

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



Analisa Gate Driver SCR Berbasis Mikrokontroler pada Trainer

Kit Penyearah 3 Fasa

SKRIPSI

Muhammad Bagas Saputra

2203411032

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMASI LISTRIK INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



© 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



**Analisa Gate Driver SCR Berbasis Mikrokontroler pada Trainer
Kit Penyearah 3 Fasa**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan**

Muhammad Bagas Saputra
2203411032

PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMASI LISTRIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
2026



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Muhammad Bagas Saputra
NIM : 2203411032
Tanda Tangan : 
Tanggal : 22/06/2026

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 SKRIPSI

Tugas Akhir diajukan oleh:

Nama : Muhammad Bagus Saputra

NIM : 2203411032

Program Studi : Teknik Otomasi Listrik Industri

Judul Skripsi : Analisa Gate Driver SCR Berbasis Mikrokontroler
pada Trainer Kit Penyearah 3 Fasa.

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

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

199112082018032002

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

199204212022031007

Depok, 15 Juli 2026

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Murie Dwiyanti, 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 saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Terapan Politeknik.

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

1. Ibu Dezetty Monika, S.T., M.T., dan Bapak Hatib Setiana, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I dan dosen pembimbing II yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
2. Bapak/Ibu Dosen Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmu pengetahuan, wawasan, dan pengalaman yang sangat berharga bagi penulis selama menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Elektro;
3. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
4. Rekan satu tim dan teman-teman yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini;

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, Juni 2026

Muhammad Bagas Saputra



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

Modul praktikum trainer kit penyearah tiga fasa memerlukan sirkuit pemecuan yang aman dan presisi untuk mengondisikan komutasi SCR. Hambatan utamanya adalah perbedaan level tegangan ekstrem antara mikrokontroler dan sirkuit daya. Penelitian ini bertujuan merancang sirkuit gate driver terisolasi untuk memicu SCR TYN1225 pada trainer kit penyearah berbasis Arduino Uno R3. Metode yang digunakan mengintegrasikan sirkuit ZCD, IC TC4427, MOSFET IRF540N, dan transformator pulsa ferit 1:2 sebagai isolasi galvanis. Hasil pengujian menunjukkan sirkuit gate driver mampu menyalurkan injeksi arus pemecuan gerbang (I_{Gate}) antara 1,448 A hingga 1,758 A pada terminal sekunder. Pengujian integrasi pada modul daya trainer kit dengan suplai 380 VAC menunjukkan keberhasilan regulasi tegangan searah secara linear dari 456 V hingga 150 V melalui manipulasi nilai tunda digital pada program. Evaluasi menegaskan bahwa sirkuit gate driver yang dirancang terbukti dapat memicu komutasi SCR pada modul trainer kit sekaligus sukses menyediakan fungsi isolasi demi memproteksi komponen mikrokontroler.

Kata Kunci: Gate Driver, Trainer Kit, Penyearah Tiga Fasa, SCR TYN1225, Mikrokontroller.

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

A three-phase rectifier trainer kit module requires a safe and precise triggering system to control SCR commutation. The main challenge is the extreme voltage gap between the microcontroller and the power circuit. This research aims to design an isolated gate driver circuit to trigger the TYN1225 SCR on a three-phase rectifier trainer kit driven by an Arduino Uno R3. The method integrates a ZCD circuit, IC TC4427, IRF540N MOSFET, and a 1:2 ferrite pulse transformer for galvanic isolation. Testing results show that the gate driver delivers a stable gate triggering current (I_{Gate}) between 1.448 A and 1.758 A. Integration testing on the trainer kit power module using a 380 VAC supply demonstrates successful linear DC voltage regulation, shifting from 456 V down to 150 V via digital program delay adjustments. The evaluation confirms that the designed gate driver is proven for triggering the SCR on the trainer kit while successfully providing isolation to protect the microcontroller.

Keywords: Gate Driver, Trainer Kit, Three-Phase Rectifier, TYN1225 SCR, Microcontroller.



**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	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
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.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu yang Relevan	5
2.1.1 Penelitian Terkait Pengembangan Media Pembelajaran dan Trainer Elektronika Daya	5
2.1.2 Penelitian Terkait Rancang Bangun dan Simulasi Sirkuit Kendali (Gate Driver)	5
2.2 Konsep atau Teori yang Relevan.....	7
2.2.1 Penyearah Terkendali 3 Fasa Gelombang Penuh.....	7



