

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN PROTEKSI KELISTRIKAN SECARA REAL-TIME DENGAN KOMUNIKASI LORA BERBASIS MIKROKONTROLER

SKRIPSI

**Skripsi ini diajukan untuk melengkapi salah satu persyaratan
menjadi Sarjana Strata Satu Program S1**

Oleh:

**Irfani Andi Arifianto
207002416013**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS NASIONAL
AGUSTUS 2025**

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN PROTEKSI KELISTRIKAN SECARA REAL-TIME DENGAN KOMUNIKASI LORA BERBASIS MIKROKONTROLER

Oleh:

Irfani Andi Arifianto
207002416013



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS NASIONAL
AGUSTUS 2025**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

“Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Proteksi Kelistrikan Secara Real-Time dengan Komunikasi LoRa Berbasis Mikrokontroler”

yang dibuat untuk melengkapi salah satu persyaratan menjadi Sarjana Strata Satu Program S1 pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional, sebagaimana yang saya ketahui adalah bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari Skripsi yang sudah pernah diajukan atau dipakai untuk mendapatkan gelar di lingkungan Universitas Nasional maupun di Perguruan Tinggi atau instansi lainnya, kecuali pada bagian-bagian tertentu yang menjadi sumber informasi atau acuan yang dicantumkan sebagaimana mestinya.



Jakarta, 28 Agustus 2025

(Irfani Andi Arifianto)
NIM 207002416013

PERSETUJUAN

Skripsi dengan judul:

“Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Proteksi Kelistrikan Secara Real-Time dengan Komunikasi LoRa Berbasis Mikrokontroler”

dibuat untuk melengkapi salah satu persyaratan menjadi Sarjana Strata Satu Program S1 pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional dan telah disetujui untuk diujikan dalam sidang skripsi sesuai dengan ketentuan administrasi dan akademik yang berlaku.

Jakarta, 28 Agustus 2025



Nama : Irfani Andi Arifianto
NIM : 207002416013

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

(Ir. Ruliyanto, S.T., M.T., Ph.D.)
NID. 0105030695

(W. G. Adhyartha Usse Keraf, S.T., M.M., M.TI.)
NID. 040017016

Ketua Program Studi,

(Ir. Idris Kusuma, M.T.)
NID. 0102990618

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Irfani Andi Arifianto
NPM : 207002416013
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Proteksi Kelistrikan
Secara Real-Time dengan Komunikasi LoRa Berbasis
Mikrokontroler

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional.

Pembimbing I : Ir. Ruliyanto, S.T., M.T., Ph.D.

Pembimbing II : W. G. Adhyartha Usse Keraf, S.T., M.M., M.TI.

Penguji I : Novi Azman, S.T., M.T., Ph.D.

Penguji II : Ir. Rianto Nugroho, M.T.

Penguji III : Ir. Idris Kusuma, M.T.

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 28 Agustus 2025

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah Yang Maha Esa, karena atas rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Elektro pada Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional.

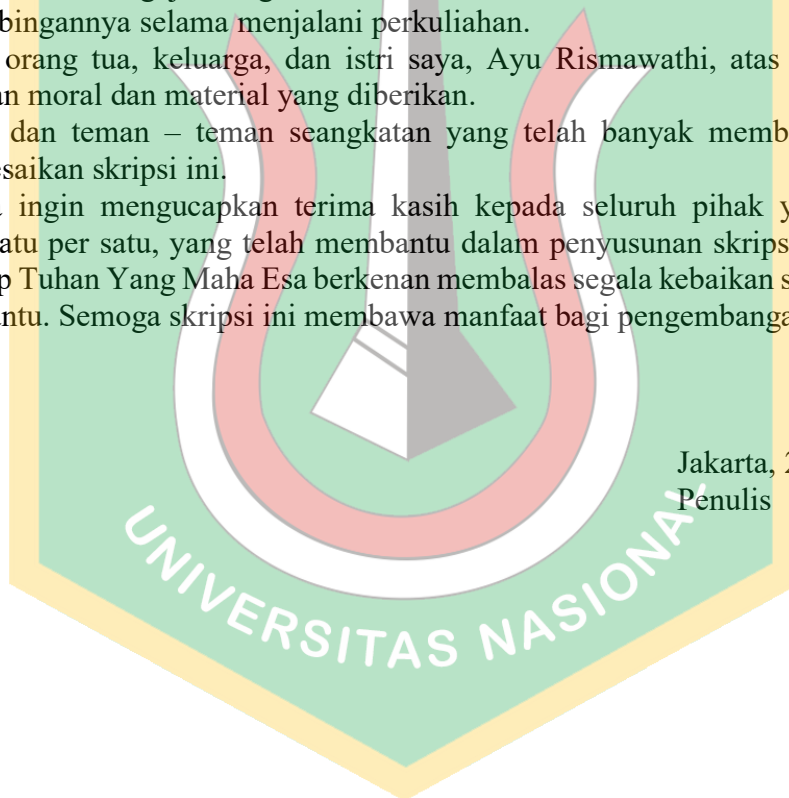
Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1). Bapak Ir. Ruliyanto, S.T., M.T., Ph.D. dan Bapak W. G. Adhyartha Usse Keraf, S.T., M.M., M.TI., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
- (2). Bapak Ir. Idris Kusuma M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Nasional yang telah menyediakan waktu, tenaga, pikiran dan empati yang luar biasa untuk mengarahkan dan membantu saya menyelesaikan kuliah ini.
- (3). Seluruh Dosen Pengajar Program Studi Teknik Elektro Universitas Nasional atas ilmu dan bimbingannya selama menjalani perkuliahan.
- (4). Kepada orang tua, keluarga, dan istri saya, Ayu Rismawathi, atas segala doa serta dukungan moral dan material yang diberikan.
- (5). Sahabat dan teman – teman seangkatan yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini. Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, 28 Agustus 2025

