



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Pengaruh Sudut Penyalan Thyristor pada Sistem Penyearah Tekendali
Tiga Fasa Berbasis Mikrokontroler**

SKRIPSI

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**SATRIYO WIBOWO
2203411017**

PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMASI LISTRIK INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Pengaruh Sudut Penyalaan Thyristor pada Sistem Penyearah Tekendali
Tiga Fasa Berbasis Mikrokontroler**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Terapan

**POLITEKNIK
NEGERI
Satriyo Wibowo
2203411017
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMASI LISTRIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Satriyo Wibowo

NIM : 2203411017

Tanda Tangan : 

Tanggal : 20/06/2026

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

Tugas Akhir diajukan oleh:

Nama : Satriyo Wibowo

NIM : 2203411017

Program Studi : Teknik Otomasi Listrik Industri

Judul Tugas Akhir : Pengaruh Sudut Penyalan Thyristor pada Sistem
Penyearah Terkendali Tiga Fasa Berbasis
Mikrokontroler

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada Hari, Rabu 01 Juli
2026 dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing I : Hatib Setiana, S.T., M.T.

199204212022031007

Pembimbing II : Dezetty Monika, S.T., M.T.

199112082018032002

Depok, 15 Juli 2026

Disahkan oleh



Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dr. Murie Dwiyaniti, S.T., M.T.

NIP. 197803312003122002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat membuat Tugas Akhir dengan judul “ Pengaruh Sudut Penyalaan Thyristor pada Sistem Penyearah Tekendali Tiga Fasa Berbasis Mikrokontroler”. Laporan tugas akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan kegiatan perkuliahan program Diploma Empat (D4). Dalam pembuatan laporan ini, tentunya penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Dr. Murie Dwiyaniti, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.
2. Ibu Dezetty Monika, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.
3. Bapak Hatib Setiana S.T., M.T. dan Dezetty Monika, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, serta pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan laporan ini.
4. Muhammad Bagas Saputra, Septian Jodie Patriatama dan Syaifullah Filard Latifan selaku rekan penelitian serta teman-teman TOLI 2026 yang banyak membantu hingga tugas akhir ini terealisasi.
5. Ibu dan kakak penulis yang telah memberikan doa serta bantuan dukungan material dan moral.

Penulis berharap kepada Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga laporan tugas akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu dan teknologi.

Depok, 20 Juni 2026

Satriyo Wibowo

NIM.2203411017



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRAK

Pengendalian tegangan keluaran pada sistem penyearah terkendali tiga fasa ditentukan oleh sudut penyalan (α) pada thyristor. Penelitian ini merancang dan merealisasikan trainer kit penyearah terkendali tiga fasa gelombang penuh berbasis mikrokontroler Arduino Uno, menggunakan enam SCR TYN1225 yang dipicu melalui rangkaian Zero Crossing Detector (ZCD) dan gate driver berlapis (TC4427, IRF540N, transformator pulsa 1:2). Pengujian meliputi verifikasi arus pemicuan gate, pengujian beban resistif murni (lampu pijar 15 W dan lampu halogen 220 V), variasi sudut penyalan pada beban lampu halogen 25 W menggunakan potensiometer, serta akurasi sinkronisasi ZCD-SCR. Arus gerbang pada keenam SCR berkisar 1,45 A hingga 1,76 A, memenuhi batas aman IGT (40 mA) dan IGM (4 A) sesuai datasheet TYN1225. Pada beban halogen 380 VAC, tegangan keluaran turun dari 528 VDC menjadi 333 VDC dengan simpangan terhadap teori 0,1% hingga 2,8%, sedangkan pada beban 15 W simpangan meningkat hingga 59,96% pada sudut besar akibat keterbatasan transformator pulsa. Pengujian sinkronisasi mengungkap offset sudut dasar 34,6° pada perintah 0°, akibat selisih fasa 30° antara referensi tegangan fasa-netral (Y) pada ZCD dan fasa-fasa (Δ) pada jembatan SCR, ditambah propagation delay perangkat keras. Pada perintah 120°, sudut aktual terukur 205,4°, menandakan aktifnya proteksi anti-commutation failure yang memutus pulsa siklus ke-6 saat akumulasi waktu interupsi melampaui 20.000 μ s. Rentang operasi sudut penyalan yang tervalidasi pada trainer kit ini dibatasi hingga 120°, dengan degradasi sinkronisasi signifikan setelah sudut 60°–90°, membuktikan pengaruh langsung sudut penyalan terhadap tegangan keluaran DC sesuai teori penyearah terkendali.

Kata kunci: *Arduino Uno, Firing Angle, Penyearah Terkendali, Thyristor, Zero Crossing Detector*

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRACT

Output voltage regulation in a three-phase controlled rectifier system is primarily determined by the thyristor firing angle (α). This study designs and implements a three-phase full-wave controlled rectifier trainer kit based on an Arduino Uno microcontroller, using six TYN1225 SCRs triggered through a Zero Crossing Detector (ZCD) circuit and a layered gate driver (TC4427, IRF540N, 1:2 pulse transformer). Testing covered gate trigger current verification, pure resistive load testing (15 W incandescent lamp and 220 V halogen lamp), firing angle variation on a 25 W halogen load using a potentiometer, and ZCD-SCR synchronization accuracy. Gate current across the six SCRs ranged from 1.45 A to 1.76 A, satisfying the safe IGT (40 mA) and IGM (4 A) limits per the TYN1225 datasheet. Under the 380 VAC halogen load, DC output voltage decreased from 528 VDC to 333 VDC, with deviation from theoretical values between 0.1% and 2.8%, whereas under the 15 W load the deviation rose to 59.96% at larger firing angles due to pulse transformer limitations. Synchronization testing revealed a baseline angular offset of 34.6° at a 0° command, caused by the 30° phase difference between the phase-to-neutral (Y) reference used by the ZCD and the phase-to-phase (Δ) voltage across the SCR bridge, compounded by hardware propagation delay. At a 120° command, the actual firing angle measured 205.4° , indicating activation of the anti-commutation failure protection mechanism, which cuts the sixth-cycle firing pulse once accumulated interrupt time exceeds $20,000 \mu\text{s}$. The validated firing angle operating range of this trainer kit is thus limited to 120° , with synchronization degradation becoming significant beyond 60° – 90° , confirming the direct relationship between firing angle and DC output voltage predicted by controlled rectifier theory.

Keywords: Arduino Uno, Controlled Rectifier, Firing Angle, Thyristor, Zero Crossing Detector

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Luaran	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
A. Penelitian Terdahulu yang Relevan.....	4
2.1 Sistem Penyearah Terkendali Berbasis SCR.....	4
2.2 Kendali Mikrokontroler.....	4
B. Konsep atau Teori yang Relevan.....	5
2.3 Penyearah Terkendali 3 Fasa (<i>Three-Phase Controlled Rectifier</i>)	5
2.4 <i>Thyristor</i> dan Pengaruh <i>Firing Angle</i>	7
2.5 Mikrokontroler sebagai Unit Kendali	8
2.6 Rangkaian Deteksi Titik Nol (<i>Zero Crossing Detector</i>)	9
2.7 Karakteristik Penyearah pada Beban Resistif	10
BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI ALAT	11
3.1 Rancang Alat.....	11
3.1.1 Deskripsi Alat	11



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.1.2 Cara Kerja Alat	11
3.1.3 Spesifikasi Alat	12
3.1.4 Diagram Blok Sistem	15
3.1.5 Flowchart Sistem.....	16
3.1.6 Tampilan <i>Trainer-kit</i>	17
3.1.7 Rangkaian <i>Zero Crossing Detector</i> (ZCD)	18
3.1.8 Rangkain <i>Pulse Amplifier</i>	19
3.1.9 Rangkaian SCR <i>Rectifier</i> dengan <i>Transformator Pulsa</i>	21
3.2 Realisasi Alat	22
3.2.1 Realisasi Perangkat Keras (Hardware).....	22
3.2.2 Realisasi Perangkat Lunak (Software)	26
BAB IV PEMBAHASAN.....	30
4.1 Pengujian Arus Pemicu SCR	30
4.1.1 Deskripsi Pengujian	30
4.1.2 Prosedur Pengujian	30
4.1.3 Data Hasil Pengujian.....	32
4.1.4 Analisis Data / Evaluasi	33
4.2 Pengujian dengan 1 Beban Lampu 15 Watt.....	34
4.2.1 Deskripsi Pengujian	34
4.2.2 Prosedur Pengujian	35
4.2.3 Data Hasil Pengujian.....	37
4.2.4 Analisis Data / Evaluasi	38
4.3 Pengujian Beban Lampu Halogen 220V	39
4.3.1 Deskripsi Pengujian	40
4.3.2 Prosedur Pengujian	40
4.3.3 Data Hasil Pengujian.....	43



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.3.4 Analisis Data / Evaluasi	45
4.4 Pengujian Pengaruh Variasi Sudut Penyalan Thyristor	46
4.4.1 Deskripsi Pengujian	46
4.4.2 Prosedur Pengujian	46
4.4.3 Data Hasil Pengujian.....	48
4.4.4 Analisis Data/Evaluasi	50
4.5 Pengujian Pengaruh ZCD Terhadap Output SCR.....	51
4.5.1 Deskripsi Pengujian	51
4.5.2 Prosedur Pengujian	52
4.5.3 Data Hasil Pengujian.....	54
4.5.4 Analisis Data/Evaluasi	56
BAB V PENUTUP	59
5.1 Simpulan	59
5.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA	61
DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS	63
LAMPIRAN.....	64
L-1 Dokumentasi.....	64
L-2 Jobshett.....	65