© 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

2.2.2 Thyristor/SCR (Silicon Controlled Rectifier).....	10
2.2.3 Mikrokontroler sebagai Unit Kendali	11
2.2.4 Zero Crossing Detector (ZCD)	11
2.2.5 <i>Gate Driver</i> (IC TC4427).....	12
2.2.6 Transformator Pemicu (Pulse Transformer)	13
BAB III PERENCANAAN & REALISASI ALAT	15
3.1 Rancangan Alat	15
3.1.1 Deskripsi Alat	15
3.1.2 Cara Kerja Alat	15
3.1.3 Spesifikasi Alat	16
3.1.4 Diagram Blok.....	18
3.1.5 Diagram Alir Sistem.....	20
3.1.6 Desain Alat	21
3.1.7 Rangkaian	24
3.2 Realisasi Alat.....	28
3.2.1 Realisasi Perangkat Keras	28
3.2.2 I/O Mikrokontroler.....	33
3.2.3 Realisasi Perangkat Lunak	34
BAB IV PEMBAHASAN.....	38
4.1 Pengujian Tegangan Keluaran Mikrokontroler	38
4.1.1 Deskripsi Pengujian	38
4.1.2 Prosedur Pengujian	38
4.1.3 Data Hasil Pengujian.....	40
4.1.4 Analisa Data/Evaluasi	41
4.2 Pengujian Tegangan Keluaran IC TC4427	41
4.2.1 Deskripsi Pengujian	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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.2.2	Prosedur Pengujian	42
4.2.3	Data Hasil Pengujian.....	44
4.2.4	Analisa Data/Evaluasi	45
4.3	Pengujian Arus Pemicuan Gerbang SCR (Gate Current)	46
4.3.1	Deskripsi Pengujian	46
4.3.2	Prosedur Pengujian	47
4.3.3	Data Hasil Pengujian.....	48
4.3.4	Analisa Data/Evaluasi	49
4.4	Pengujian Tegangan Keluaran Penyearah dengan Suplai 380 V	50
4.4.1	Deskripsi Pengujian	50
4.4.2	Prosedur Pengujian	51
4.4.3	Data Hasil Pengujian.....	53
4.4.4	Analisa Data/Evaluasi	54
4.5	Pengujian Tahanan Isolasi Transformator Pemicu	56
4.5.1	Deskripsi Pengujian	56
4.5.2	Prosedur Pengujian	56
4.5.3	Data Hasil Pengujian.....	58
4.5.4	Analisa Data / Evaluasi	61
4.6	Pengujian Pengaruh Variasi Sudut Penyalaan Thyristor	62
4.6.1	Deskripsi Pengujian	62
4.6.2	Prosedur Pengujian	63
4.6.3	Data Hasil Pengujian.....	65
4.6.4	Analisis Data/Evaluasi.....	66
4.7	Pengujian Pengaruh ZCD Pada sudut penyalaan SCR.....	67
4.7.1	Deskripsi pengujian.....	67
4.7.2	Prosedur Pengujian	67

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

4.7.3 Data Hasil Pengujian.....	69
4.7.4. Analisis Data/Evaluasi	72
BAB V PENUTUP	75
5.1 Simpulan.....	75
5.2 Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA.....	77
DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS	81
LAMPIRAN.....	82



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rangkaian penyearah terkendali 3 fasa dengan SCR	7
Gambar 2.2 Gelombang input dan output penyearah terkendali 3 fasa.....	8
Gambar 2.3 Struktur dan Simbol SCR.....	10
Gambar 2.4 Arduino Uno R3.....	11
Gambar 2.5 Skematik dan pin IC LM311.....	11
Gambar 2.6 IC TC4427.....	12
Gambar 2.7 Transformator pemicu (<i>Step-up</i>).....	13
Gambar 3.1 Diagram blok alat	19
Gambar 3. 2 Flowchart alat.....	20
Gambar 3. 3 Layout penempatan alat	21
Gambar 3.4 Desain Cover modul transformator pemicu dan penyearah 3 fasa...	22
Gambar 3.5 Desain Cover Modul ZCD & mikrokontroller dengan gate drivernya	23
Gambar 3. 1 Rangkaian <i>gate driver</i> (dipebesar).....	25
Gambar 3. 7 Rangkaian Penyearah SCR	25
Gambar 3. 8 Rangkaian ZCD.....	26
Gambar 3. 9 Rangkaian Penguat Pulsa (<i>gate driver</i>)	27
Gambar 3. 10 Realisasi sirkuit detektor persilangan nol (<i>Zero Crossing Detector</i>)	28
Gambar 3.11 fisik mikrokontroler Arduino Uno R3.....	30
Gambar 3.12 Realisasi fisik PCB <i>gate driver</i> berbasis IC TC4427 dan rangkaian filter.....	31
Gambar 3.13 Realisasi fisik rangkaian <i>gate driver</i> MOSFET IRF540N dengan transistor push-pull	31
Gambar 3. 14 Realisasi fisik konstruksi transformator pemicu (<i>pulse transformer</i>)	32
Gambar 3. 15 Realisasi sirkuit jembatan penyearah daya SCR tiga fasa	32
Gambar 3.16 Tampilan program kendali penyearah terkendali tiga fasa pada Arduino IDE.....	35



