
Tabel 4. 34 Hasil Pengujian Lapangan Node Slave 1 Dengan Waktu Polling Antar Slave 5 Detik.....	75
Tabel 4. 35 Hasil Pengujian Lapangan Node Slave 2 Dengan Waktu Polling Antar Slave 5 Detik.....	76
Tabel 4. 36 Hasil Pengujian Lapangan Node Slave 3 Dengan Waktu Polling Antar Slave 5 Detik.....	77

Tabel 4. 37 Hasil Pengujian Lapangan Node Slave 4 Dengan Waktu Polling Antar Slave 5 Detik.....	78
Tabel 4. 38 Hasil Pengujian Lapangan Node Slave 5 Dengan Waktu Polling Antar Slave 5 Detik.....	79
Tabel 4. 39 Hasil Pengujian Lapangan Node Slave 1 Dengan Waktu Polling Antar Slave 10 Detik.....	80
Tabel 4. 40 Hasil Pengujian Lapangan Node Slave 2 Dengan Waktu Polling Antar Slave 10 Detik.....	80
Tabel 4. 41 Hasil Pengujian Lapangan Node Slave 3 Dengan Waktu Polling Antar Slave 10 Detik.....	81
Tabel 4. 42 Hasil Pengujian Node Lapangan Slave 4 Dengan Waktu Polling Antar Slave 10 Detik.....	82
Tabel 4. 43 Hasil Pengujian Lapangan Node Slave 5 Dengan Waktu Polling Antar Slave 10 Detik.....	83
Tabel 4. 44 Rekapitulasi Pengujian Lapangan Setiap Slave Dengan Waktu Polling Antar Slave 1 Detik.....	84
Tabel 4. 45 Rekapitulasi Pengujian Lapangan Setiap Slave Dengan Waktu Polling Antar Slave 5 Detik.....	85
Tabel 4. 46 Rekapitulasi Pengujian Lapangan Setiap Slave Dengan Waktu Polling Antar Slave 10 Detik.....	86
Tabel 4. 47 Rekapitulasi Hasil Keseluruhan Pengujian Komunikasi Lapangan	87
Tabel 4. 48 Rekapitulasi Nilai Rata-Rata Error Pengujian Lapangan...	88