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Rangkaian Penyearah 3 fasa dengan 6 SCR.....	6
Gambar 2. 2 Gelombang tegangan dan sinyal trigger penyearah	7
Gambar 2. 3 Struktur dan Simbol SCR.....	8
Gambar 3. 1 Diagram Blok Alat	15
Gambar 3. 2 Flowchart Sistem.....	16
Gambar 3. 3 Papan Modul Trainer-kit	18
Gambar 3. 4 Rangkaian Zero Crossing Detector (ZCD).....	19
Gambar 3. 5 Pulse Amplifier Menggunakan IC TC4427	20
Gambar 3. 6 Rangkaian Saklar Daya (MOSFET IRF540N)	20
Gambar 3. 7 Rangkaian SCR dengan Transformator Pulsa.....	21
Gambar 3. 8 Realisasi Modul Zero Crossing Detector	23
Gambar 3. 9 Rangkaian IC TC4427.....	24
Gambar 3. 10 Rangkaian MOSFET IRF540N	24
Gambar 3. 11 Tranformator Pemicu 2:1	25
Gambar 3. 12 Jembatan Penyearah Daya SCR.....	26
Gambar 3. 13 Pin Pengendali Gate SCR.....	27
Gambar 3. 14 Parameter Pengendali pada program Arduino Uno.....	27
Gambar 3. 15 Program Perhitungan Sudut Penyalaan	28
Gambar 4. 1 Metode Pengukuran Arus Injeksi Gate SCR.....	31
Gambar 4. 2 Karakteristi sinyal keluaran skunder tranformator pemicu (kuning) terhadap gate SCR 1 (hijau).....	33
Gambar 4. 3 Pengukuran Tegangan Keluaran	35
Gambar 4. 4 Diagram Rangkaian Sirkuit Kontrol	35
Gambar 4. 5 Diagram Rangkaian Penyearah 6 Pulsa	36
Gambar 4. 6 Diagram Output Beban.....	36
Gambar 4. 7 Baris Program Pengaturan Waktu Penyalaan SCR.....	37
Gambar 4. 8 Diagram Rangkaian Sirkuit Kontrol	41
Gambar 4. 9 Diagram Rangkaian Penyearah 6 Pulsa	41
Gambar 4. 10 Diagram Rangkaian Beban Lampu dengan Osiloskop	42
Gambar 4. 11 Baris Program Pengaturan Waktu Penyalaan SCR.....	42



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4. 12 Tampilan Bentuk Gelombang Keluaran Tegangan DC pada Delay 0 μs - 2700 μs	45
Gambar 4. 13 Diagram Rangkaian Sirkuit Kontrol	47
Gambar 4. 14 Diagram Rangkaian Penyearah 6 Pulsa	47
Gambar 4. 15 Diagram Rangkaian Beban Lampu dengan Osiloskop	48
Gambar 4. 16 Tampilan Pengujian 1.....	50
Gambar 4. 17 Diagram Rangkaian Sirkuit Kontrol	52
Gambar 4. 18 Diagram Rangkaian Penyearah 6 Pulsa dengan beban	53
Gambar 4. 19 Titik Koneksi Pengujian ZCD Terhadap Keluaran Sudut SCR	54
Gambar 4. 20 Titik Koneksi ZCD Terhadap Keluaran Sudut 0 Derajat SCR	54
Gambar 4. 21 Titik Koneksi ZCD Terhadap Keluaran Sudut 30 Derajat SCR	55
Gambar 4. 22 Titik Koneksi ZCD Terhadap Keluaran Sudut 90 Derajat SCR	55
Gambar 4. 23 Titik Koneksi ZCD Terhadap Keluaran Sudut 120 Derajat SCR ..	56

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Urutan Firing SCR	6
Tabel 3. 1 Tabel Spesifikasi Alat	13
Tabel 3. 2 Tabel keluaran Arduino yang digunakan untuk mengendalikan gerbang (gate) keenam SCR.	27
Tabel 3. 3 Tabel I/O Mikrokontroler.....	28
Tabel 4. 1 Data Hasil Pengukuran Tegangan dan Perhitungan Arus Gerbang (Gate Current) pada Suplai Gate Driver 12 V	32
Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian Penyearah Terkendali tiga Fasa dengan Beban Lampu 15 Watt.....	38
Tabel 4. 3 Data Hasil Pengujian Beban Lampu Halogen 220V.....	43
Tabel 4. 4 Data Pengukuran Tegangan Vrms pada Variasi Sudut Penyalaan	49
Tabel 4. 5 Durasi Pergeseran Sudut SCR Terhadap ZCD.....	56

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi elektronika daya memainkan peran penting dalam sektor industri. Salah satu perangkat yang memiliki peran krusial adalah penyearah terkendali tiga fasa gelombang penuh (*three phase full wave controlled rectifier*). Sistem ini berfungsi untuk mengubah tegangan bolak-balik (AC) tiga fasa menjadi tegangan searah (DC) yang nilai keluarannya dapat diatur secara presisi melalui sudut penyulutan atau *firing angle*, pada komponen *Silicon Controlled Rectifier* (SCR) sebagai sakelar daya (Effendi & Fitriady, 2023; Usman et al., 2017). Di dunia industri, teknologi ini diaplikasikan secara luas pada sistem penggerak motor DC berdaya tinggi (Sinuraya et al., 2025), sistem transmisi daya jarak jauh seperti *High Voltage Direct Current* (HVDC) (Zhou et al., 2023).

Penelitian mengenai sistem penyearah tiga fasa telah banyak dilakukan sebelumnya, namun literatur terdahulu mayoritas menggunakan pendekatan teori dasar penyearah jembatan dioda (tak terkendali) sehingga tegangan DC yang dihasilkan nilainya tetap dan tidak dapat diubah-ubah secara dinamis (Manap, 2024; Yanto et al., 2019). Pengembangan ke arah penyearah terkendali telah dilakukan, namun masih terbatas pada model semi-terkendali yaitu tiga SCR dan tiga dioda, dengan pengaturan sudut penyalan manual yang rentan terhadap *noise* dan kurang presisi (Ikram, 2024). Di sisi lain, upaya untuk beralih ke kontrol digital telah dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler Arduino, tetapi implementasinya masih sebatas pada lingkungan simulasi perangkat lunak tanpa wujud perangkat keras fisik (Yusuf et al., 2020). Dengan demikian, untuk pengaturan waktu penyalan SCR secara digital memerlukan rangkaian pengendali yang dilengkapi dengan sinyal referensi dari rangkaian *zero crossing detector* (ZCD) (Wulandari et al., 2023).

Berangkat dari keterbatasan tersebut, penelitian ini mengusulkan perancangan perangkat keras penyearah terkendali tiga fasa gelombang penuh berbasis mikrokontroler Arduino Uno, dipilih karena spesifikasinya yang sesuai keperluan seperti jumlah pin I/O yang mendukung dan memiliki kecepatan *clock* yang tinggi untuk sistem penyearah yaitu 16mhz cukup untuk mengatur *trigger gate* SCR tipe



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

TYN1225 dan Rectifier Modul 50hz 3 fasa. Dalam sistem ini, mikrokontroler berperan vital sebagai unit pemroses untuk mendeteksi titik nol *zero-crossing* (ZCD) secara *real-time* dan mengeksekusi algoritma perhitungan penundaan waktu pemunculan (*time delay*). Pada penggunaan kontrol digital menawarkan keunggulan berupa akurasi komputasi yang tinggi, respons cepat, serta fleksibilitas parameter melalui modifikasi kode program tanpa mengubah struktur fisik rangkaian (Yusuf et al., 2020).

Berdasarkan latar belakang diatas penulis mengambil judul Pengaruh Sudut penyalan *Thyristor* pada Sistem Penyearah Terkendali Tiga Fasa Berbasis Mikrokontroler. Yang bertujuan untuk menciptakan sistem kendali intensitas cahaya lampu DC secara otomatis berdasarkan sudut penyalan *Thyristor*. Penggunaan topologi tiga fasa pada sistem peredupan lampu ini dirancang untuk menyelesaikan masalah riak tegangan *ripple* yang sering terjadi pada sistem satu fasa, sehingga mampu menghasilkan pencahayaan yang stabil, tanpa *flicker-free* atau kedipan pada sistem. Skripsi ini akan direalisasikan di Laboratorium Elektronika Daya - Politeknik Negeri Jakarta, yang bertujuan sebagai bahan pembelajaran mahasiswa aktif.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah pada skripsi ini yaitu :

1. Bagaimana rangkain daya penyearah jembatan enam pulsa terkendali tiga fasa gelombang penuh menggunakan Thyristor?
2. Bagaimana pengaruh variasi waktu dan sudut penyalan (*firing angle*) terhadap tegangan keluaran?
3. Bagaimana unjuk kerja dan stabilitas sistem ketika digunakan langsung sebagai pengontrol intensitas cahaya pada beban lampu DC?



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari skripsi ini yaitu :

1. Menghasilkan *prototype trainer kit* sistem penyearah terkendali 3 fasa berbasis *Thyristor*.
2. Menganalisis perubahan tegangan searah akibat variasi waktu dan sudut penyalaan pada rangkaian *Thyristor* enam pulsa.
3. Menguji kinerja alat terhadap respons sistem dan kualitas tegangan keluaran DC saat diaplikasikan untuk mengontrol intensitas cahaya pada beban DC.

1.4 Batasan Masalah

Pembahasan dalam penelitian ini, terdapat batasan masalah yang ditetapkan penulis.

Pada penelitian ini tidak membahas gangguan kualitas daya berupa analisis harmonisa tingkat lanjut maupun pengujian karakteristik beban non-resistif secara mendalam.

1.5 Luaran

Penulisan skripsi ini memiliki luaran sebagai berikut:

1. Terciptanya modul praktikum sistem penyearah terkendali tiga fasa gelombang penuh.
2. Sebagai bahan referensi para mahasiswa teknik elektro dalam penelitian ataupun kajian lain yang masih berhubungan.
3. Artikel ilmiah yang berstatus *Presented* pada Seminar Nasional.
4. Laporan Skripsi.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan perancangan, realisasi, dan pengujian sistem penyearah terkendali tiga fasa gelombang penuh berbasis mikrokontroler yang telah dilakukan, diperoleh beberapa temuan sebagai berikut:

- Penelitian ini berhasil merancang dan merealisasikan sistem penyearah enam pulsa dengan transformator pulsa berrasio 1:2 (60:120 lilitan).
- Pengujian arus pemicu menunjukkan bahwa rangkaian gate driver mampu menghasilkan arus puncak antara 1,45 A hingga 1,76 A per saluran, nilai ini berada di bawah batas maksimum IGM komponen TYN1225 sebesar 4 A, sehingga seluruh enam SCR dapat terpicu pada setiap siklus operasi.
- Variasi waktu pemicu yang diprogram oleh mikrokontroler pada kondisi delay 0 μ s, tegangan terukur mencapai 106,2 VDC dengan kesalahan hanya 0,69% terhadap nilai teoritis 106,94 VDC angka ini membuktikan keakuratan sistem kendali digital pada kondisi penyalan minimum.
- Pada sistem tegangan jala-jala 380 VAC, perubahan waktu tunda pemuncan digital yang diatur mulai dari 0 μ s hingga 2700 μ s berhasil menghasilkan tegangan keluaran searah yang stabil pada output beban lampu halogen, dari magnitudo tertinggi 528 V hingga mencapai nilai terendah 333 VDC, dengan simpangan terhadap nilai teoritis berkisar antara 0,1% hingga 2,8% di seluruh titik uji.
- Pengujian sinkronisasi ZCD terhadap keluaran pemuncan SCR menunjukkan offset sudut dasar 34,6° pada perintah 0°, bersumber dari selisih fasa 30° antara referensi tegangan Y pada ZCD dan tegangan Δ pada jembatan SCR ditambah *propagation delay* perangkat keras. Pada perintah sudut 120°, terukur sudut aktual 205,4° yang mengindikasikan aktifnya mekanisme proteksi *anti-commutation failure* pada firmware, pemutusan otomatis pulsa penyalan SCR siklus ke-6 ketika akumulasi waktu interupsi melampaui 20.000 μ s.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5.2 Saran

