



**RANCANG BANGUN PANEL SINKRONISASI GENERATOR
DENGAN JARINGAN PLN MENGGUNAKAN METODE *ZERO
CROSSING DETECTOR* UNTUK MENDETEKSI GELOMBANG
*RISING***

LAPORAN TUGAS AKHIR

HENDRY CAHYADI
41421110022

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2025**



**RANCANG BANGUN PANEL SINKRONISASI GENERATOR
DENGAN JARINGAN PLN MENGGUNAKAN METODE *ZERO
CROSSING DETECTOR* UNTUK MENDETEKSI GELOMBANG
*RISING***

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Strata Satu (S1)

NAMA : HENDRY CAHYADI
NIM : 41421110022
PEMBIMBING : AKHMAD WAHYU DANI, ST., MT

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Hendry Cahyadi
NIM : 41421110022
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Rancang Bangun Panel Sinkronisasi Generator Dengan Jaringan PLN Menggunakan Metode *Zero Crossing Detector* Untuk Mendeteksi Gelombang *Rising*

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:

Tanda Tangan

Pembimbing : Akhmad Wahyu Dani, ST., MT
NUPTK : 7052763664130323

Ketua Penguji : Trie Maya Kadarina S.T., M.T
NUPTK : 7235757658230143

Anggota Penguji : Fadli Sirait, S.SI., M.T., Ph.D.
NUPTK : 1852754655131132

MERCU BUANA

Jakarta, 05 Juli 2025

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Kaprodi S1 Teknik Elektro

Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.
NUPTK: 6639750651230132

Dr. Eng. Heru Suwoyo, ST. M.Sc
NUPTK: 2146770671130403

SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY*

Menerangkan bahwa Karya Ilmiah/Laporan Tugas Akhir/Skripsi pada BAB I, BAB II, BAB III, BAB IV dan BAB V atas nama:

Nama : **Hendry Cahyadi**

NIM : **41421110022**

Program Studi : **Teknik Elektro**

Judul Tugas Akhir / Tesis

/ Praktek Keinsinyuran : **Rancang Bangun Panel Sinkronisasi Generator Dengan Jaringan PLN Menggunakan Metode Zero Crossing Detector Untuk Mendeteksi Gelombang Rising**

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Sabtu, 16 Agustus 2025** dengan hasil presentase sebesar **8 %** dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

MERCU BUANA

Jakarta, 16 Agustus 2025

Administrator Turnitin,

Itmam Haidi Syarif

HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : HENDRY CAHYADI
N.I.M : 41421110022
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Panel Sinkronisasi Generator Dengan Jaringan PLN Menggunakan Metode *Zero Crossing Detector* Untuk Mendeteksi Gelombang *Rising*

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri dan bukan plagiat, serta semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar. Apabila ternyata ditemukan di dalam Laporan Tugas Akhir saya terdapat unsur plagiat, maka saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 05 Juli 2025

UNIVERSI
MERCU BUANA




HENDRY CAHYADI

ABSTRAK

Sinkronisasi paralel antara generator dan jaringan PLN merupakan proses penting untuk memastikan pembagian beban yang aman dan stabil. Dalam sistem kelistrikan, menghubungkan dua sumber daya listrik secara paralel memerlukan kesesuaian parameter listrik seperti tegangan, frekuensi, dan sudut fasa. Kesalahan dalam proses ini dapat menyebabkan arus sirkulasi yang merusak peralatan dan menimbulkan gangguan pada sistem. Oleh karena itu, dibutuhkan panel sinkronisasi yang mampu mengatur dan mengawasi proses penyelarasan antar sumber listrik secara otomatis dan akurat.

Perancangan panel sinkronisasi generator dengan jaringan PLN ini memanfaatkan metode *zero crossing detector* pada sisi gelombang naik (*rising*). Melalui pendekatan ini, sistem mampu mengenali titik nol pada gelombang sinusoidal saat berada pada sisi positif, yang menunjukkan bahwa sudut fasa antara kedua sumber berada dalam batas sinkron, yakni sekitar ± 10 derajat. Panel dikendalikan oleh mikrokontroler yang berperan dalam membaca parameter listrik seperti tegangan, frekuensi, dan sudut fasa secara real-time, serta mengatur proses sinkronisasi secara otomatis ketika syarat-syarat sinkron terpenuhi. Setelah sinkronisasi berhasil dilakukan, sistem dapat melanjutkan ke tahap pembagian beban (*load sharing*) secara proporsional, di mana arus dibagi antara generator dan PLN sesuai kapasitas operasi masing-masing sumber, sehingga beban tidak tertumpu pada satu sisi dan kestabilan sistem tetap terjaga.