© 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

Gambar 3.17 Tampilan program kendali penyearah terkendali tiga fasa pada Arduino IDE.....	35
Gambar 3.18 Tampilan program kendali penyearah terkendali tiga fasa pada Arduino IDE.....	36
Gambar 3.19 Tampilan program kendali penyearah terkendali tiga fasa pada Arduino IDE.....	36
Gambar 3. 20 Tampilan program kendali penyearah terkendali tiga fasa pada Arduino IDE.....	37
Gambar 3. 21 Tampilan program kendali penyearah terkendali tiga fasa pada Arduino IDE.....	37
Gambar 4. 1 Rangkaian Pengujian Keluaran Mikrokontroler (PIN 2).....	42
Gambar 4. 2 Rangkaian Pengujian Keluaran Mikrokontroler (PIN 3,5,6,9,10, & 11)	42
Gambar 4.3 Salah satu tangkapan gambar Karakteristik sinyal keluaran mikrokontroler jalur SCR1 (kuning) terhadap referensi ZCD fasa R (hijau).....	43
Gambar 4. 4 Rangkaian Pengujian Keluaran IC TC4427 (PIN 2).....	46
Gambar 4. 5 Rangkaian Pengujian Keluaran IC TC4427 (MOSFET 1,2,3,4,5, & 6).....	46
Gambar 4. 6 Salah satu tankapan gambar osiloskop Karakteristik sinyal keluaran IC TC4427 (kuning) terhadap referensi ZCD fasa R (hijau).....	48
Gambar 4. 7 Metode Pengukuran Arus Injeksi Gate SCR.....	50
Gambar 4. 8 Salah satu tankapan gambar osiloskop Karakteristik sinyal keluaran skunder transformator pemicu (kuning) terhadap gate SCR 1 (hijau).....	52
Gambar 4. 9 Diagram rangkaian pengujian pengaruh variasi delay penyalaan SCR dengan beban resistif menggunakan menggunakan suplai 380 VAC.....	55
Gambar 4. 10 Grafik hubungan delay program terhadap nilai tegangan keluaran searah (Vdc).....	57
Gambar 4. 11 Konfigurasi Pengujian Tahanan Isolasi Antar-Lilitan.....	60



© 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

Gambar 4.12 Tampilan Instrumen Salah Satu Uji Tahanan Isolasi Transformator Pemicu (TR6) pada Tegangan Injeksi 1000 VDC dengan Hasil Over Limit (OL)...	62
Gambar 4.13 Pengujian Tahanan Isolasi TR2 Tegangan 2500 VDC pada Menit 01.50 (Resistansi 58,3 G Ω , DAR 1,79).....	63
Gambar 4.14 Pengujian Tahanan Isolasi TR2 Tegangan 2500 VDC pada Menit 10.05 (Resistansi 97,7 G Ω , PI 2,08).....	63
Gambar 4. 15 Diagram rangkaian pengujian pengaruh variasi sudut penyalan SCR dengan beban resistif.....	67
Gambar 4. 16 Tampilan Pengujian 1.....	69
Gambar 4. 17 Diagram rangkaian pengujian pengaruh ZCD pada variasi sudut penyalan SCR.....	72
Gambar 4.18 Titik Koneksi Pengujian ZCD Terhadap Keluaran Sudut SCR.....	73
Gambar 4.19 Titik Koneksi ZCD Terhadap Keluaran Sudut 0 Derajat SCR.....	74
Gambar 4.20 Titik Koneksi ZCD Terhadap Keluaran Sudut 30 Derajat SCR.....	74
Gambar 4.21 Titik Koneksi ZCD Terhadap Keluaran Sudut 60 Derajat SCR.....	75
Gambar 4.20 Titik Koneksi ZCD Terhadap Keluaran Sudut 30 Derajat SCR.....	75
Gambar 4.23 Titik Koneksi ZCD Terhadap Keluaran Sudut 120 Derajat SCR.....	76



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 TABEL

Tabel 2.1 Urutan firing SCR pada Satu Siklus Gelombang.....	8
Tabel 3.1 Tabel Spesifikasi alat.....	16
Tabel 4.1 Data Tegangan Keluaran Mikrokontroler per Jalur Pemicuan SCR.....	39
Tabel 4.2 Data Tegangan Keluaran IC TC4427 per Jalur Pemicuan SCR.....	41
Tabel 4.3 Data Hasil Pengukuran Tegangan dan Perhitungan Arus Gerbang (Gate Current) pada suplai Gate Driver 12 V.....	44
Tabel 4.4 Data Pengujian Regulasi Tegangan Keluaran Searah (Vdc) dengan Suplai Tegangan Jala-Jala 380 V.....	48
Tabel 4.5 Data Pengujian Tahanan Isolasi Transformator Pemicu Tegangan Injeksi 1000 VDC.....	61
Tabel 4.6 Data Pengujian Ekspansi Tahanan Isolasi Komponen TR2 Tegangan Injeksi 2500 VDC.....	62
Tabel 4.8 Durasi Pergeseran Sudut SCR Terhadap ZCD.....	76

**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

BAB I PENDAHULUAN**1.1 Latar Belakang**

Penyearah terkendali 3 fasa gelombang penuh (*3-phase full-wave controlled rectifier*) merupakan arsitektur elektronika daya yang berfungsi mengubah tegangan bolak-balik (AC) menjadi tegangan searah (DC) yang dapat diatur nilainya. Di sektor industri, sistem ini diterapkan untuk pengoperasian penggerak motor DC berkapasitas besar, proses pemanasan induktif, hingga sistem transmisi *High Voltage Direct Current* (HVDC) (Javadian et al., 2021; Kurniawan & Setiawan, 2024). Pemahaman mengenai prinsip regulasi tegangan tersebut menjadi salah satu kompetensi bagi mahasiswa teknik elektro (Wijaya & Pangestu, 2023). Pengaturan tegangan keluaran pada penyearah ini dilakukan melalui pengendalian sudut penyalan (α) komponen *Silicon Controlled Rectifier* (SCR). Untuk mencapai sinkronisasi penyalan terhadap fasa jala-jala listrik, unit kendali digital seperti mikrokontroler digunakan sebagai pusat pemroses data (Samosir & Siregar, 2022). Namun, sinyal logika dari mikrokontroler tidak dapat langsung dihubungkan ke terminal gerbang (*gate*) SCR karena adanya batasan arus dan tegangan. Oleh karena itu, dibutuhkan sirkuit *gate driver* sebagai jembatan untuk menguatkan sinyal kendali sekaligus memberikan isolasi galvanis guna memproteksi sirkuit digital dari tegangan jala-jala daya (Zhang & Liu, 2023; Pinto et al., 2021).