Beberapa hal penting yang dapat direkomendasikan untuk pengembangan sistem penyearah terkendali ini pada penelitian selanjutnya antara lain:

1. Menambahkan variasi pembebanan yang lebih dinamis, seperti beban induktif murni (komponen motor DC) atau beban kapasitif, untuk menguji stabilitas sistem kendali fasa secara lebih menyeluruh.
2. Sistem saat ini hanya memiliki proteksi dasar berupa sekering dan deteksi kehilangan fasa. Penambahan proteksi overcurrent berbasis sensor arus (seperti ACS712) yang terintegrasi dengan logika mikrokontroler akan membuat trainer kit ini lebih aman dioperasikan oleh mahasiswa dalam lingkungan laboratorium, terutama saat beban mengalami hubung singkat.
3. Penelitian tidak membahas gangguan kualitas daya berupa analisis harmonisa tingkat lanjut maupun pengujian karakteristik beban non-resistif secara mendalam.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Baihaqi, M. A. (2021). *BAHAN AJAR ELEKTRINIK DAYA*.
- Bird, J. (2007). *Electrical & Electronic Principles & Technology*.
[http://straniks.ddns.is74.ru/pub/EEL/Data/Теоретические_основы_электротехники/Bird J. Electrical and Electronic Principles and Technology.pdf](http://straniks.ddns.is74.ru/pub/EEL/Data/Теоретические_основы_электротехники/Bird_J._Electrical_and_Electronic_Principles_and_Technology.pdf)
- Collins, S. P., Storrow, A., Liu, D., Jenkins, C. A., Miller, K. F., Kampe, C., & Butler, J. (2021). *Power Electronics Handbook* (Vol. 1, Number 2020).
- Datasheet - SCR STMicroelectronics*. (2014). (August), 1–11.
- Effendi, & Fitriady. (2023). Design and Application SCR Trigger Circuit for Three-phase Half-wave Controlled Rectifier with Resistive Load. *Jurnal Inovasi Teknologi Dan Rekayasa*, 8(2), 246–256.
<https://doi.org/10.31572/inotera.Vol8.Iss2.2023.ID249>
- Ikram, F. D. (2024). Controlled Circuit for Three-Phase Characteristics Control of Shunt Direct Current Motor. *Journal of Marine Electrical and Electronic Technology*, 1(1).
- Kurnia, Y., & Sie, J. L. (2019). Prototype of Warehouse Automation System Using Arduino Mega 2560 Microcontroller Based on Internet of Things. *Bit-Tech*, 1(3), 122–128. <https://doi.org/10.32877/bt.v1i3.78>
- Lestari, T. J., Syahban, R., & Utama, A. (2026). Analisis Kinerja Penyearah Terkontrol Gelombang Penuh Tiga Fasa Menggunakan Thyristor Berbasis Simulasi MATLAB / Simulink. *Jurnal Ilmiah Penelitian Mahasiswa (JIPM)*, 4(2), 156–170. <https://doi.org/10.61722/jipm.v4i2.2248>
- Manap, A. (2024). Assessment and Performance Analysis of a Full-Wave Three-Phase Uncontrolled Rectifier in Powering a Single-Phase DC Motor. *Journal of Marine Electrical and Electronic Technology*, 1(1).
- Rashid, M. H. (n.d.). *Electrical Machines, Drives, and Power Systems 5E*.
- Sinuraya, K. E., Sinaga, D. J., & Simarmata, J. P. (2025). Analisis Pengendalian Kecepatan Motor DC Menggunakan Penyearah Terkendali Berbasis Simulasi MATLAB/Simulink. *Journal Sains Student Research*, 3(6), 857–863.
- Tarmizi. (2010). *Desain Sistem Kontrol Sudut Penyalaan Thyristor Komutasi*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Jaringan Berbasis Mikrokontroler PIC 16F877. 9(1).

- Theodore, W. (2006). *Electrical Machines, Drives And Power Systems*, 6/E.
- Usman, Azis, F., Wirana, A., & Habibuddin, R. (2017). Perancangan dan Pembuatan Trainer Penyearah Terkendali 3 Fasa. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 5(1), 26–35.
- Wulandari, D. N., Pracoyo, A., & Sungkono. (2023). Rancang Bangun Rangkaian Pengatur Kecepatan Motor DC dengan Penyearah Terkendali 3 Fasa. *Jurnal Elkolind*, 10(9), 60–67.
- Yanto, P. D. T., Astrid, E., Hidayat, R., & Islami, S. (2019). *Analisis Uji Kelayakan Trainer Kit Elektronika Daya : 3 Phase Half-Wave and Full-Wave Uncontrolled Rectifier*. 121–125.
- Yusuf, A., Tohir, T., & Santoso, Y. (2020). *Simulasi Pengendali Sudut Fasa Pada Rangkaian Penyearah Terkendali Dengan Arduino Berbasis Proteus*. 13–14. <https://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/proceeding/article/view/4336%0Ahttps://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/proceeding/article/download/4336/2900>
- Zhou, Z., Song, J., Yu, Y., Xu, Q., & Zhou, X. (2023). Research on High-Quality Control Technology for Three-Phase PWM Rectifier. *Electronics (Switzerland)*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/electronics12112417>

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS



Satriyo Wibowo

Lahir di Depok pada tanggal 23 Juli 2004. Penulis mengawali pendidikan di Sekolah Dasar Negeri 03 Pengasinan dan lulus pada tahun 2016. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama Negeri 14 Depok sampai tahun 2019 dan menamatkan bangku Sekolah Menengah Kejuruan Triguna Utama Tangerang Selatan pada tahun 2022. Pada tahun yang sama,

penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Politeknik Negeri Jakarta. Selama menjalani masa perkuliahan, penulis aktif mengikuti kegiatan akademik yang ada dikampus seperti Seminar Nasional Teknik Elektro (SNTE), menjadi moderator pada Kuliah Umum TL-TOLI dan mengikuti kegiatan Pengabdian Masyarakat menjadi pemateri untuk masyarakat Beji Timur. Pada bulan Juli 2025 – Oktober 2025 penulis mengikuti program magang pada divisi Mekanik Kontrol di PT. SINAR METRINDO PERKASA dan melanjutkan magang pada bulan November 2025 – Februari 2026 di PT. PPPSRS (Apartemen Botanica) pada divisi *Electrical Engineer*.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta





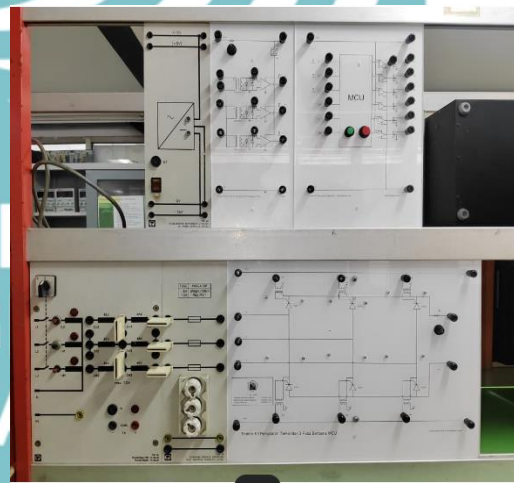
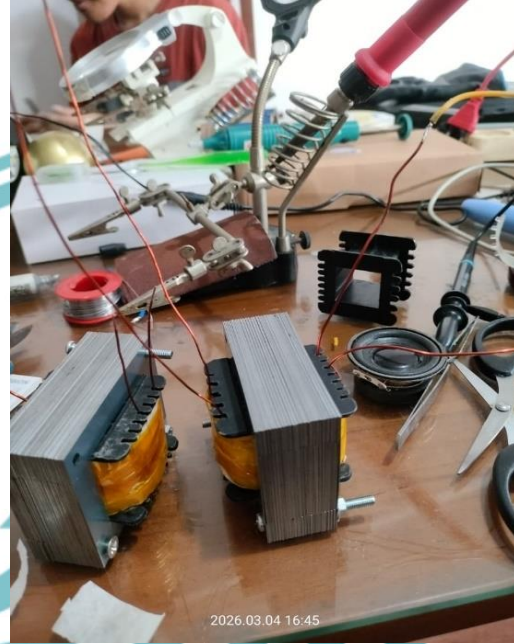
© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

L-1 Dokumentasi





L-2 Jobshett

PENGUJIAN PENYEARAH 3 FASA GELOMBANG PENUH TERKENDALI (BEBAN RESISTIF)

1. TUJUAN

1. Mengoperasikan perangkat keras penyearah 3 fasa terkendali dengan masukan tegangan 3 fasa 380 VAC yang sudah di turunkan secara aman.
2. Menganalisis pengaruh perubahan sudut penyalaan (α) terhadap magnitudo tegangan keluaran searah (V_{dc}).
3. Mengamati karakteristik fisik pembebanan resistif murni menggunakan lampu pijar berdasarkan regulasi tegangan.
4. Membandingkan nilai tegangan keluaran hasil perhitungan teoritis dengan hasil pengukuran empiris.

2. DAFTAR PERALATAN

Jumlah	Nama Peralatan / Komponen	Keterangan / Spesifikasi
1 Set	Trainer Kit Penyearah 3 Fasa Terkendali	Modul ZCD, MCU & Gate Driver, dan Trasformator pemacu & Penyearah
1 Set	Modul Beban Resistif (R)	Lampu Pijar
1 Unit	Osiloskop	Pengukuran tegangan dan arus DC beban
1 Set	Kabel Penghubung Daya (<i>Banana Plug</i>)	Rating isolasi tinggi

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Jumlah	Nama Peralatan / Komponen	Keterangan / Spesifikasi
1 Unit	Sumber Tegangan 3 Fasa	380 VAC jala-jala laboratorium

3. DASAR TEORI

Penyearah jembatan tiga fasa gelombang penuh terkendali menggunakan enam buah *Silicon Controlled Rectifier* (SCR) untuk mengubah daya arus bolak-balik (AC) tiga fasa menjadi arus searah (DC). Besarnya daya yang disalurkan ke beban bergantung pada kapan SCR tersebut diaktifkan atau dipicu dalam satu siklus gelombang.