Berdasarkan pengujian paralel antara genset 5.5kW dan PLN, saat kedua sumber terhubung namun genset masih dalam kondisi *standby*, tercatat faktor daya rata-rata sebesar 0,06 dengan arus sebesar 6 Ampere. Nilai ini menunjukkan bahwa genset hanya menyuplai daya aktif sebesar $\pm 2.7\%$. Pada kondisi ini, arus yang mengalir dari genset tergolong arus siaga. Selanjutnya, ketika posisi *governor* dinaikkan, arus keluaran genset meningkat dan faktor daya naik hingga rata-rata 0,7. Nilai ini menunjukkan bahwa genset menyuplai beban sebesar $\pm 75.87\%$. Hal ini menandakan bahwa genset mulai berkontribusi terhadap suplai daya aktif ke jaringan PLN, seiring dengan bertambahnya beban yang ditanggung genset.

Kata Kunci : Sinkronisasi, paralel, *load sharing*, *Zero crossing detector*, genset

ABSTRACT

Parallel synchronization between a generator and the utility grid (PLN) is a critical process to ensure safe and stable load sharing. In an electrical power system, connecting two power sources in parallel requires the alignment of electrical parameters such as voltage, frequency, and phase angle. Errors in this process can lead to circulating currents that may damage equipment and cause disturbances in the system. Therefore, a synchronization panel is needed to automatically and accurately manage and monitor the alignment process between the power sources.

The design of the generator synchronization panel with the utility grid utilizes the zero crossing detector method on the rising edge of the waveform. Through this approach, the system can detect the zero point of the sinusoidal waveform on the positive side, indicating that the phase angle between the two sources is within the synchronization limit, which is approximately ± 10 degrees. The panel is controlled by a microcontroller that reads electrical parameters such as voltage, frequency, and phase angle in real-time and automatically performs the synchronization process once the synchronization conditions are met. After successful synchronization, the system proceeds to the load sharing stage, where current is distributed proportionally between the generator and PLN based on each source's operational capacity, ensuring that the load is not concentrated on one side and that system stability is maintained.

Based on parallel testing between a 5.5kW generator and PLN, when both sources were connected but the generator was still in standby mode, the average power factor recorded was 0.06 with a current of 6 Amperes. This value indicates that the generator was supplying only about $\pm 2.7\%$ of active power. In this condition, the current flowing from the generator is classified as standby current. Subsequently, when the governor setting was increased, the generator's output current rose and the power factor increased to an average of 0.7. This indicates that the generator was supplying approximately $\pm 75.87\%$ of the load. This shows that the generator began contributing to the active power supply to the PLN grid, in line with the increasing load borne by the generator.

Keywords: *Synchronization, parallel, load sharing, zero crossing detector, generator set (genset)*

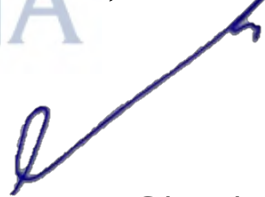
KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul " Rancang Bangun Panel Sinkronisasi Generator Dengan Jaringan PLN Menggunakan Metode *Zero Crossing Detector* Untuk Mendeteksi Gelombang *Rising* " sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan, doa, dan semangat tanpa henti. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada dosen pembimbing, Bapak Akhmad Wahyu Dani, ST., MT atas bimbingan dan arahan yang sangat berarti selama proses pengerjaan tugas akhir ini.

Penulis juga menghaturkan terima kasih kepada para dosen penguji atas masukan dan koreksi yang membangun demi penyempurnaan isi laporan ini. Tak lupa, apresiasi disampaikan kepada rekan-rekan dan semua pihak yang turut membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, selama proses penyusunan hingga selesainya laporan ini. Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna; oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca maupun pihak lain yang berkepentingan.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 05 Juli 2025



HENDRY CAHYADI

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL/COVER.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN SIMILARITY	iv
HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	5
1.3. Tujuan.....	5
1.4. Batasan Masalah.....	5
1.5. Metode Penelitian.....	5
1.6. Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Studi Literatur	7
2.2 <i>Zero Crossing Detector</i>	9
2.3 Gelombang Frekuensi Listrik.....	11
2.4 Sudut Fasa	11

2.5	Sinkronisasi	12
2.6	<i>Load Sharing</i>	15
2.7	Konsep Dasar Listrik AC	16
2.8	Mikrokontroler Arduino Mega 2560.....	19
2.9	PZEM-004T	21
2.10	Relai.....	21
2.11	Kontaktor... ..	22
2.12	DWIN HMI	23
2.13	<i>Power Supply DC</i>	24
2.14	Stepdown DC LM2596	24
2.15	Baterai.....	25
BAB III PERANCANGAN ALAT DAN SISTEM		26
3.1	Diagram Blok Sistem	26
3.2	Flowchart Cara Kerja Sistem	31
3.2.1	Kondisi <i>Standby</i>	31
3.2.2	Kondisi Sinkron Generator	32
3.2.3	Kondisi Sinkron PLN.....	32
3.2.4	Kondisi Starter Generator	32
3.2.5	Kondisi Emergency	33
3.3	Diagram Skematik.....	34
3.4	Perancangan Rangkaian Sensor <i>ZCD</i>	36
3.5	Program Perangkat Lunak Arduino IDE.....	38
3.5.1	Deklarasi Program.....	38
3.5.2	Program <i>ZCD</i> dan Perhitungan Frekuensi	40

