

**RANCANG BANGUN ALAT PEMERATAAN BEBAN TRAFO
DISTRIBUSI PLN BERBASIS MIKROKONTROLER ESP 32**



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Studi
Jenjang Program Diploma Tiga

Oleh:

Nama : Dwi Arief Sofandy
NIM : 23014002

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK ELEKTRONIKA
POLITEKNIK HARAPAN BERSAMA TEGAL
2025**

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dwi Arief Sofandy
NIM : 23014002

Adalah Mahasiswa Program Studi DIII Teknik Elektronika Politeknik Harapan Bersama, dengan ini saya menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir yang berjudul:

**“RANCANG BANGUN ALAT PEMERATAAN BEBAN TRAFO
DISTRIBUSI PLN BERBASIS MIKROKONTROLER ESP 32”**

merupakan hasil pemikiran saya sendiri secara orisinil dan saya susun dengan tidak melanggar kode etik hak karya cipta. Pada Laporan Tugas Akhir ini juga bukan merupakan karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik tertentu di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari ternyata Laporan Tugas Akhir ini terbukti melanggar kode etik karya cipta atau merupakan karya yang dikategorikan mengandung unsur plagiarisme, maka saya bersedia untuk melakukan penelitian baru dan menyusun laporannya sebagaimana Laporan Tugas Akhir sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan sesungguhnya.

Yang membuat pernyataan



Tegal, 16 Juli 2025

Dwi Arief Sofandy

NIM : 23014002

HALAMAN PERNYATAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Politeknik Harapan bersama, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dwi Arief Sofandy
NIM : 23014002
Program Studi : DIII Teknik Elektronika
Jenis Karya : Tugas Akhir

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

**“ RANCANG BANGUN ALAT PEMERATAAN BEBAN TRAFO
DISTRIBUSI PLN BERBASIS MIKROKONTROLER ESP 32”**

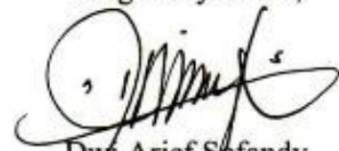
Beserta perangkat yang ada. Dengan demikian, Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Politeknik Harapan Bersama Tegal berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Tegal

Pada tanggal : 16 Juli 2025

Yang menyatakan,


Dwi Arief Sofandy
NIM : 23014002

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : ” RANCANG BANGUN ALAT PEMERATAAN BEBAN
TRAFO DISTRIBUSI PLN BERBASIS
MIKROKONTROLER ESP 32 “

Nama : Dwi Arief Sofandy

NIM : 23014002

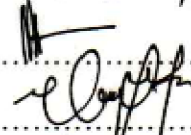
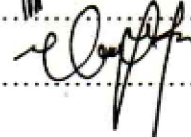
Program Studi : Teknik Elektronika

Jenjang : Diploma Tiga

**Dinyatakan LULUS setelah dipertahankan di depan tim penguji Laporan
Tugas Akhir Program Studi DIII Teknik Elektronika Politeknik Harapan
Bersama Tegal**

Tegal, Juli 2025

Tim Penguji :

	Nama	Tanda tangan
1. Ketua	: Qirom, S.Pd, MT.	1..... 
2. Penguji I	: M. Adias Sabara, M Kom.	2..... 
3. Penguji II	: Ulil Albab, MT.	3..... 

Mengetahui,

Ketua Program Studi DIII Teknik Elektronika

Politeknik Harapan Bersama Tegal


Rony Darpono, M.T.
NIPY. 09.015.282

HALAMAN REKOMENDASI

Laporan Tugas Akhir (TA) yang berjudul **“RANCANG BANGUN ALAT PEMERATAAN BEBAN · TRAFO DISTRIBUSI PLN BERBASIS MIKROKONTROLER ESP 32”** yang disusun oleh Dwi Arief Sofandy, NIM 23014002, telah mendapatkan persetujuan pembimbing dan siap di pertahankan di depan Tim penguji Laporan Tugas Akhir (TA) Program Studi DIII Teknik Elektronika Politeknik Harapan Bersama Tegal.