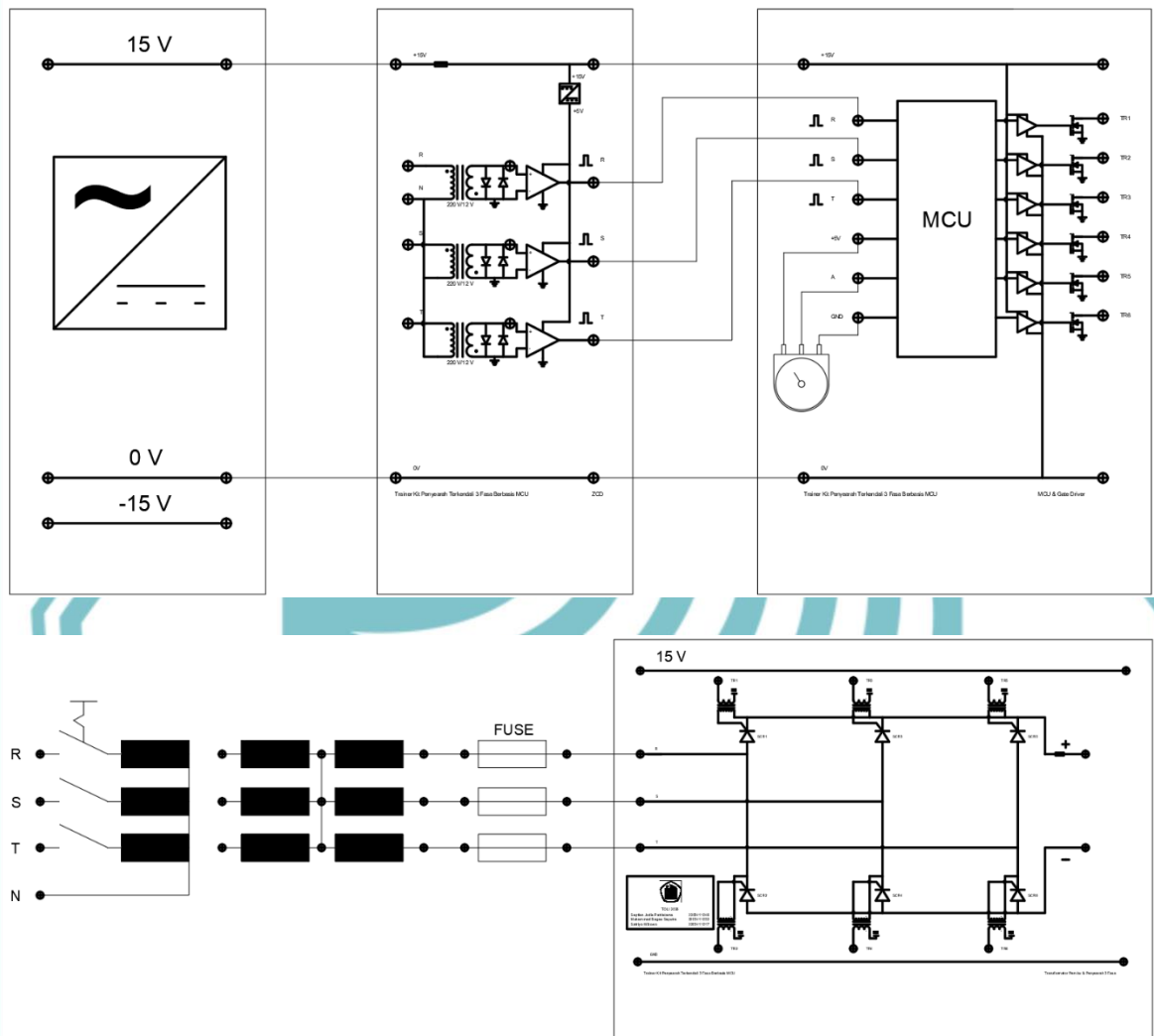
Titik pemicuan ini dinyatakan dalam derajat kelistrikan sebagai sudut alfa (α). Jika pembebanan yang digunakan adalah beban resistif murni (seperti lampu pijar), maka arus yang mengalir akan selalu sefasa dengan tegangannya. Besarnya nilai tegangan keluaran DC rata-rata (V_{dc}) pada penyearah jembatan tiga fasa gelombang penuh dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} V_{L-L} \cos \alpha$$

di mana V_{L-L} adalah tegangan puncak fasa Line to Line dari masukan sumber AC tiga fasa.

Berdasarkan persamaan tersebut, semakin besar waktu tunda sudut penyalaan α , maka nilai tegangan searah V_{dc} akan semakin menurun, yang secara visual akan ditunjukkan oleh meredupnya intensitas cahaya pada beban lampu pijar.

4. DIAGRAM RANGKAIAN



Gambar 1.1 Diagram rangkaian penyearah 3 fasa gelombang penuh.

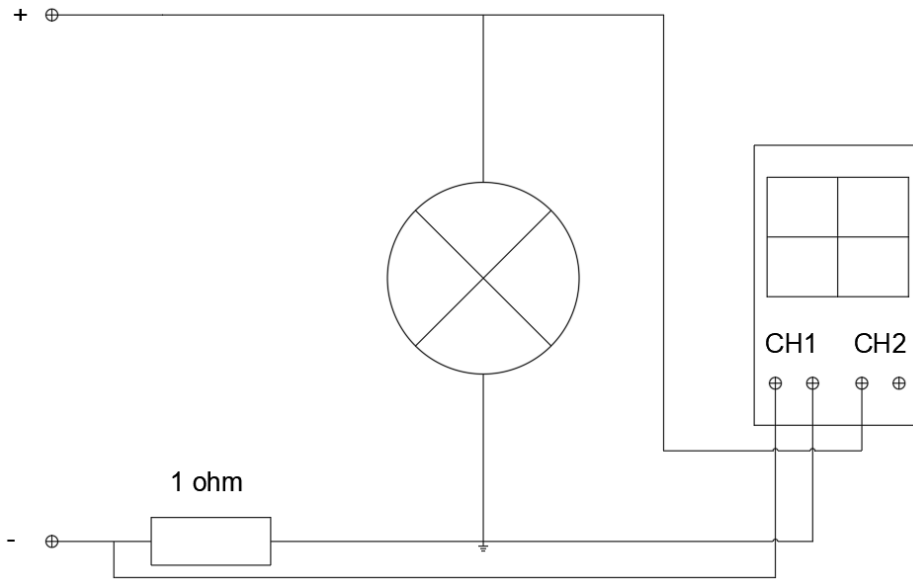
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 1.2 Diagram rangkaian beban R (lampu pijar) penyearah 3 fasa gelombang penuh.

5. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Rangkai terminal keluaran positif (+) dan negatif (-) dari modul penyearah menuju terminal beban.
2. Pasang probe Osiloskop seperti yang ada di rangkaian
3. Aktifkan modul kendali mikrokontroler terlebih dahulu. Pastikan potensiometer berada pada posisi sudut penyalan paling besar (kondisi di mana tegangan keluaran diproyeksikan paling rendah/minimum).
4. Nyalakan sumber daya tegangan 3 fasa pada meja (380 VAC), lalu putar saklar modul Transformator *step-down* 3 fasa menjadi on.
5. Putar potensiometer untuk menurunkan sudut α secara perlahan dan bertahap.
6. Catat nilai tegangan (V_{dc}) dan arus (I_{dc}) pada tabel pengamatan untuk setiap titik perubahan sudut penyalan yang diamati.
7. Amati dan catat kondisi visual intensitas cahaya lampu pijar pada setiap titik perubahan tersebut.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

8. Setelah pengamatan selesai, kembalikan potensiometer ke posisi semula (tegangan minimum), matikan saklar modul Transformator *step-down* 3 fasa, matikan modul kendali, dan lepas seluruh rangkaian kabel.

6. TUGAS DAN PERTANYAAN

1. Dengan mengasumsikan tegangan masukan jala-jala bernilai konstan, hitunglah nilai V_{dc} teoritis berdasarkan rumus pada Dasar Teori untuk setiap titik penyalan yang Anda amati!
2. Salin dan lengkapi Tabel Data Pengamatan berikut berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan Anda. Hitunglah nilai Daya Aktual yang diserap beban lampu pijar menggunakan rumus $P = V_{dc_ukur} \times I_{dc_ukur}$!
3. Hitunglah persentase selisih (*error*) antara nilai tegangan V_{dc} teoritis dengan V_{dc} hasil pengukuran empiris pada setiap sudut α ! Analisis faktor-faktor apa saja yang menyebabkan terjadinya selisih tegangan tersebut di dalam perangkat keras penyearah nyata!
4. Buatlah grafik karakteristik pengaturan tegangan searah, $V_{dc} = f(\alpha)$ dan grafik karakteristik daya beban, $P = f(\alpha)$ berdasarkan data yang Anda peroleh!
5. Berdasarkan perhitungan daya (Watt) pada tabel, lakukan analisis mengenai hubungan fungsional antara besaran sudut penyalan α , daya listrik yang diserap oleh beban resistif, dan kondisi fisik (redup/terangnya cahaya) yang terlihat pada lampu pijar selama praktikum!



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

PENGUJIAN KARAKTERISTIK PENYAKLARAN MOSFET PADA TRANSFORMATOR PEMICU GATE SCR

1. TUJUAN

1. Mengamati dan mengukur karakteristik gelombang tegangan penyaklaran pada sakelar MOSFET IRF540N selama beroperasi.
2. Memverifikasi durasi lebar pulsa pemicuan (waktu saturasi) yang dihasilkan oleh sistem mikrokontroler.
3. Menangkap dan menganalisis fenomena lonjakan tegangan induktif (*inductive kickback spike*) saat sakelar mengalami pemutusan arus.
4. Memahami prinsip desain isolasi galvanis dan pembatasan akses pengukuran demi standar keselamatan kerja pada sirkuit bertegangan tinggi.

2. DAFTAR PERALATAN

Jumlah	Nama Peralatan / Komponen	Keterangan / Spesifikasi
1 Set	Modul Kendali Trainer Kit	Unit Mikrokontroler, Trafo Pulsa, Panel Konektor
1 Unit	Sumber Tegangan DC	<i>Power Supply</i> 15 VDC
1 Unit	Osiloskop	Minimal 50 MHz
1 Buah	<i>Probe</i> Osiloskop	10X / 1X
1 Buah	Kabel Penghubung (<i>Banana Jumper</i>)	Tipe <i>Stackable</i> (dapat ditumpuk/ditusuk)

3. DASAR TEORI

Pada sistem penyearah terkendali skala industri, penyaluran pulsa pemicuan menuju terminal gerbang (*gate*) SCR wajib terisolasi secara galvanis menggunakan transformator pulsa. Pada sisi kendali, satu ujung lilitan primer transformator dihubungkan ke rel catu daya (+15 VDC), sementara ujung lainnya dihubungkan ke referensi tanah (GND) melalui sakelar semikonduktor MOSFET IRF540N.