3.5.3	Program Perhitungan Sudut Fasa	41
3.5.4	Program Alur Logika Kerja	42
3.5.5	Program Komunikasi Arduino dan Dwin <i>HMI</i>	47
3.6	Perancangan Perangkat Lunak DWIN DGUS V7647	49
3.6.1.	Tampilan Awal.....	49
3.6.2.	Tampilan Kontrol	50
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		52
4.1	Hasil Perancangan.....	52
4.1.1	Hasil Perancangan Alat	52
4.1.2	Hasil Perancangan Perangkat Lunak.....	53
4.2	Hasil Pengujian Komponen.....	54
4.2.1	Pengujian Rangkaian <i>Zero Crossing Detector</i>	54
4.2.2	Pengujian Sensor PZEM 004T	55
4.2.3	Pengujian Relai	56
4.2.4	Pengujian Kontaktor.....	57
4.3	Hasil Pengujian Alat	58
4.3.1	Pengujian Paralel Genset ke PLN	58
4.3.2	Pengujian Paralel PLN ke Genset	59
4.3.3	Pengujian <i>Load Sharing</i> Genset.....	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		63
5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA.....		65
LAMPIRAN.....		67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Rangkaian <i>Zero Crossing Detector</i>	10
Gambar 2. 2. Gelombang <i>Output ZCD</i>	10
Gambar 2. 3. Paralel Dua Genset	14
Gambar 2. 4. Paralel PLN & Genset.....	14
Gambar 2. 5. Sudut Fasa Sama	15
Gambar 2. 6. Sudut Fasa Tidak Sama.....	15
Gambar 2. 7 Arduino Mega2560	20
Gambar 2. 8. PZEM-004T	21
Gambar 2. 9. Relai	22
Gambar 2. 10. Kontaktor	23
Gambar 2. 11. Dwin <i>HMI</i>	24
Gambar 2. 12. <i>Power Supply</i>	24
Gambar 2. 13. <i>Buck Converter</i>	25
Gambar 2. 14. Baterai	25
Gambar 3. 1. Diagram Blok.....	31
Gambar 3. 2. Flowchart Sistem	34
Gambar 3. 3. Rangkaian Skematik.....	36
Gambar 3. 4. Rangkaian PCB <i>ZCD</i>	37
Gambar 3. 5. Desain PCB <i>ZCD</i>	38
Gambar 3. 6. Program Deklarasi Satu	39
Gambar 3. 7. Program Deklarasi Dua.....	39
Gambar 3. 8. Program <i>Zero Crossing Detector</i>	41
Gambar 3. 9. Program Sudut Fasa	42
Gambar 3. 10. Program Logika Standby	43
Gambar 3. 11. Program Paralel.....	44
Gambar 3. 12. Program Kontak <i>Load</i>	44
Gambar 3. 13. Program Kontrol Generator	45
Gambar 3. 14. Program Fungsi Kontrol Generator	46

Gambar 3. 15. Program PZEM 004T.....	47
Gambar 3. 16. Program Komunikasi Arduino to <i>HMI</i>	48
Gambar 3. 17. Program Komunikasi <i>HMI</i> to Arduino	49
Gambar 3. 18. Program <i>HMI</i> Tampilan Awal	50
Gambar 3. 19. Program <i>HMI</i> Tampilan Kontrol	51
Gambar 4. 1. Panel Tampak Dalam.....	52
Gambar 4. 2. Panel Tampak Luar.....	53
Gambar 4. 3. Tampilan Awal <i>HMI</i>	53
Gambar 4. 4. Tampilan Kontrol <i>HMI</i>	54
Gambar 4. 5. Grafik Pengujian <i>Load Sharing</i>	62



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Studi Literatur	7
Tabel 2. 2 Datasheet Arduino Mega2560	20
Tabel 4. 1. Pengujian Rangkaian <i>ZCD</i>	55
Tabel 4. 2. Pengujian PZEM 004T	56
Tabel 4. 3. Pengujian Relai	57
Tabel 4. 4. Pengujian Kontaktor	58
Tabel 4. 5. Pengujian Paralel Genset ke PLN	59
Tabel 4. 6. Pengujian Paralel PLN ke Genset	60
Tabel 4. 7. Pengujian <i>Load Sharing</i>	61