Meskipun pemahaman terhadap konverter daya industri diperlukan, pengembangan variasi media pembelajaran berupa *trainer kit* penyearah terkendali 3 fasa di laboratorium perguruan tinggi perlu terus ditingkatkan guna menyesuaikan dengan dinamika teknologi industri (Rahman, 2022). Modul praktik yang representatif untuk mendemonstrasikan proses komutasi semikonduktor daya secara nyata belum tersedia secara merata di lingkungan laboratorium (Pratama & Setiawan, 2023). Kondisi ini menyebabkan proses pembelajaran sering kali terbatas pada simulasi perangkat lunak atau teori matematis, sehingga mahasiswa tidak dapat mengamati fenomena kelstريان riil seperti proses komutasi fasa atau *noise* saat terjadi penyaklaran (Sukmadi et al., 2023). Keberadaan modul *trainer* yang dilengkapi dengan titik ukur (*test point*) diperlukan agar mahasiswa dapat menggunakan osiloskop untuk mengobservasi bentuk gelombang mulai dari sirkuit kendali hingga ke terminal daya (Nugroho & Wibowo, 2024). Oleh karena itu,



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

pembuatan perangkat *trainer kit* yang terintegrasi dengan sirkuit penggerak (*gate driver*) diperlukan untuk menunjang capaian pembelajaran praktik di laboratorium.

Berdasarkan tinjauan kondisi eksisting, beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem penyearah terkendali, namun banyak yang menerapkan arsitektur *Self-Supplied Gate Driver* (SSGD) atau sirkuit isolasi berbasis *optocoupler* konvensional (Garcia et al., 2022). Metode SSGD memiliki karakteristik berupa munculnya zona mati pemicuan di dekat titik persilangan nol tegangan (Garcia et al., 2022), sementara penggunaan *optocoupler* memerlukan penyediaan catu daya terisolasi tambahan yang menambah kompleksitas sirkuit (Roslan & Hamid, 2022; McNeill & Gupta, 2021). Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini menerapkan rancang bangun *trainer kit* penyearah 3 fasa yang diintegrasikan dengan sirkuit *gate driver* berarsitektur transformator pemicu (*pulse transformer*) rasio lilitan 1:2. Sistem ini menggunakan IC TC4427 sebagai penguat arus keluaran mikrokontroler dan MOSFET IRF540N sebagai sakelar komutasi (Rahman, 2022; Osorio & Leon, 2025). Penggunaan transformator pemicu inti ferit berfungsi untuk menginjeksi arus gerbang tanpa suplai sekunder tambahan, sekaligus menghadirkan pemisahan galvanis untuk keamanan peralatan dan pengguna saat melaksanakan praktikum (Al-Haddad et al., 2024).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis mengambil judul “Rancang Bangun Gate Driver SCR Berbasis Mikrokontroler pada Trainer Kit Penyearah 3 Fasa”. Tujuan dari pembuatan alat ini adalah menyediakan modul pembelajaran untuk memfasilitasi visualisasi kinerja *gate driver* pada sistem penyearah. Melalui perangkat ini, mahasiswa dapat mengobservasi hubungan antara sirkuit kendali dan sirkuit daya, meliputi proses amplifikasi pulsa kendali hingga distribusi arus pemicuan pada gerbang SCR melalui isolasi induksi magnetik.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang bangun sirkuit *gate driver* menggunakan perpaduan IC TC4427, MOSFET IRF540N, dan transformator pemicu rasio 1:2 untuk menghasilkan injeksi arus bagi penyalan SCR TYN1225?



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

2. Bagaimana mengintegrasikan sirkuit *gate driver* berbasis mikrokontroler Arduino Uno tersebut ke dalam perangkat *trainer kit* penyearah terkendali 3 fasa?
3. Bagaimana karakteristik perubahan magnitudo tegangan pemicuan dari luaran mikrokontroler melewati IC TC4427 hingga ke setiap jalur *gate* SCR?

1.3 Tujuan

Tujuan utama dari penelitian ini adalah merancang dan menguji *gate driver* terisolasi pada perangkat *trainer kit* penyearah 3 fasa untuk keperluan laboratorium. Secara spesifik, alat ini ditujukan agar mahasiswa dapat:

1. Memahami Isolasi Galvanis: Mengobservasi proses transmisi sinyal pemicuan dari sirkuit kendali ke sisi sekunder SCR tanpa koneksi elektrik langsung guna menjamin keamanan sistem.
2. Menganalisis Karakteristik Sinyal dan Tegangan: Melatih kemampuan penggunaan osiloskop untuk melacak perubahan sinyal kendali serta menganalisis korelasi antara variasi waktu tunda pemicuan terhadap profil tegangan DC keluaran.
3. Menguasai Proteksi Sistem Daya: Membentuk kompetensi *troubleshooting* dalam memisahkan sistem kendali tegangan rendah dengan sirkuit daya tegangan tinggi pada perangkat konverter.