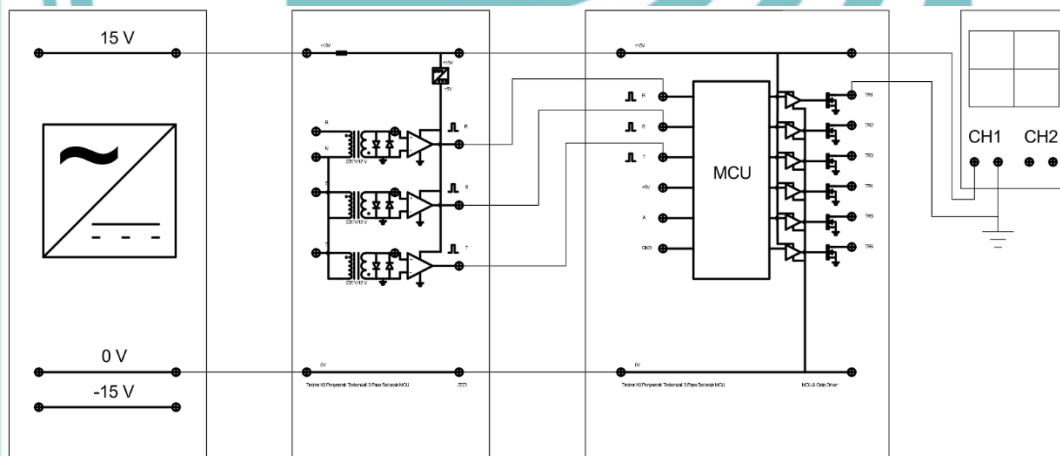
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Ketika MOSFET dikomando untuk berada dalam kondisi saturasi (*ON*), arus mengalir memotong lilitan primer transformator untuk diinduksikan ke sisi sekunder berupa pulsa pemicuan berdurasi singkat ($50 \mu s$). Sebaliknya, ketika MOSFET diputus (*OFF*), pemutusan arus secara mendadak pada kumparan induktif memicu pelepasan energi dalam bentuk lonjakan tegangan transien (*spike*) yang berayun melampaui level catu daya +15 VDC.

Modul *Trainer Kit* ini dirancang dengan standar keselamatan ketat. Desain membatasi titik ukur terbuka (*test point*) murni hanya pada level tegangan rendah di sisi primer transformator. Titik ukur untuk sisi sekunder transformator sengaja dihilangkan karena terminal sekunder tersebut terhubung langsung dengan katoda SCR yang dialiri langsung tegangan jala-jala 3 fasa saat beroperasi penuh.

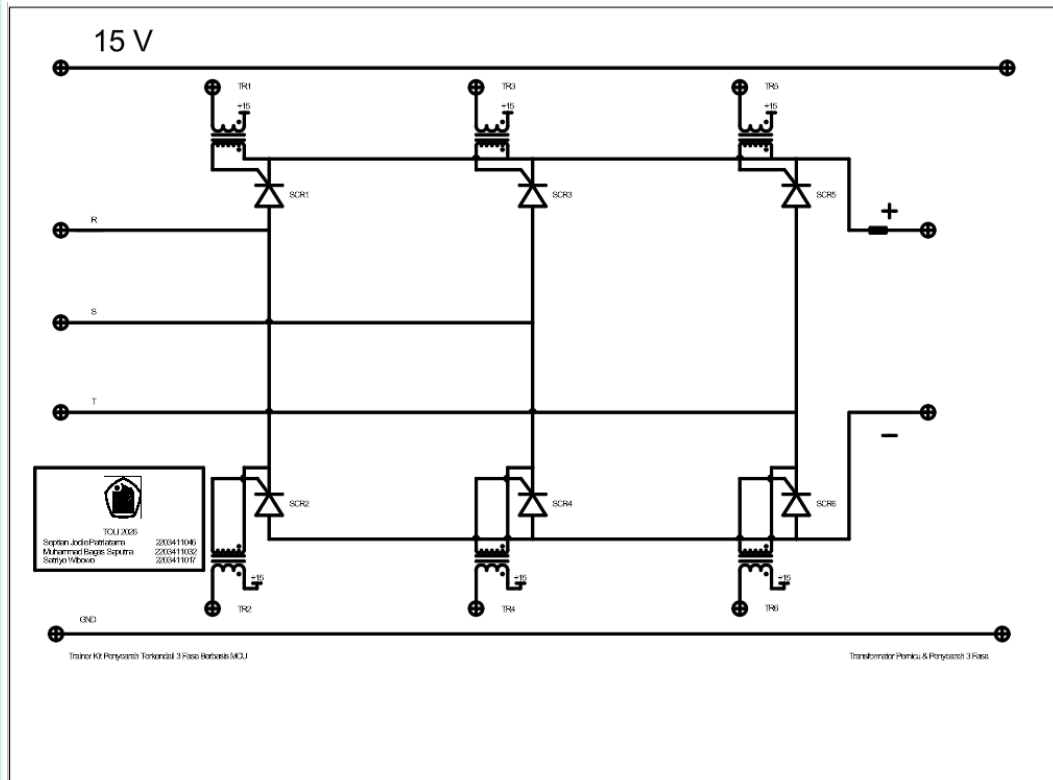
4. DIAGRAM RANGKAIAN





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2.1 Diagram rangkaian Pengujian Karakteristik MOSFET pada trafo pemicu gate SCR

5. PROSEDUR PERCOBAAN

Sepanjang percobaan Jobsheet ini, sumber tegangan jala-jala 3 fasa **TIDAK BOLEH** dihubungkan ke dalam modul penyearah SCR (hanya input modul ZCD saja yang masuk tegangan jala-jala). Pengujian murni hanya menggunakan catu daya 15 VDC.

1. Berikan catu daya 15 VDC pada modul ZCD, MCU & Gate driver, dan Transformator pemicu & Penyearah 3 fasa. Lalu rangkai seperti Digambar, pastikan kabel *jumper banana* telah terpasang untuk menyambungkan lilitan primer trafo ke sakelar MOSFET (pastikan urutannya sesuai TR1 ke TR1).
2. Nyalakan Osiloskop dan atur pada mode *DC Coupling*.
3. Hubungkan ujung *Probe* Osiloskop ke terminal sumber tegangan +15 VDC, dan jepitkan kabel *ground probe* ke terminal soket *banana* sisi Drain MOSFET.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. Amati bentuk gelombang tegangan pulsa persegi yang terbentuk pada layar osiloskop. (*Jika gelombang tampak berjalan, atur mode Trigger osiloskop ke Normal atau sesuaikan level Trigger-nya*).
5. Ukur dan catat nilai lebar pulsa saat gelombang berada di titik minimum (Kondisi MOSFET *ON*). Buktikan apakah lebarnya presisi di angka $50 \mu s$.
6. Hitung dan catat level tegangan saat gelombang berada di titik minimum (Kondisi MOSFET *ON*) dan level tegangan maksimum konstan (Kondisi MOSFET *OFF*).
7. Ubah pengaturan *Timebase* (SEC/DIV) pada osiloskop ke orde mikrodetik (μs) dan fokuskan tampilan pada titik transisi ketika gelombang baru saja bergerak naik.
8. Tangkap gambaran visual lonjakan tegangan induktif (*inductive spike*) yang muncul, lalu ukur nilai tegangan puncaknya.
9. Lakukan prosedur 4-8 ke masing-masing MOSFET (TR1 sampai TR6).

6. TUGAS DAN PERTANYAAN

1. Buatlah Tabel Data Hasil Pengamatan. Tabel tersebut wajib memuat parameter: lebar pulsa aktual (μs), level tegangan penyaklaran terendah dan tertinggi (Volt), magnitudo tegangan puncak transien/*spike* (Volt), serta sketsa bentuk gelombang transien (lengkapi dengan nilai VOLTS/DIV dan SEC/DIV).
2. Berdasarkan data pengamatan, berapakah magnitudo tegangan puncak transien (*spike*) tertinggi yang terjadi saat MOSFET beralih ke kondisi putus (*OFF*)? Lakukan evaluasi mengapa lonjakan tegangan di atas 15 VDC tersebut tidak memicu kerusakan fisik pada MOSFET! (*Petunjuk: Tinjau spesifikasi batas tegangan breakdown V_{DSS} pada datasheet IRF540N*).
3. Jelaskan secara fisis bagaimana kemunculan fenomena lonjakan tegangan induktif di sisi primer ini dapat menjadi bukti konklusif bahwa proses perpindahan energi magnetik ke sisi sekunder transformator pulsa telah berhasil terjadi!
4. Mengapa titik ukur terbuka (*banana plug*) untuk mengamati pulsa pemicuan pada sisi sekunder transformator sengaja tidak disediakan pada panel alat ini?

Jelaskan kaitannya dengan standar perlindungan bahaya listrik saat sistem dihubungkan ke tegangan jala-jala 3 Fasa!



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

PENGUJIAN CARA KERJA KOMPONEN-KOMPONEN ZERO CROSSING

1. TUJUAN

1. Memahami fundamental komponen elektronika.
2. Menganalisis rangkaian internal ZCD terhadap tegangan keluaran ZCD.
3. Menganalisis pengaruh respon waktu ZCD terhadap tegangan keluaran ZCD.

2. DAFTAR PERALATAN

Jumlah	Nama Peralatan / Komponen	Keterangan / Spesifikasi
1 Set	Power Supply	15 VDC
1 Set	Modul ZCD	ZCD 3 fasa
1 Unit	Osiloskop	Pengukuran sudut tegangan dan tegangan
1 Set	Jumper	Jembatan jumper warna putih
1 Set	Kabel Penghubung Daya (<i>Banana Plug</i>)	Rating isolasi tinggi
3 Unit	Transformator CT 1A	Step down tegangan dan insulasi tegangan



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. DASAR TEORI

Arus Bolak-Balik (AC - Alternating Current) dari listrik memiliki karakteristik gelombang sinusoida kontinu yang nilainya berubah terhadap fungsi waktu t .

$$V(t) = V_{\text{peak}} \cdot \sin(\omega t + \phi)$$

Dimana V_{peak} adalah tegangan puncak $\sqrt{2} \cdot V_{\text{rms}}$, ω adalah frekuensi sudut $2\pi f$ dan ϕ adalah fase awal gelombang. Dalam satu siklus penuh 360° atau 2π radian, gelombang sinusoida akan melewati titik tegangan 0 Volt sebanyak dua kali, yaitu pada sudut fase 0° atau 180° dan 360° . Titik transisi ketika tegangan berganti polaritas dari positif ke negatif, atau sebaliknya dari negatif ke positif, disebut sebagai Titik Lintasan Nol (Zero Crossing Point).