Tegal, 01 Juli 2025

Mengetahui

Pembimbing I


M. Sobri Sungkar, M.Kom
NIPY. 09.012.144

Pembimbing II


Ulil Albab, M.T
NIPY. 04.015.271

HALAMAN MOTTO

Motto :

1. Setiap tetes keringat adalah investasi untuk keberhasilan di masa depan
2. Perjuangan hari ini adalah kemenangan esok hari
3. Hasil besar selalu dimulai dari usaha kecil yang tak pernah menyerah

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Allah SWT, Tuhan Semesta Alam.
2. Orang tua saya, Bapak Karyoto, atas doa, dukungan, dan semangatnya.
3. Istri saya Wilinda Sri Mulyani, serta anak-anak saya Alini Queensha Myesha dan Alena Baqiya Hafshah, atas cinta dan motivasinya.
4. Para dosen dan pembimbing Program Studi DIII Teknik Elektronika Politeknik Harapan Bersama Tegal.
5. Atasan saya, Ibu Danik Yulianingrum, SE, yang telah memberikan izin dan dukungan selama perkuliahan.
6. Rekan- rekan kerja saya yang ada dalam unit Administrasi Umum dan Rumah Tangga.
7. Rekan-rekan seperjuangan yang saling mendukung dalam penyusunan tugas akhir ini.

Semoga karya ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

HALAMAN PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang yang telah melimpahkan segala rahmat, hidayah dan inayah-Nya hingga terselesaikannya Laporan Tugas Akhir dengan judul (“ **RANCANG BANGUN ALAT PEMERATAAN BEBAN TRAFO DISTRIBUSI PLN BERBASIS MIKROKONTROLER ESP 32** “).

Tugas Akhir merupakan satu kewajiban yang harus dilaksanakan untuk memenuhi sebagian persyaratan kelulusan dalam mencapai derajat Ahli Madya pada Program Studi DIII Teknik Elektronika Politeknik Harapan Bersama Tegal. Selama melaksanakan penelitian dan kemudian disusun dalam laporan Tugas Akhir ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan dan bimbingannya.

Pada kesempatan ini, tidak lupa diucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. apt. Heru Nurcahyo, S.Farm, M.Sc selaku Direktur Politeknik Harapan Bersama.
2. Bapak Rony Darpono, M.T selaku Ketua Program Studi DIII Teknik Elektronika Industri Politeknik Harapan Bersama Tegal.
3. Bapak M. Sobri Sungkar, M.Kom. selaku dosen pembimbing I.
4. Bapak Ulil Albab, M.T selaku dosen pembimbing II
5. Semua pihak yang telah mendukung, membantu serta mendoakan penyelesaian penelitian ini.

Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan sumbangan untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Tegal, 01 Juli 2025

Dwi Arief Sofandy

ABSTRAK

Ketidakseimbangan beban pada trafo distribusi, khususnya di jaringan PLN, dapat menyebabkan kehilangan daya yang signifikan, pemanasan berlebih pada salah satu fasa, serta penurunan efisiensi sistem kelistrikan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini merancang dan mengembangkan alat pemerataan beban trafo distribusi berbasis *mikrokontroler ESP32*. Sistem ini bekerja dengan mendeteksi arus pada masing-masing fasa menggunakan sensor *PZEM-004T* dan mengukur tegangan input melalui sensor *ZMPT101B*. Komunikasi data antar perangkat dilakukan secara nirkabel menggunakan modul *LoRa*. *Mikrokontroler ESP32* berperan sebagai unit kendali utama yang mengatur proses pengalihan beban secara otomatis melalui *Solid State Relay (SSR)*. Selain itu, sistem dilengkapi dengan baterai *Li-ion 18650* dan modul *UPS J5019* untuk menjaga perangkat tetap aktif saat terjadi pemadaman listrik. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu mendeteksi ketidakseimbangan arus antar fasa dan menjalankan pengalihan beban secara otomatis sesuai kondisi yang terdeteksi. Alat ini dapat menjadi solusi praktis dalam menjaga kestabilan sistem distribusi daya listrik, khususnya pada jaringan distribusi tegangan rendah.