1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam penelitian ini terarah, batasan masalah ditetapkan sebagai berikut:

1. Fokus perancangan dan perangkat keras terletak pada sirkuit *gate driver* yang meliputi bagian mikrokontroler Arduino Uno, IC TC4427, MOSFET IRF540N, dan transformator pemicu inti ferit dengan rasio lilitan 1:2.
2. Rangkaian *Zero Crossing Detector* (ZCD) tidak dibahas lebih lanjut dalam perancangan ini dan diperlakukan sebagai modul masukan data eksternal (dirancang secara terpisah oleh teman kelompok).

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. Komponen semikonduktor daya yang digunakan sebagai penyearah pada *trainer kit* dibatasi pada jenis *Silicon Controlled Rectifier* (SCR) seri TYN1225.
4. Pengujian karakteristik operasional *trainer kit* dilakukan pada sistem tegangan 380 V dengan menggunakan parameter beban resistif (lampu pijar).
5. Penelitian tidak membahas gangguan kualitas daya berupa analisis harmonisa tingkat lanjut maupun pengujian karakteristik beban non-resistif secara mendalam.

1.5 Luaran

Luaran yang diharapkan dari penelitian skripsi ini adalah:

1. Modul *Trainer Kit*: Terwujudnya satu set *trainer kit* penyearah tiga fasa yang aman, lengkap dengan sirkuit *gate driver* terisolasi untuk pemicuan SCR TYN1225 yang presisi.
2. Dokumentasi Teknis: Tersusunnya laporan penelitian yang memuat analisis mendalam mengenai performa injeksi arus gerbang serta linearitas regulasi tegangan keluaran dari 456 V hingga 150 V.
3. Panduan Praktikum: Tersedianya standar prosedur operasional dan *job sheet* sebagai pedoman teknis penggunaan alat serta prosedur keselamatan kerja bagi mahasiswa di laboratorium.
4. Publikasi Ilmiah: Tersusunnya artikel ilmiah hasil penelitian yang mencakup rancang bangun hingga evaluasi performa sistem untuk dipublikasikan pada jurnal atau prosiding nasional.



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 seluruh tahapan perancangan, implementasi, serta pengujian yang telah dilakukan terhadap sirkuit penggerak gerbang (*gate driver*) dan integrasinya pada perangkat *trainer kit* penyearah tiga fasa terkendali, maka dapat ditarik simpulan sebagai berikut:

1. Pengujian karakteristik elektrik pada sirkuit *gate driver* mencatat sinyal pemicuan awal dari mikrokontroler memiliki level tegangan sebesar 4,86 V hingga 5,33 V. Sinyal tersebut diamplifikasi oleh IC TC4427 menjadi tegangan dengan magnitudo 13,5 V hingga 16,0 V. Tingkat penguatan lanjutan oleh MOSFET IRF540N dan transformator pulsa 1:2 menghasilkan injeksi arus gerbang (I_{gate}) terukur pada rentang 1,448 A hingga 1,758 A pada terminal sekunder yang terhubung ke SCR TYN1225.
2. Transformator pulsa pada sirkuit *gate driver* membentuk sistem isolasi galvanis yang memisahkan koneksi elektrik secara fisik antara unit kendali Arduino Uno R3 yang beroperasi pada tegangan sekitar 5 VDC (sudah diturunkan dari 12 VDC) dengan sirkuit daya utama penyearah yang terhubung pada jala-jala listrik dengan tegangan 380 VAC.
3. Pada pengujian operasional modul *trainer kit* dengan masukan tegangan jala-jala 380 VAC, perubahan waktu tunda (*delay time*) pemicuan digital yang diatur mulai dari 0 μ s hingga 2875 μ s memberikan hasil ukur berupa penurunan tegangan keluaran searah (V_{dc}) secara bertahap pada terminal beban, dari magnitudo tertinggi 456 V hingga mencapai nilai terendah 150 V.

5.2 Saran

Guna pengembangan dan penyempurnaan sistem penyearah terkendali tiga fasa ini di masa yang akan datang, beberapa saran yang dapat direkomendasikan adalah sebagai berikut:



© 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. Melakukan pengujian lebih lanjut pada sistem penyearah dengan mengaplikasikan variasi jenis beban yang lebih dinamis, seperti beban induktif (motor arus searah) dan beban kapasitif, guna menguji ketahanan operasional sirkuit daya secara menyeluruh.
2. Melakukan pembaruan (*upgrade*) pada algoritma program mikrokontroler dengan mengoptimalkan program agar waktu tunda pemicuan pulsa ketika mencapai durasi di sekitar $3000 \mu s$, nilai tegangan keluaran searah pada terminal beban mampu ditekan hingga mendekati 0 Volt secara presisi.