Mengoperasikan perangkat keras ZCD yang terhubung langsung ke PLN 220V AC sangat berbahaya karena tidak adanya batasan arus yang mengisolasi manusia maupun instrumen ukur (seperti osiloskop) dari *Ground* bumi. Untuk mencapai pengoperasian yang aman, sistem masukan ZCD wajib diturunkan tegangannya menggunakan teknik penurunan tegangan terisolasi.

Fungsi utama sebuah Op-Amp adalah mengukur selisih (diferensial) tegangan antara input non-inverting V_+ dan input inverting V_- , kemudian mengalikannya dengan faktor penguatan terbuka yang disebut Open-Loop Gain A_{OL} .

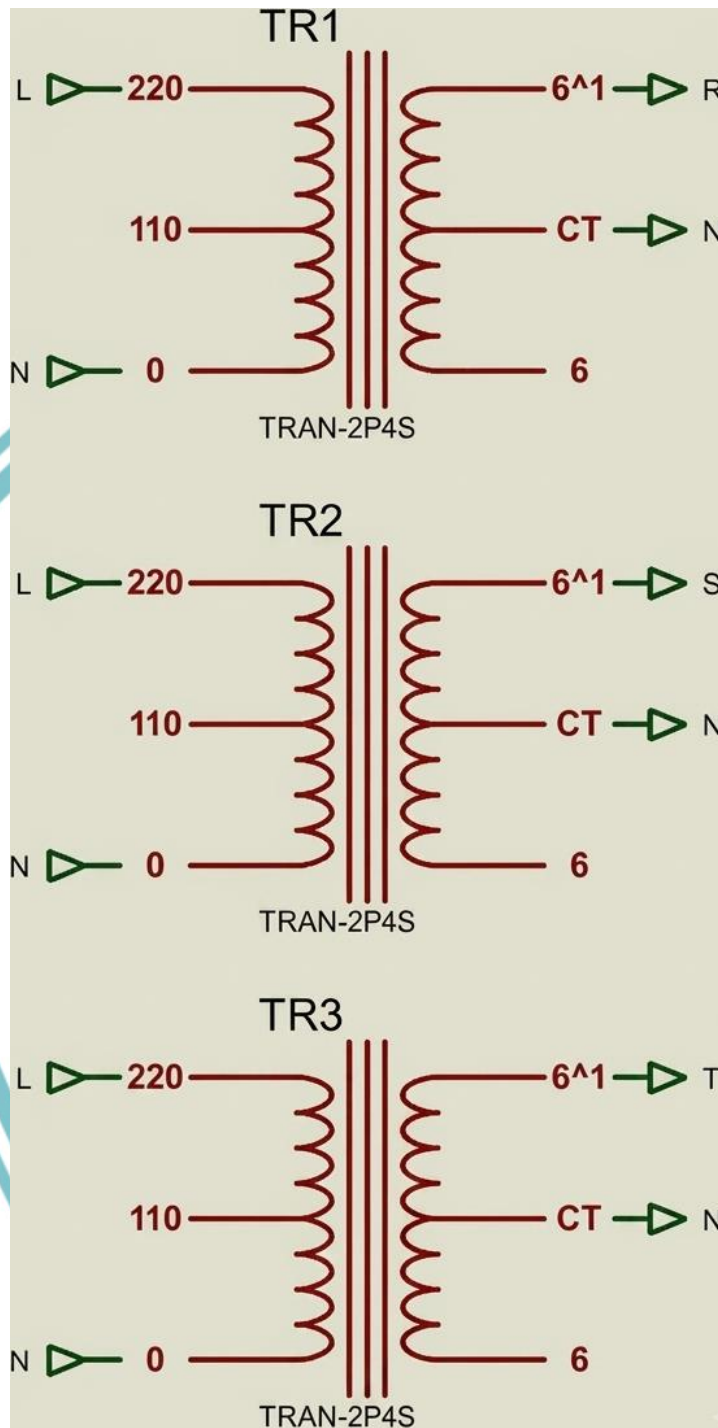
$$V_{\text{out}} = A_{OL} \times (V_+ - V_-)$$



4. DIAGRAM RANGKAIAN

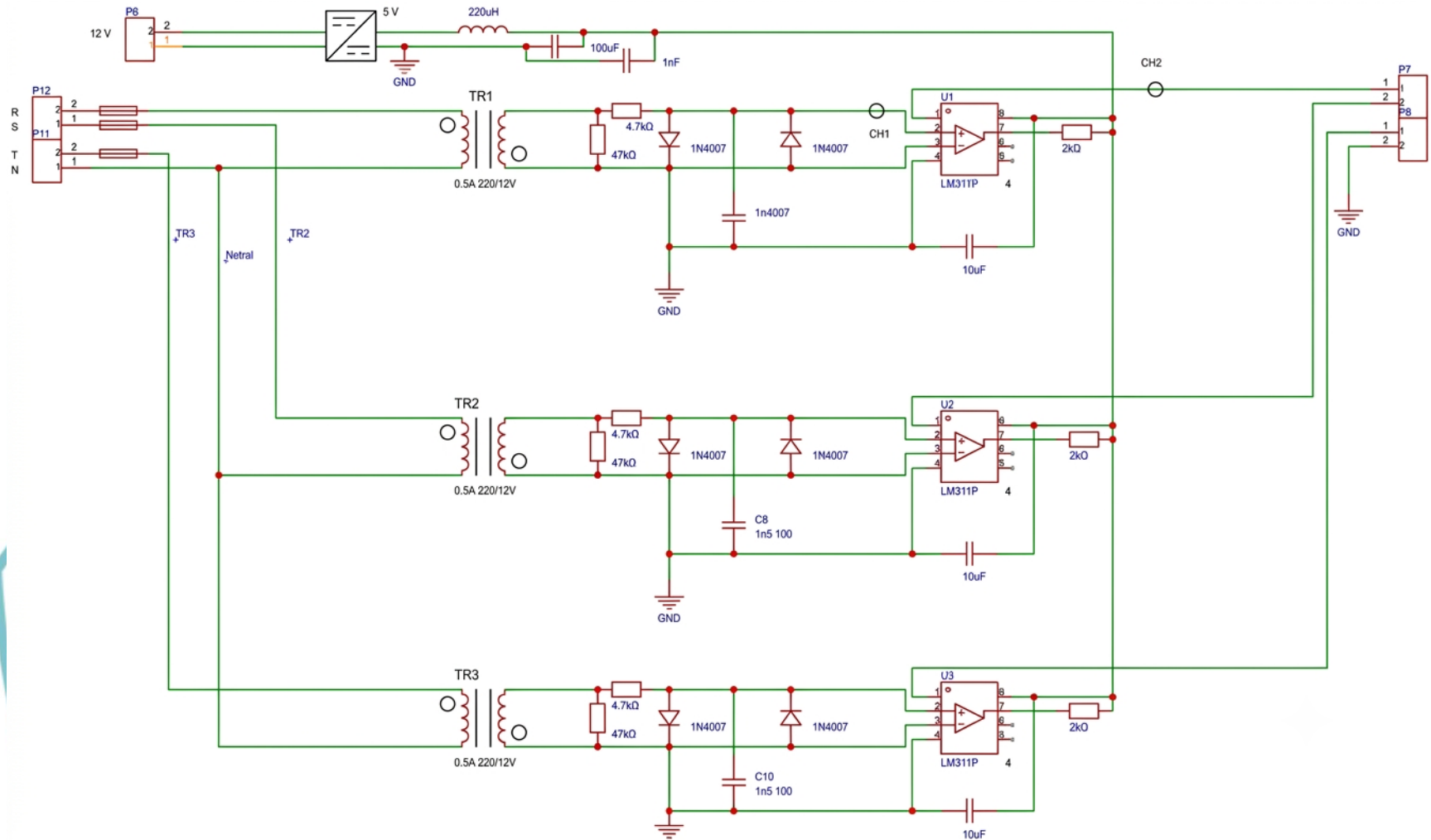
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 1.1 Diagram Rangkaian Transformator

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan karya lain yang tidak merugikan hak-hak cipta yang bersangkutan
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang meminumkan dan memodifikasi sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun



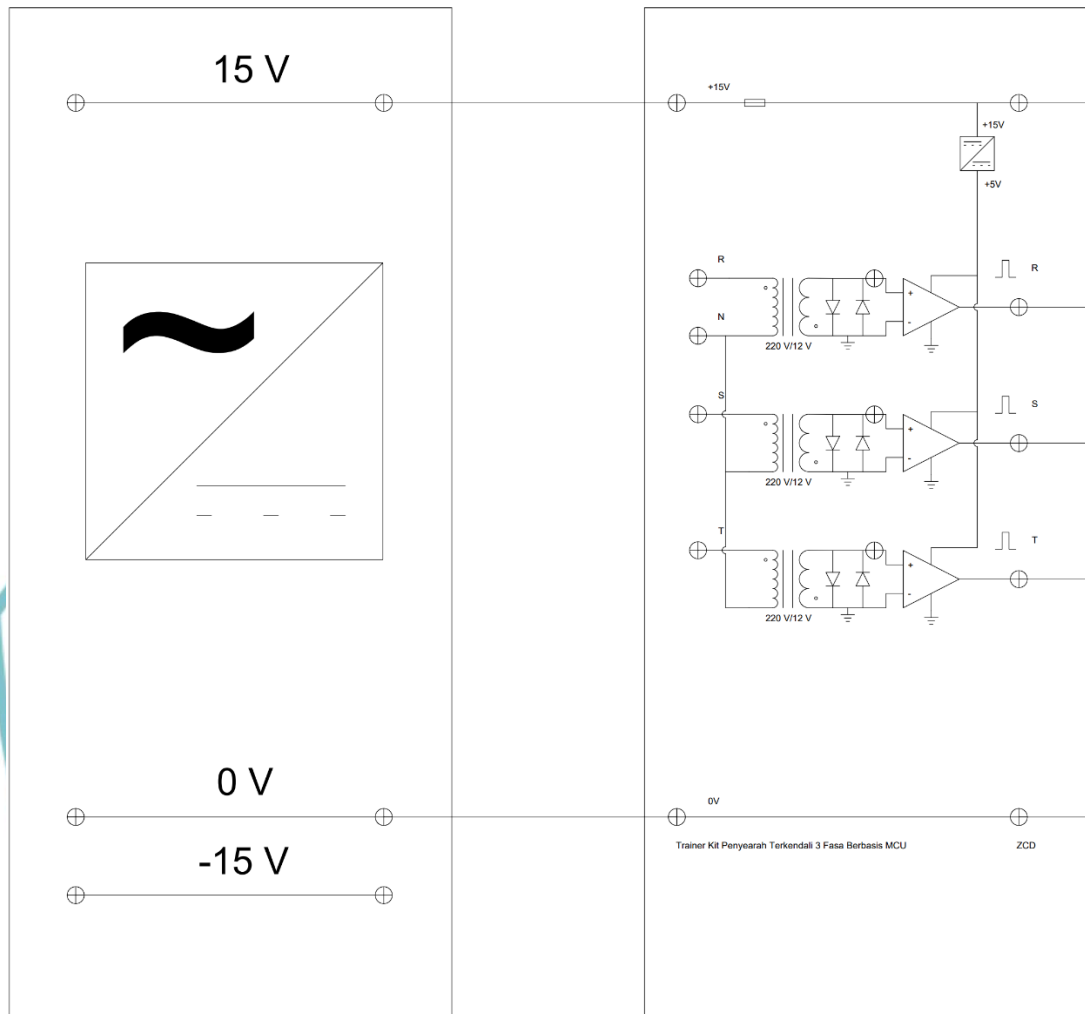
Gambar 1.2 Diagram Rangkaian Internal ZCD