Penulis



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas Akademik Universitas Nasional, saya yang bertanda tangan dibawah ini;

Nama : Irfani Andi Arifianto
NPM : 207002416013
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik dan Sains
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Nasional **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Proteksi Kelistrikan Secara Real-Time dengan Komunikasi LoRa Berbasis Mikrokontroler”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Nasional berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan semestinya.

Dibuat di : Jakarta
Pada tanggal : 28 Agustus 2025
Yang Menyatakan

Irfani Andi Arifianto

UNIVERSITAS NASIONAL

ABSTRAK

Irfani Andi Arifianto, "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Proteksi Kelistrikan Secara Real-Time dengan Komunikasi LoRa Berbasis Mikrokontroler", Program S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional, di bawah bimbingan Ir. Ruliyanto, S.T., M.T., Ph.D. dan W. G. Adhyartha Usse Keraf, S.T., M.M., M.TI., Agustus 2025, 81 halaman + xiii + 8 lampiran

Rumah Sakit sebagai fasilitas kesehatan primer memiliki peran penting dalam pelayanan medis yang sangat bergantung pada ketersediaan listrik yang stabil dan aman. Namun, dalam praktiknya, instalasi listrik di Rumah Sakit rentan mengalami gangguan seperti arus bocor (*leakage current*), tegangan lebih (*overvoltage*), dan tegangan rendah (*undervoltage*) yang dapat membahayakan pengguna dan merusak perangkat medis. Sistem proteksi konvensional seperti MCB, ELCB, atau AVR hanya memberikan perlindungan dasar dan belum mampu memberikan informasi parameter kelistrikan secara real-time maupun mengirim notifikasi jarak jauh. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring dan proteksi kelistrikan real-time berbasis ESP32 dan LoRa yang mampu mendeteksi gangguan secara otomatis dan memberikan peringatan kepada pengguna melalui LCD lokal dan Telegram bot. Sistem menggunakan ESP32 sebagai unit pemroses utama, terintegrasi dengan sensor PZEM-004T untuk mengukur tegangan, arus fasa, arus netral, arus bocor, daya, faktor daya. Data sensor dikirim melalui komunikasi LoRa (E220-900T22D) antara *transmitter* (Arduino Nano) dan *Receiver* (ESP32), dengan jangkauan hingga 305 m pada area terbuka (RSSI sekitar -106 dBm) dan hingga 200 m pada area pemukiman padat (RSSI sekitar -108 dBm), menunjukkan performa yang stabil pada kondisi lingkungan berbeda. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu memantau parameter kelistrikan dengan akurasi tinggi terhadap kWh meter digital: tegangan 99,66% (selisih maks. 0,8 V), arus 98,87% (selisih maks. 0,01 A), daya 99,28% (selisih maks. 1,6 W), faktor daya 99,00% dan (selisih maks. 0,01). Untuk proteksi, sistem dirancang memutus beban secara otomatis berdasarkan ambang batas *undervoltage*, *overvoltage*, dan arus bocor yang sudah ditentukan pada setpoint di Telegram bot.. Dalam kondisi tersebut, buzzer akan aktif dan notifikasi dikirim secara real-time ke Telegram. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya meningkatkan keselamatan instalasi listrik melalui deteksi dini gangguan dan pemutusan otomatis, tetapi juga menyediakan monitoring detail dan kendali jarak jauh berbasis internet. Sistem terbukti andal untuk menjaga kestabilan dan keselamatan instalasi listrik di Rumah Sakit, terutama pada lokasi dengan keterbatasan akses teknis.