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 PUSTAKA

- Al-Haddad, K., & Muteeb, M. (2024). Galvanic isolation techniques in high-power converter applications. *Journal of Power Electronics*, 24(2), 150–165.
- Javadian, A., Zadehbagheri, M., Kiani, M. J., Nejatian, S., & Sutikno, T. (2021). Modeling of static var compensator-high voltage direct current to provide power and improve voltage profile. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS)*, 12(3), 1659-1672.
- Bird, J. (2022). *Bird's electrical and electronic principles and technology* (3rd ed.). Routledge.
- Charly, A. R. N. (2024). *Analisis modul praktikum penyearah gelombang 3 fasa dengan beban R, L, C di laboratorium elektronika* [Doctoral dissertation, Universitas AKPRIND Indonesia].
- Choudhary, A., & Verma, P. (2025). Digital control implementation for three-phase full-wave controlled rectifiers. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 72(1), 88–99.
- Effendi, R., & Haikal, M. (2023). Design of triggering circuits for industrial SCR-based converters. *International Journal of Electrical Engineering*, 11(3), 200–212.
- Hart, D. W. (2011). *Power electronics*. McGraw-Hill.
- Kurniawan, A., & Setiawan, I. (2024). Advances in high voltage direct current (HVDC) transmission systems. *Jurnal Teknik Elektro dan Otomasi*, 15(1), 45–58.
- Handoko, S., Facta, M., & Sukmadi, T. (2023). Simulation of Single-Phase on-Grid Photovoltaic Inverter for Power Injection and Active Power Filter. *International Journal on Advanced Science, Engineering & Information Technology*, 13(1), 211.
- Mashduuqi, A., Facta, M., & Winardi, B. (2019). Konverter arus searah tipe buck dengan rangkaian pemacu mikrokontroller Arduino untuk aplikasi generator



© 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

termoelektrik. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 7(4), 853–860.

McNeill, A., & Gupta, S. (2021). Pulse transformer optimization for high-frequency switching. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 36(5), 5500–5510.

Mohan, N., Undeland, T. M., & Robbins, W. P. (2003). *Power electronics: Converters, applications, and design* (3rd ed.). John Wiley & Sons.

Nugroho, H., & Wibowo, S. (2024). Instrumentation and testing of power electronics trainer kits. *Jurnal Pendidikan Teknologi Elektro*, 16(2), 90–105.

Osorio, L., & Leon, M. (2025). Digital control strategies for SCR-based power converters. *Applied Energy Research*, 18(1), 12–25.

Chakraborty, S., Singh, B., Panigrahi, B. K., Chandra, A., & Al-Haddad, K. (2024, November). A novel four-wire offgrid DFIG-BES wind microgrid for remote areas with neutral current compensation for reduced transformer failure. In *IECON 2024-50th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society* (pp. 1-6). IEEE.

Pinto, R., & Silva, J. (2021). Isolated gate driver circuit design for power converters. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 9(4), 1120–1135.

Pratama, A., & Setiawan, I. (2023). Representative practical modules for power semiconductor commutation. *Jurnal Vokasi Teknik*, 7(1), 33–45.

Rahman, T. (2022). Integration of TC4427 driver in digital control systems. *Journal of Power Electronics and Control*, 14(3), 220–230.

Rashid, M. H. (2014). *Power electronics: Devices, circuits, and applications* (4th ed.). Pearson.

Roslan, M., & Hamid, A. (2022). Galvanic isolation design in industrial control systems. *Journal of Control Systems and Technology*, 20(2), 77–89.

Setiawan, I., & Facta, M. (2020). Desain sistem pemicuan penyearah terkendali tiga fasa berbasis mikrokontroler Atmel. *Jurnal Teknik Elektro*, 12(2), 45–52.

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

- STMicroelectronics. (2014). *TYN1225 datasheet: 25 A SCRs*. STMicroelectronics Group.
- Intersil Corporation. (1999). *IRF540N: 33A, 100V, 0.040 Ohm, N-Channel Power MOSFET* [Datasheet]. Milpitas, CA: Intersil Americas Inc.
- Microchip Technology Inc. (2014). *TC4426/TC4427/TC4428: 1.5A Dual High-Speed Power MOSFET Drivers* [Datasheet]. Chandler, AZ: Microchip Technology Inc.
- Arduino. (2023). *Arduino Uno Rev3 Datasheet*. Arduino.cc. <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3>
- Microchip Technology Inc. (2015). *ATmega328P: 8-bit AVR Microcontroller with 32K Bytes In-System Programmable Flash* [Datasheet]. Chandler, AZ: Microchip Technology Inc.
- Toshiba Corporation. (2003). *2SA965: Silicon PNP Epitaxial Type (PCT Process)* [Datasheet]. Tokyo, Japan: Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation.
- Toshiba Corporation. (2003). *2SC2235: Silicon NPN Epitaxial Type (PCT Process)* [Datasheet]. Tokyo, Japan: Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation.
- Usman, U., Azis, F., Wirana, A., & Habibuddin, R. (2017). Perancangan dan pembuatan trainer penyearah terkendali 3 fasa. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 5(1), 26–35.
- Verhaevert, J. (2024). *Fundamental electrical and electronic principles* (4th ed.). Routledge.
- Wijaya, R., & Utomo, T. (2019). Analisis karakteristik isolasi galvanis pulse transformer pada rangkaian penyalan gerbang SCR. *Jurnal Otomasi dan Kelistrikan Industri*, 6(2), 88–95.
- Zhang, H., & Liu, Y. (2023). Protection techniques for digital control circuits in power systems. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 59(2), 1800–1815.
- Garcia, J., Saeed, S., Gurpinar, E., Castellazzi, A., & Garcia, P. (2019). Self-powering high frequency modulated SiC power MOSFET isolated gate driver. *IEEE*

Transactions on Industry Applications, 55(4), 3967-3977.