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



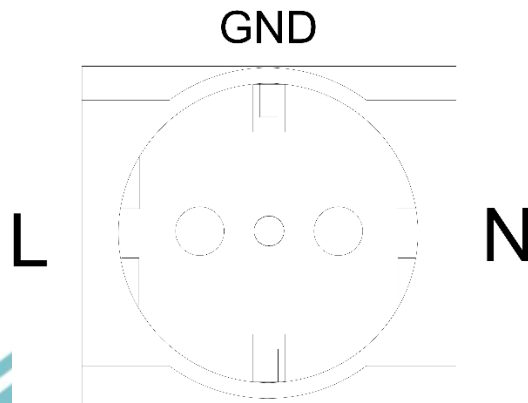
Gambar 1.3 Diagram Rangkaian Modul ZCD



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 1.4 Diagram Kotak Kontak Meja





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Hubungkan terminal keluaran positif (+) dan negatif (-) dari PSU ke terminal daya ZCD.
2. Hubungkan tiga transformator pada terminal keluaran 6V (6¹) dari fasa R, S, dan T ke terminal masukan (input) R, S, dan T pada ZCD, serta terminal netral (CT) transformator ke terminal N pada ZCD.
3. Pasang dua probe osiloskop dan atur (set) pelemahan ke 10x pada probe dan osiloskop.
4. Hubungkan probe 1 ke terminal keluaran (output) R Trafo, dan probe 2 ke terminal masukan (input) R ZCD.
5. Hubungkan probe ground (GND) osiloskop ke terminal GND ZCD.
6. Pasang sekering (fuse) pada terminal L (220V) transformator, lalu hubungkan sekering tersebut ke terminal L (kiri) pada kotak kontak (kotak kontak 1 pada meja merupakan fasa R, kotak kontak 2 fasa S, dan kotak kontak 3 fasa T).
7. Hubungkan terminal netral (0) transformator ke terminal netral (kanan) pada kotak kontak.
8. Nyalakan sumber daya tegangan tiga fasa pada meja kerja, lalu ubah saklar PSU ke posisi ON.
9. Amati dan catat bentuk gelombang pada keluaran (output) jalur R Trafo terhadap masukan (input) non invert OpAmp R, jika sudah probe 1 dan 2 bisa dipindahkan ke jalur S dan catat bentuk gelombang jalur S Trafo terhadap masukan (input) non invert OpAmp S, lanjutkan pengukuran hingga data dari semua jalur R, S, dan T sudah didapatkan.
10. Setelah pengamatan 1 selesai, lanjutkan pengamatan 2 dengan pindahkan probe1 ke masukan (input) non invert OpAmp dan probe2 ke keluaran (output) ZCD, lanjutkan pengukuran hingga data dari semua jalur R, S, dan T sudah didapatkan.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

11. Setelah pengamatan selesai, matikan saklar modul PSU, matikan sumber daya tegangan 3 fasa pada meja, dan lepas seluruh rangkaian kabel.

6. TUGAS DAN PERTANYAAN

1. Foto dan tampilkan hasil pengamatan 1 dan pengamatan 2 dari gambar osiloskop.
2. Buatlah tabel pengukuran yang mencakup hasil jarak waktu (μS) antara probe 1 dan 2 (pengukuran diukur dari kapan probe1 menunjukkan tegangan memasuki zona zero dan kapan probe2 menunjukkan tegangan ZCD mulai merespon) dan jelaskan apakah posisi dari probe2 itu leading atau lagging terhadap zona zero pada probe1 berdasarkan data yang Anda peroleh dari pengamatan 2!
3. Jelaskan kenapa anda tidak dapat tersetrum saat menyentuh keluaran trafo.
4. Jelaskan kenapa alat ukur osiloskop yang anda pakai tidak rusak saat mengukur tegangan gabungan AC-DC dan mengapa alat ukur osiloskopnya tetap bisa presisi membaca jenis keluaran tegangan yang berbeda AC-DC.
5. Jelaskan kenapa tegangan menurun setelah melewati rangkaian dioda, rangkaian apa itu, dan biasa dipakai untuk apa konfigurasi rangkaian dioda tersebut?
6. Jelaskan kenapa rangkaian OpAmp ini disebut penguatan saturasi, coba buktikan dengan rumus penguatan OpAmp.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

PENGUJIAN ZERO CROSSING TERHADAP SUDUT FASA TRANSFORMATOR

1. TUJUAN

1. Mengoperasikan perangkat keras ZCD dengan masukan AC tiga fasa yang sudah di turunkan secara aman.
2. Menganalisis pengaruh koneksi transformator terhadap tegangan keluaran transformator.
3. Menganalisis pengaruh perubahan sudut fasa transformator terhadap tegangan keluaran ZCD.

2. DAFTAR PERALATAN

Jumlah	Nama Peralatan / Komponen	Keterangan / Spesifikasi
1 Set	Power Supply	15 VDC
1 Set	Modul ZCD	ZCD 3 fasa
1 Unit	Osiloskop	Pengukuran sudut tegangan dan tegangan
1 Set	Jumper	Jembatan jumper warna putih
	Kabel	
1 Set	Penghubung Daya (<i>Banana Plug</i>)	Rating isolasi tinggi
3 Unit	Transformator CT 1A	Step down tegangan dan insulasi tegangan



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. DASAR TEORI

Transformator bekerja berdasarkan Hukum Induksi Elektromagnetik Faraday, di mana perubahan fluks magnetik pada kumparan primer menghasilkan gaya gerak listrik (GGL) induksi pada kumparan sekunder.

Ketika mengalirkan arus bolak-balik $i_p(t)$ ke kumparan primer yang memiliki jumlah lilitan N_p , arus tersebut akan memaksa elektron bergerak memutar. Berdasarkan Hukum Ampere, arus yang mengalir dalam lintasan melingkar akan menghasilkan Gaya Gerak Magnet (F): $F = N_p \cdot i_p(t)$ GGM inilah yang menjadi "tekanan" awal untuk memompa medan magnet ke dalam inti besi.

Tepat ketika fluks magnetik yang berubah-ubah $\frac{d\phi}{dt}$ tersebut memotong kawat-kawat pada kumparan sekunder (N_s), atom-atom tembaga di kumparan sekunder mendadak merasakan perubahan medan magnet. Berdasarkan Hukum Induksi Faraday, perubahan fluks magnetik ini memaksa elektron-elektron bebas di kumparan sekunder untuk bergerak. Gaya yang memaksa elektron bergerak inilah yang disebut Gaya Gerak Listrik (GGL) Induksi (e_s):

$$e_s = -N_s \frac{d\phi}{dt}$$

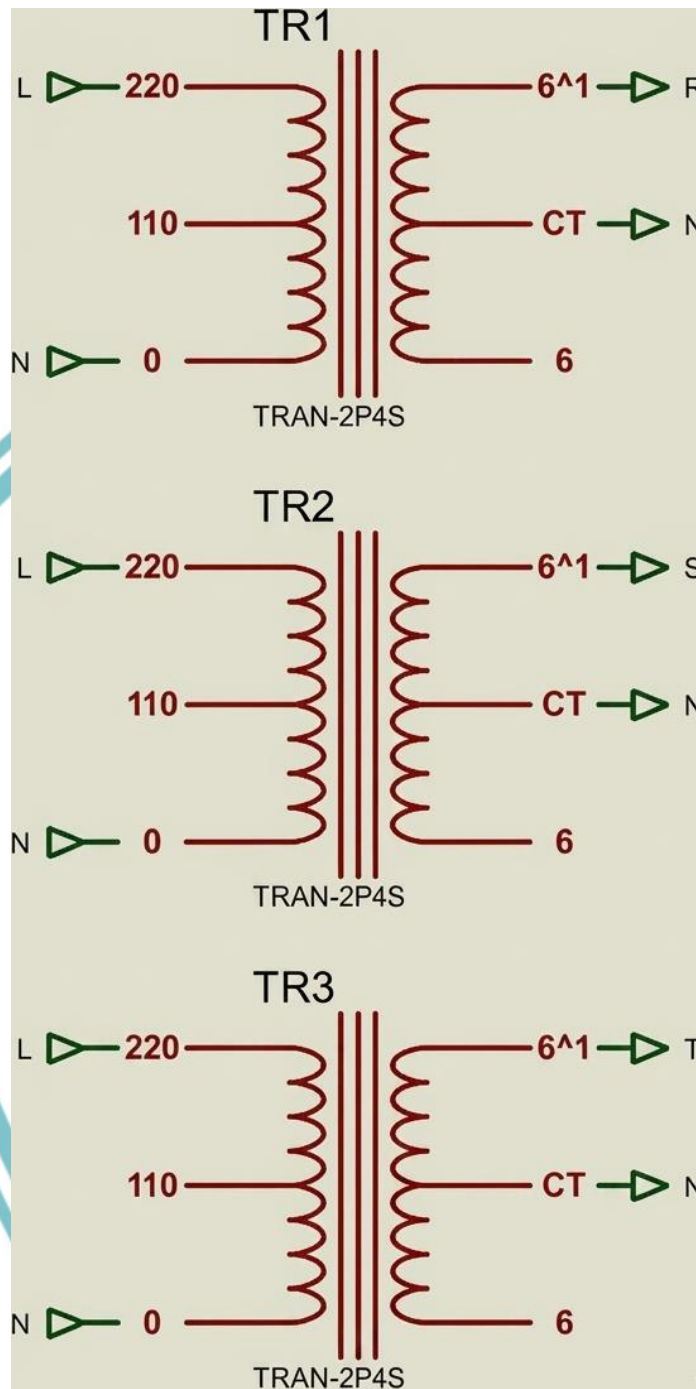
Arus dan tegangan bolak-balik (AC) secara periodik berubah arah dan magnitudo mengikuti fungsi sinusoida, di mana titik pergantian polaritas tersebut dikenal sebagai titik lintas nol (zero crossing). Secara matematis, idealnya gelombang tegangan AC dinyatakan sebagai $V(t) = V_m \sin(\omega t)$, di mana *zero crossing* terjadi tepat saat $t = n\pi/\omega t$ atau ketika nilai tegangan sama dengan nol volt.