Kata kunci: Mikrokontroller, LoRa, Proteksi Otomatis, PZEM-004T, IoT

ABSTRACT

Irfani Andi Arifianto, "Design of a Microcontroller-Based Real-Time Electrical Monitoring and Protection System with LoRa Communication", Electrical Engineering Undergraduate Program, Faculty of Engineering and Science, Nasional University, under the guidance of Ir. Ruliyanto, S.T., M.T., Ph.D. and W. G. Adhyartha Usse Keraf, S.T., M.M., M.TI., August 2025, 81 pages + xiii + 8 appendices.

Hospitals as primary healthcare facilities play a crucial role in providing medical services, relying heavily on stable and secure electricity. However, in practice, hospital electrical installations are vulnerable to disturbances such as leakage current, overvoltage, and undervoltage, which can endanger users and damage medical devices. Conventional protection systems such as MCBs, ELCBs, or AVR's only provide basic protection and are unable to provide real-time electrical parameter information or send remote notifications. Therefore, this study aims to design and implement a real-time electrical monitoring and protection system based on ESP32 and LoRa that is capable of automatically detecting disturbances and providing alerts to users via a local LCD and Telegram bot. The system uses ESP32 as the main processing unit, integrated with the PZEM-004T sensor to measure voltage, phase current, neutral current, leakage current, power, power factor, and frequency. Sensor data is sent via LoRa communication (E220-900T22D) between transmitter (Arduino Nano) and Receiver (ESP32), with a range of up to 305 m in open areas (RSSI around -106dBm) and up to 200 m in densely populated areas (RSSI around -108dBm), demonstrating stable performance in different environmental conditions. Test results show the system is able to monitor electrical parameters with high accuracy against a digital kWh meter: voltage 99.66% (max. difference 0.8 V), current 98.87% (max. difference 0.01 A), power 99.28% (max. difference 1.6 W) and power factor 99.00% (max. difference 0.01). For protection, the system is designed to automatically disconnect the load based on the thresholds of undervoltage, overvoltage, and leakage current that have been determined at the setpoint in the Telegram bot. In these conditions, the buzzer will be activated and notifications are sent in real-time to Telegram. Thus, this system not only improves the safety of electrical installations through early detection of disturbances and automatic disconnection, but also provides detailed monitoring and internet-based remote control. The system has proven reliable in maintaining the stability and safety of electrical installations in hospitals, especially in locations with limited technical access.

Keywords: Microcontroller, LoRa, Automatic Protection, PZEM-004T, Internet of Things (IoT)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.5 Metode Urgensi Penelitian.....	4
1.6 Metode Penyelesaian Masalah	5
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	7
2.1 Kajian Pustaka	7
2.2 Sistem Proteksi Kebocoran Arus, <i>Overvoltage</i> , dan <i>Unervoltage</i>	10
2.3 Sistem Monitoring Kelistrikan Berbasis IoT.....	11
2.4 Mikrokontroler ESP32.....	12
2.5 Mikrokontroler Arduino Nano	15
2.6 LoRa (Long Range).....	19
2.7 Sensor PZEM-004T.....	23
2.8 Modul Relay.....	25
2.9 LCD dan I2C.....	27
2.10 Komunikasi.....	29
2.10.1 I2C.....	29
2.10.2 UART.....	32
2.11 Buzzer.....	34
2.12 Power Supply 5V 2A.....	35
2.13 Arduino IDE	36
2.14 Arduino IoT Cloud	37
2.15 Pengolahan Data.....	39
2.16 Rumus Perhitungan Daya dan Energi Listrik.....	41
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	41
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	41
3.2 Alat dan Bahan	41
3.3 Desain Penelitian.....	41
3.3.1 Tahapan Penelitian.....	42
3.3.2 Perancangan Sistem	44
3.3.3 Perancangan Perangkat Keras.....	46
3.3.4 Perancangan Mekanik	48

3.3.5 Perancangan Perangkat Lunak	50
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	55
4.1 Realisasi Alat.....	55
4.1.1 Perangkat Keras	55
4.1.2 Perangkat Lunak.....	57
4.2 Hasil Pengujian.....	58
4.2.1 Hasil Pengujian Pembacaan Tegangan	59
4.2.2 Hasil Pengujian Pembacaan Arus	60
4.2.3 Hasil Pengujian Pembacaan Daya.....	61
4.2.4 Hasil Pengujian Pembacaan Faktor Daya	63
4.2.5 Hasil Pengujian Terhadap Parameter Ambang Batas	64
4.2.6 Hasil Pengujian Jangkauan LoRa.....	65
4.2.7 Hasil Pengujian Fungsi Sistem.....	68
4.2.8 Hasil Pengujian Keandalan Sistem	69
4.3 Analisis Hasil Pengujian.....	70
4.3.1 Analisis Hasil Pengujian Pembacaan Tegangan	70
4.3.2 Analisis Hasil Pengujian Pembacaan Arus	72
4.3.3 Analisis Hasil Pengujian Pembacaan Daya.....	73
4.3.4 Analisis Hasil Pengujian Pembacaan Faktor Daya	74
4.3.5 Analisis Hasil Pengujian Terhadap Parameter Ambang Batas	76
4.3.6 Analisis Hasil Pengujian Jangkauan LoRa	76
4.3.7 Analisis Hasil Pengujian Fungsi Sistem	77
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	79
5.1 Kesimpulan.....	79
5.2 Saran.....	79
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN	83