Kata kunci: Trafo, Ketidakseimbangan beban, Mikrokontroler ESP32

DAFTAR ISI

RANCANG BANGUN ALAT PEMERATAAN BEBAN TRAFO DISTRIBUSI PLN BERBASIS MIKROKONTROLER ESP 32.....	i
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	ii
HALAMAN PERNYATAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN REKOMENDASI	iv
HALAMAN MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
HALAMAN PENGANTAR	viii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	5
1.5.1 Manfaat Teoritis	5
1.5.2 Manfaat Praktis	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Landasan Teori.....	8

2.2.1 Transformator.....	8
2.2.2 ESP32 WROOM	15
2.2.3 Kalibrasi	20
2.2.4 Sensor Arus PZEM-004T.....	22
2.2.5 Solid State Relay (SSR)	26
2.2.6 Sensor Tegangan AC ZMPT101B	29
2.2.7 Modul LoRa RA-02	33
2.2.8 LCD I2C 4x20.....	37
2.2.9 Baterai <i>Li</i> -Ion 18650 6800 mAh	40
2.2.10 Modul Mini UPS Step Up 5V (J5019).....	43
2.2.11 Modul Step Down LM2596	47
2.2.12 MCB 1 Phase (<i>Miniature Circuit Breaker</i> 1 Phase)	50
2.2.13 Lampu Pilot (Indikator).....	53
2.2.14 Indikator Baterai.....	54
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	55
3.1 Model Penelitian	55
3.2 Prosedur Penelitian.....	59
3.3 Teknik Pengumpulan Data.....	61
3.3.1 Observasi.....	61
3.3.2 Wawancara.....	62
3.3.3 Studi Literatur	62
3.4 Instrumen Penelitian.....	63
3.4.1 Alat dan Bahan.....	63
3.4.2 Software yang digunakan.....	66
3.5 Tahap Perancangan Alat	66

3.5.1 Perancangan Sistem	66
3.5.2 Pemrograman Sistem	73
3.5.3 Perancangan mekanik.....	81
3.6 Komponen yang Digunakan.....	93
BAB IV PEMBAHASAN.....	94
4.1 Hasil Penelitian	94
4.2 Hasil Analisis Penelitian	95
4.2.1 Kalibrasi Sensor Arus dan Tegangan.....	95
4.2.2 Analisis Komunikasi LoRa antar Perangkat	105
4.2.3 Analisis Pembacaan Arus dan Deteksi Ketidakseimbangan.....	108
4.2.4 Analisis Pembacaan Tegangan Input dan Pengendalian Relay.....	110
4.3 Evaluasi Sistem	112
4.4 Prinsip Kerja dan Prosedur Penggunaan	113
4.4.1 Fungsi dan Prinsip Kerja.....	113
4.4.2 Prosedur Penggunaan.....	116
BAB V PENUTUP	127
5.1 Kesimpulan	127
5.2 Saran.....	128
DAFTAR PUSTAKA	130
LAMPIRAN.....	133

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Daftar alat.....	63
Tabel 3. 2 Daftar bahan pembuatan perangkat.....	63
Tabel 3. 3 Daftar komponen yang digunakan	93
Tabel 4. 1 Hasil pengujian kalibrasi sensor arus PZEM 004T.....	96
Tabel 4. 2 Hasil pengujian kalibrasi sensor tegangan ZMPT 101B.....	101
Tabel 4. 3 Hasil pengujian LoRA 02 antar perangkat.....	105
Tabel 4. 4 Kriteria penilaian keberhasilan komunikasi LoRa.....	107
Tabel 4. 5 Hasil pengujian pembacaan arus tiap phasa.....	109
Tabel 4. 6 Hasil pengukuran tegangan dan respon relay	111

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Trafo distribusi PLN 1 Phase	14
Gambar 2. 2 Trafo distribusi PLN 3 Phase	15
Gambar 2. 3 Spesifikasi dari ESP32 WROOM	18
Gambar 2. 4 ESP 32 WROOM	18
Gambar 2. 5 Pinout ESP 32 WROOM.....	18
Gambar 2. 6 Digital Clamp Meter Kyoritsu KEW 2007R.....	21
Gambar 2. 7 Sensor Arus PZEM 004T	26
Gambar 2. 8 Internal Circuit Diagram Sensor Arus PZEM 004T.....	26
Gambar 2. 9 Gambaran umum Solid State Relay	29
Gambar 2. 10 Solid State Relay (SSR)	29
Gambar 2. 11 Internal Circuit Diagram SSR	29
Gambar 2. 12 Diagram ZMPT101B.....	31
Gambar 2. 13 Sensor Tegangan AC ZMPT101B	32
Gambar 2. 14 Diagram LoRa 02.....	35
Gambar 2. 15 Modul LoRa RA-02	36
Gambar 2. 16 Pinout LoRa RA-02.....	36
Gambar 2. 17 Diagram LCD I2C 4x20.....	39
Gambar 2. 18 LCD I2C 4 X 20	39
Gambar 2. 19 Bateri <i>Li</i> -Ion 18650 6800 mAh	43
Gambar 2. 20 Modul Mini UPS Step Up 5V (J5019)	46
Gambar 2. 21 Modul Step Down LM2596	50
Gambar 2. 22 MCB 1 Phase.....	53
Gambar 2. 23 Indikator baterai	54
Gambar 3. 1 Diagram blok penelitian perangkat 1	55
Gambar 3. 2 Diagram blok penelitian perangkat 2	55
Gambar 3. 3 Desain awal perangkat 1 tampak depan	56
Gambar 3. 4 Desain awal perangkat 1 tampak samping kanan dan kiri	57
Gambar 3. 5 Desain awal perangkat 1 tampak atas	57