4. DIAGRAM RANGKAIAN

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



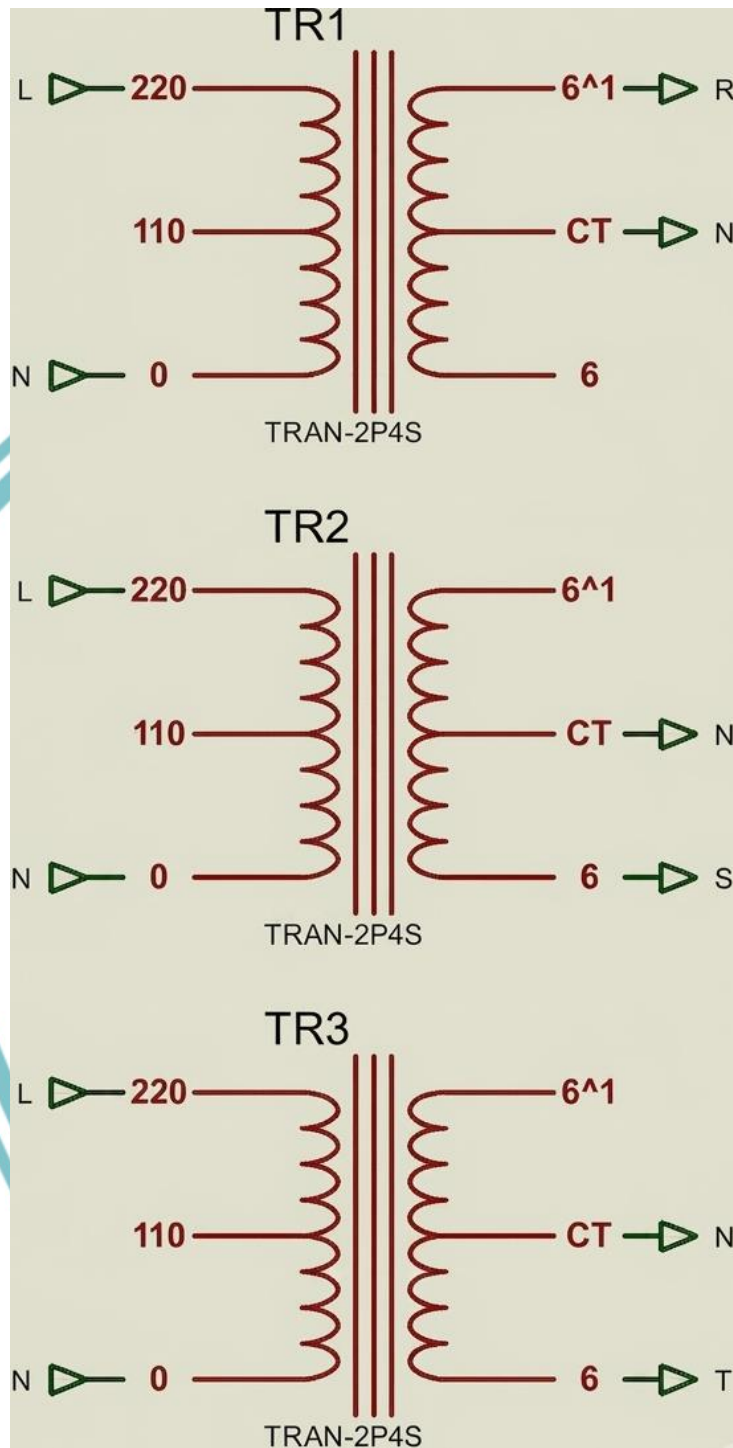
Gambar 1.1 Diagram Rangkaian 1a



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



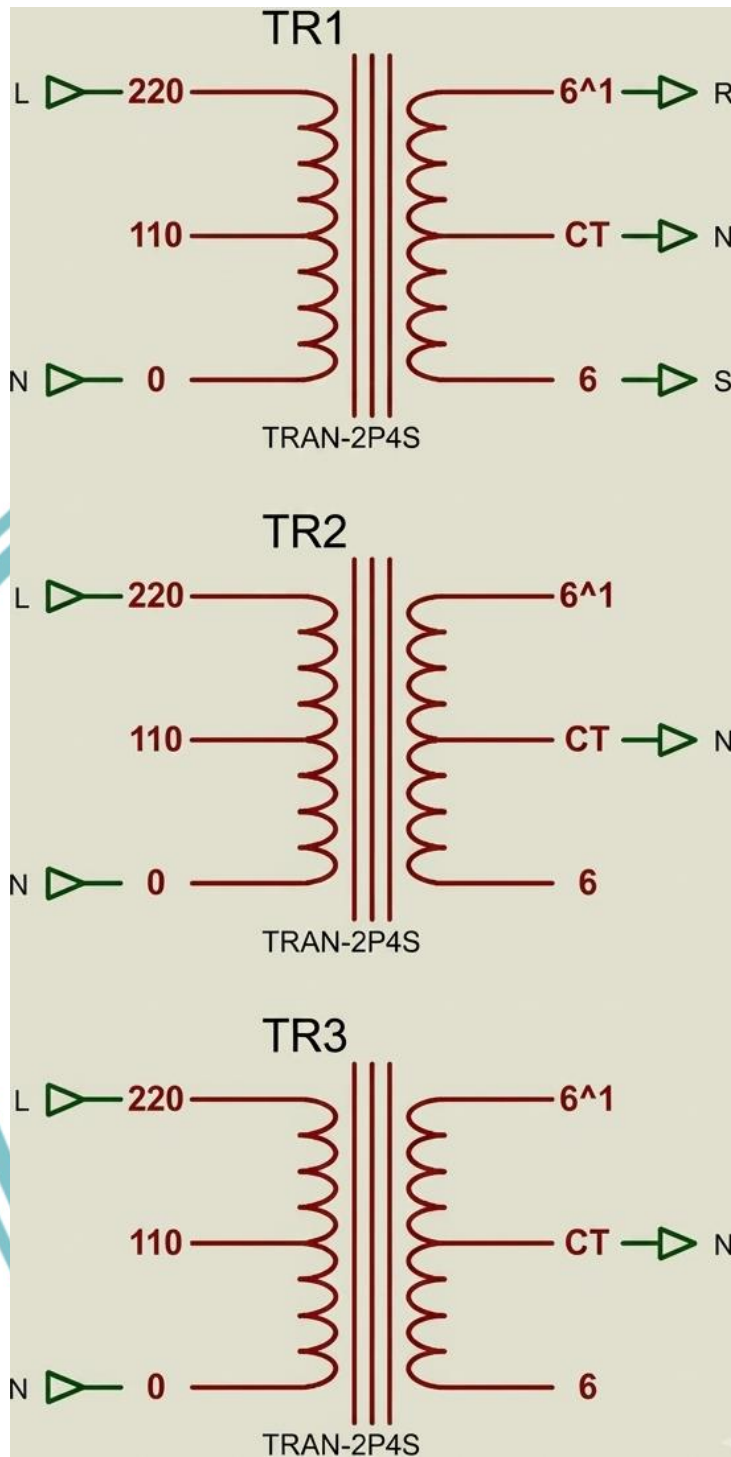
Gambar 1.2 Diagram Rangkaian 1b



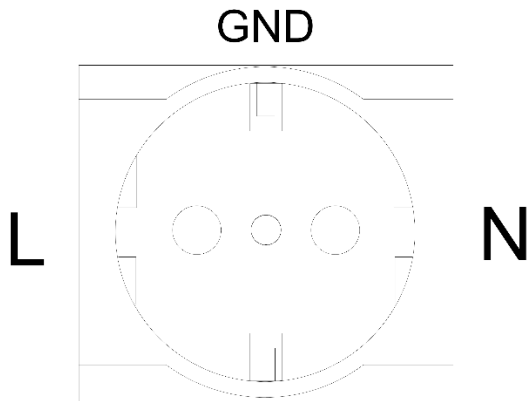
© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 1.3 Diagram Rangkaian 2



Gambar 1.4 Diagram Kotak Kontak Meja



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Hubungkan terminal keluaran positif (+) dan negatif (-) dari PSU ke terminal daya ZCD.
2. Hubungkan tiga transformator pada terminal keluaran 6V (6¹) dari fasa R, S, dan T ke terminal masukan (input) R, S, dan T pada ZCD, serta terminal netral (CT) transformator ke terminal N pada ZCD.
3. Pasang dua probe osiloskop dan atur (set) pelemahan ke 10x pada probe dan osiloskop.
4. Hubungkan probe 1 ke terminal keluaran (output) R ZCD, dan probe 2 ke terminal keluaran (output) S ZCD.
5. Hubungkan probe ground (GND) osiloskop ke terminal GND ZCD.
6. Pasang sekering (fuse) pada terminal L (220V) transformator, lalu hubungkan sekering tersebut ke terminal L (kiri) pada kotak kontak (kotak kontak 1 pada meja merupakan fasa R, kotak kontak 2 fasa S, dan kotak kontak 3 fasa T).
7. Hubungkan terminal netral (0) transformator ke terminal netral (kanan) pada kotak kontak.
8. Nyalakan sumber daya tegangan tiga fasa pada meja kerja, lalu ubah saklar PSU ke posisi ON.
9. Amati dan catat bentuk pulse pada setiap output ZCD jalur line R terhadap S, jika sudah probe2 bisa dipindahkan menjadi output T dan catat bentuk pulse jalur R terhadap T.
10. Setelah pengamatan rangkaian 1a selesai, rangkailah rangkaian 1b dan catat setiap output ZCD seperti no 9.
11. Setelah pengamatan rangkaian 1b selesai, rangkailah rangkaian 2 dan catat output ZCD R terhadap S.
12. Setelah pengamatan selesai, matikan saklar modul PSU, matikan sumber daya tegangan 3 fasa pada meja, dan lepas seluruh rangkaian kabel.

6. TUGAS DAN PERTANYAAN

1. Foto dan tampilkan hasil pengujian dari gambar osiloskop.
2. Buatlah tabel pengukuran yang mencakup hasil jarak waktu antar fasa (uS) berdasarkan data yang Anda peroleh!



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Hitunglah selisih antara nilai waktu (uS) output fasa R sebagai referensi dengan output fasa lainnya dari hasil pengukuran osiloskop.
4. Analisis faktor-faktor apa saja yang menyebabkan terjadinya selisih tersebut!