© 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 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

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS



Lulus dari SDN 06 Kota Bekasi tahun 2016, SMPN 15 Kota Bekasi tahun 2019, dan SMAN 7 Kota Bekasi tahun 2022. Penulis menjalani pendidikan lanjut di Politeknik Negeri Jakarta dengan Program Studi D4 Teknik Otomasi Listrik Industri, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

LAMPIRAN



© 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 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 penyalan (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 pemicu & Penyearah
1 Set	Modul Beban Resistif (R)	Lampu Pijar
1 Unit	Osiloskop	Pengukuran tegangan dan arus DC beban

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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Jumlah	Nama Peralatan / Komponen	Keterangan / Spesifikasi
1 Set	Kabel Penghubung Daya (<i>Banana Plug</i>)	Rating isolasi tinggi
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:

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3}}{\pi} V_m \cos \alpha$$

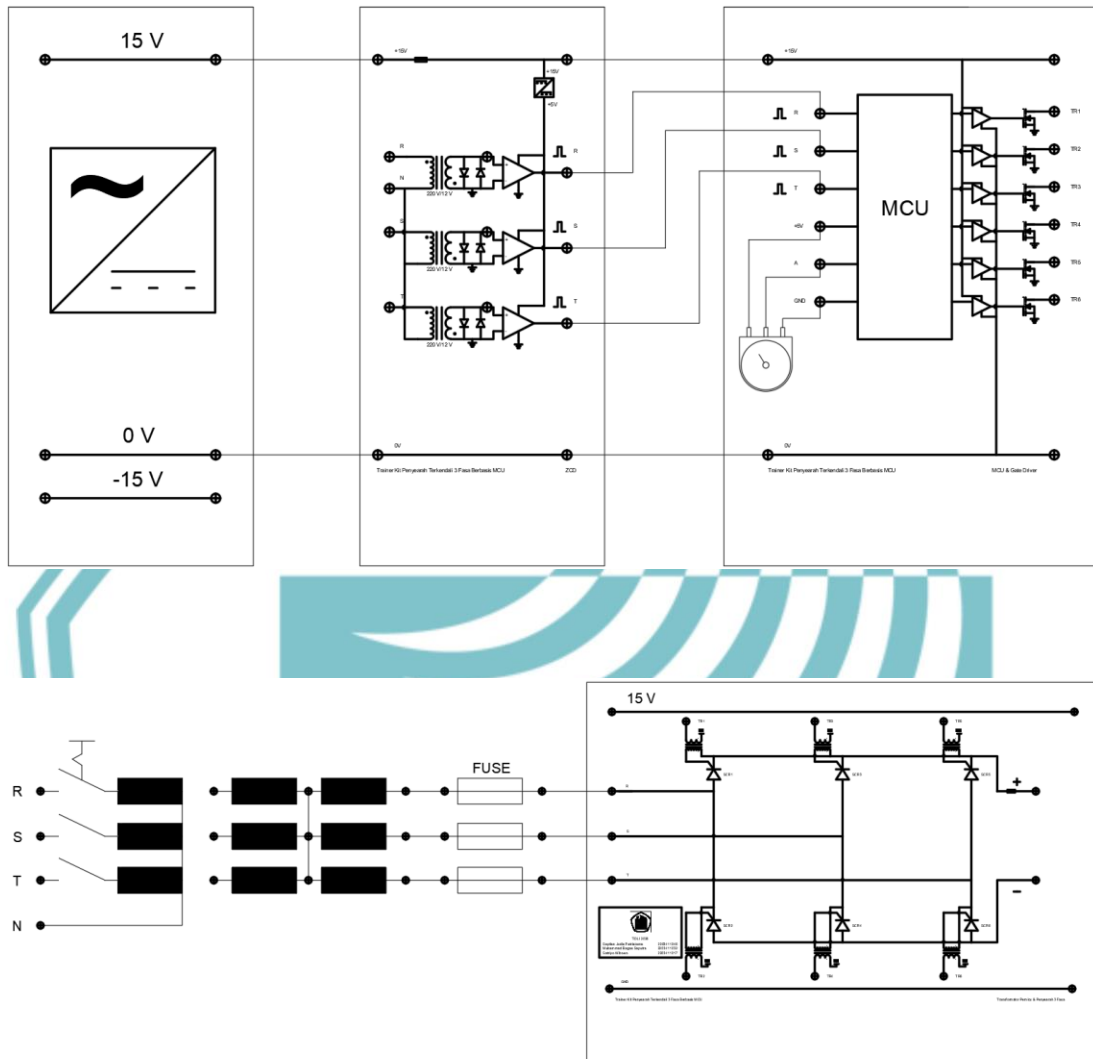
di mana V_m adalah tegangan puncak fasa-ke-netral dari masukan sumber AC tiga fasa.

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.