Gambar 3. 6 Desain awal perangkat 1 tampak bawah	57
Gambar 3. 7 Desain awal perangkat 2 tampak depan	58
Gambar 3. 8 Desain awal perangkat 2 tampak samping kanan dan kiri	58
Gambar 3. 9 Desain awal perangkat 2 tampak atas	59
Gambar 3. 10 Flowchart penelitian	59
Gambar 3. 11 Flowchart perangkat 1	67
Gambar 3. 12 Flowchart perangkat 2	70
Gambar 3. 13 Diagram instalasi perangkat 1	81
Gambar 3. 14 Desain tata letak komponen perangkat 1	83
Gambar 3. 15 Diagram instalasi perangkat 2	87
Gambar 3. 16 Desain tata letak komponen perangkat 2	89
Gambar 4. 1 Foto tampilan fisik implementasi perangkat 1	94
Gambar 4. 2 Foto tampilan fisik implementasi perangkat 2	95
Gambar 4. 3 Tampilan panel depan perangkat 1	116
Gambar 4. 4 Tampilan sisi kanan perangkat 1	117
Gambar 4. 5 Tampilan sisi kiri perangkat 1	117
Gambar 4. 6 Tampilan display LCD perangkat 1	117
Gambar 4. 7 Tampilan sisi bawah perangkat 1	118
Gambar 4. 8 Tampilan sisi kiri perangkat 2	119
Gambar 4. 9 Tampilan saklar sistem pada posisi I	119
Gambar 4. 10 Tampilan data arus pada LCD perangkat 2	120
Gambar 4. 11 Tampilan saklar sistem pada posisi V	120
Gambar 4. 12 Tampilan data tegangan dan status relay pada LCD perangkat 2	120
Gambar 4. 13 APD yang harus digunakan	121
Gambar 4. 14 Jumper pada perangkat 2	122
Gambar 4. 15 Proses menghubungkan jumper ke beban trafo	122
Gambar 4. 16 MCB dan lampu pilot pada perangkat 2	123
Gambar 4. 17 Proses pemotongan line fasa existing	123
Gambar 4. 18 Proses beban sudah berpindah fasa tujuan untuk sementara	124
Gambar 4. 19 Proses pelepasan jumper C	125
Gambar 4. 20 Proses pelepasan jumper B	125

Gambar 4. 21 Proses pelepasan jumper A	125
Gambar 4. 22 Beban pindah ke phasa tujuan secara permanen	126

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Flowchart perangkat 1	133
Lampiran 2 Flowchart perangkat 2	134
Lampiran 3 Diagram instalasi perangkat 1	135
Lampiran 4 Diagram instalasi perangkat 2	136
Lampiran 5 Ketersediaan pembimbing I.....	137
Lampiran 6 Ketersediaan pembimbing II.....	138
Lampiran 7 Form bimbingan pembimbing I.....	139
Lampiran 8 Form bimbingan pembimbing II.....	140
Lampiran 9 Penilaian bimbingan tugas akhir.....	141
Lampiran 10 Dokumentasi pengerjaan tugas akhir.....	142
Lampiran 11 Form revisi ujian tugas akhir ketua penguji	144
Lampiran 12 Form revisi ujian tugas akhir penguji I.....	145
Lampiran 13 Form revisi ujian tugas akhir penguji II	146
Lampiran 14 Instrumen penelitian observasi.....	146
Lampiran 15 Instrumen penelitian wawancara	149