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mikrokontroler ESP32.....	13
Gambar 2.2 Skematik ESP32	14
Gambar 2.3 Konfigurasi pin Arduino Nano	15
Gambar 2.4 Skematik Arduino Nano	18
Gambar 2.5 Arsitektur protokol LoRa.....	20
Gambar 2.6 Teknologi LoRa	21
Gambar 2.7 LoRa E220-900T22D	22
Gambar 2.8 Pin out sensor PZEM-004T	24
Gambar 2.9 Skematik rangkaian sensor PZEM004T	25
Gambar 2.10 Bentuk modul relay 1 channel LOW	25
Gambar 2.11 Skematik rangkaian modul relay 1 channel LOW	27
Gambar 2.12 Bentuk modul LCD 16x2.....	28
Gambar 2.13 Diagram blok modul LCD 16x2	28
Gambar 2.14 Modul I2C.....	30
Gambar 2.15 Komunikasi I2C.....	30
Gambar 2.16 Pesan pada I2C	31
Gambar 2.17 Timing diagram I2C	31
Gambar 2.18 Skematik modul I2C.....	32
Gambar 2.19 Komunikasi UART.....	33
Gambar 2.20 Komunikasi data UART	33
Gambar 2.21 Bit Komunikasi UART	34
Gambar 2.22 Skematik buzzer.....	34
Gambar 2.23 Power supply 5 Volt	35
Gambar 2.24 Skematik diagram power supply 5 Volt	36
Gambar 2.25 Arduino IDE	36
Gambar 2.26 Arduino IoT Cloud.....	38
Gambar 3.1 Tahapan penelitian.....	42
Gambar 3.2 Diagram blok <i>transmitter</i>	44
Gambar 3.3 Diagram blok <i>reciever</i>	45
Gambar 3.4 Skematik rangkaian a. <i>Transmitter</i> dan b. <i>Receiver</i>	47
Gambar 3.5 Perancangan mekanik sistem <i>transmitter</i>	49
Gambar 3.6 Perancangan mekanik sistem <i>reciever</i>	50
Gambar 3.7 <i>Flowchart transmitter</i>	52
Gambar 3.8 <i>Flowchart reciever</i>	54
Gambar 4.1 Realisasi perangkat keras rangkaian <i>transmitter</i>	56
Gambar 4.2 Realisasi perangkat keras rangkaian <i>reciever</i>	56
Gambar 4.3 Realisasi perangkat lunak Telegram bot.....	57
Gambar 4.4 Realisasi perangkat lunak Arduino IoT Cloud.....	58
Gambar 4.5 Grafik pengujian pembacaan tegangan.....	60
Gambar 4.6 Grafik pengujian pembacaan arus	60
Gambar 4.7 Grafik pengujian pembacaan daya.....	62
Gambar 4.8 Grafik pengujian pembacaan faktor daya	64
Gambar 4.9 Jarak jangkauan LoRa pada pengujian melalui Google Earth.....	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Batas arus bocor berdasarkan standar nasional dan internasional	11
Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Nano.....	17
Tabel 2.3 Perbandingan paramter teknologi komunikasi	19
Tabel 2.4 Spesifikasi LoRa E220-900T22D.....	22
Tabel 2.5 Daftar pinout LCD 16x2.....	29
Tabel 2.6 Konfigurasi UART	33
Tabel 4.1 Data hasil pengujian pembacaan tegangan.....	59
Tabel 4.2 Data hasil pengujian pembacaan arus.....	61
Tabel 4.3 Data hasil pengujian pembacaan daya.....	62
Tabel 4.4 Data hasil pengujian pembacaan faktor daya	63
Tabel 4.5 Data hasil pengujian terhadap arus bocor.....	64
Tabel 4.6 Data hasil pengujian terhadap tegangan lebih	65
Tabel 4.7 Data hasil pengujian terhadap tegangan rendah	65
Tabel 4.8 Data hasil pengujian jangkauan LoRa 1	66
Tabel 4.9 Data hasil pengujian jangkauan LoRa 2	66
Tabel 4.10 Data hasil pengujian fungsi sistem.....	68
Tabel 4.11 Data hasil pengujian kehandalan sistem.....	69



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Listing program.....	83
Lampiran 2 Datasheet ESP32	86
Lampiran 3 Datasheet LoRa Ebyte E220 900T22D	89