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

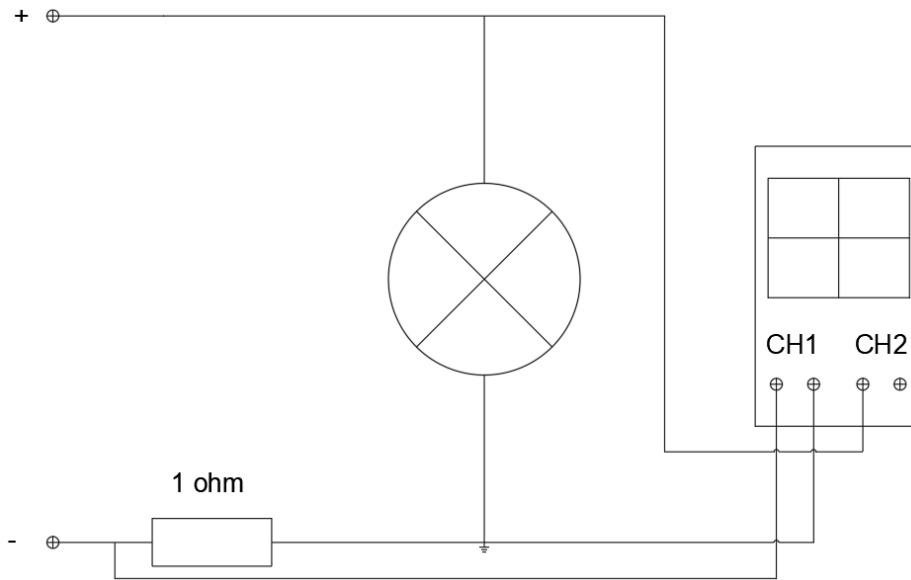
4. DIAGRAM RANGKAIAN



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 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 penyalaan 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 penyalaan yang diamati.



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

7. Amati dan catat kondisi visual intensitas cahaya lampu pijar pada setiap titik perubahan tersebut.
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	Power Supply 15 VDC
1 Unit	Osiloskop	Minimal 50 MHz
1 Buah	Probe 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

Hak Cipta :

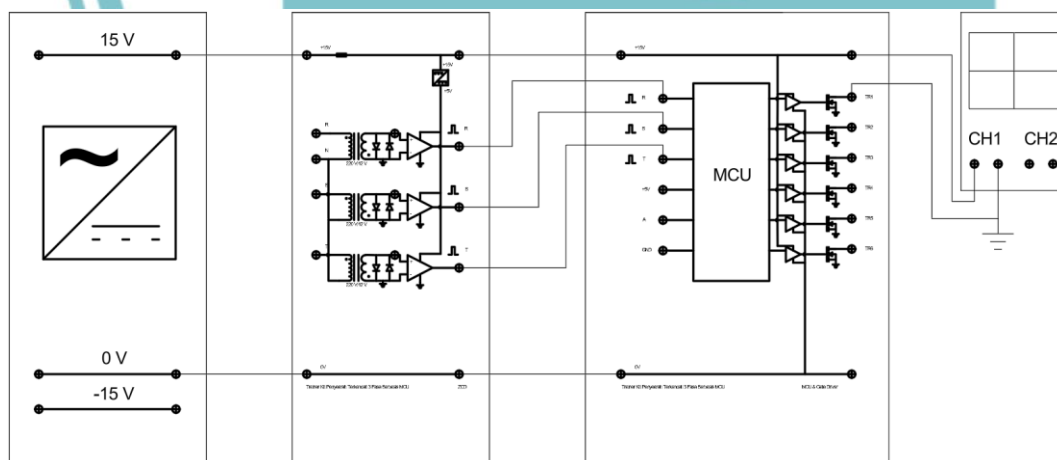
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

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.

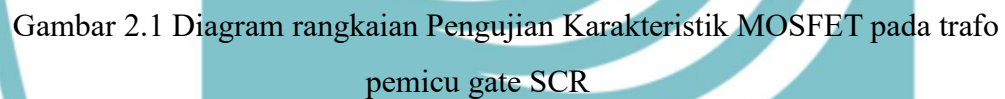
Ketika MOSFET dikomando untuk berada dalam kondisi saturasi (*ON*), arus mengalir memotong lilitan primer transformator untuk diinduksikan ke sisi sekunder berupa pulsa pemicuan berdurasi singkat ($50 \mu\text{s}$). Sebaliknya, ketika MOSFET diputus (*OFF*), pemutusan arus secara mendadak pada kumparan 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



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



neet ini, sumber tegangan jala-jala 3 fasa T
odul penyearah SCR (hanya input modul
Pengujian murni hanya menggunakan catu
u daya 15 VDC pada modul ZCD, MCU & c

per banana telah terpasang untuk
el MOSFET (pastikan urutannya

- osiloskop dan atur pada mode *DC* Coupling.

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. Hubungkan ujung *Probe* Osiloskop ke terminal sumber tegangan +15 VDC, dan jepitkan kabel *ground probe* ke terminal soket *banana* sisi Drain MOSFET.

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 μ 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 (μ s) 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 (μ s), 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

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

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!



**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 (Banana Plug)	Rating isolasi tinggi
3 Unit	Transformator CT 1A	Step down tegangan dan insulasi tegangan

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} .

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

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

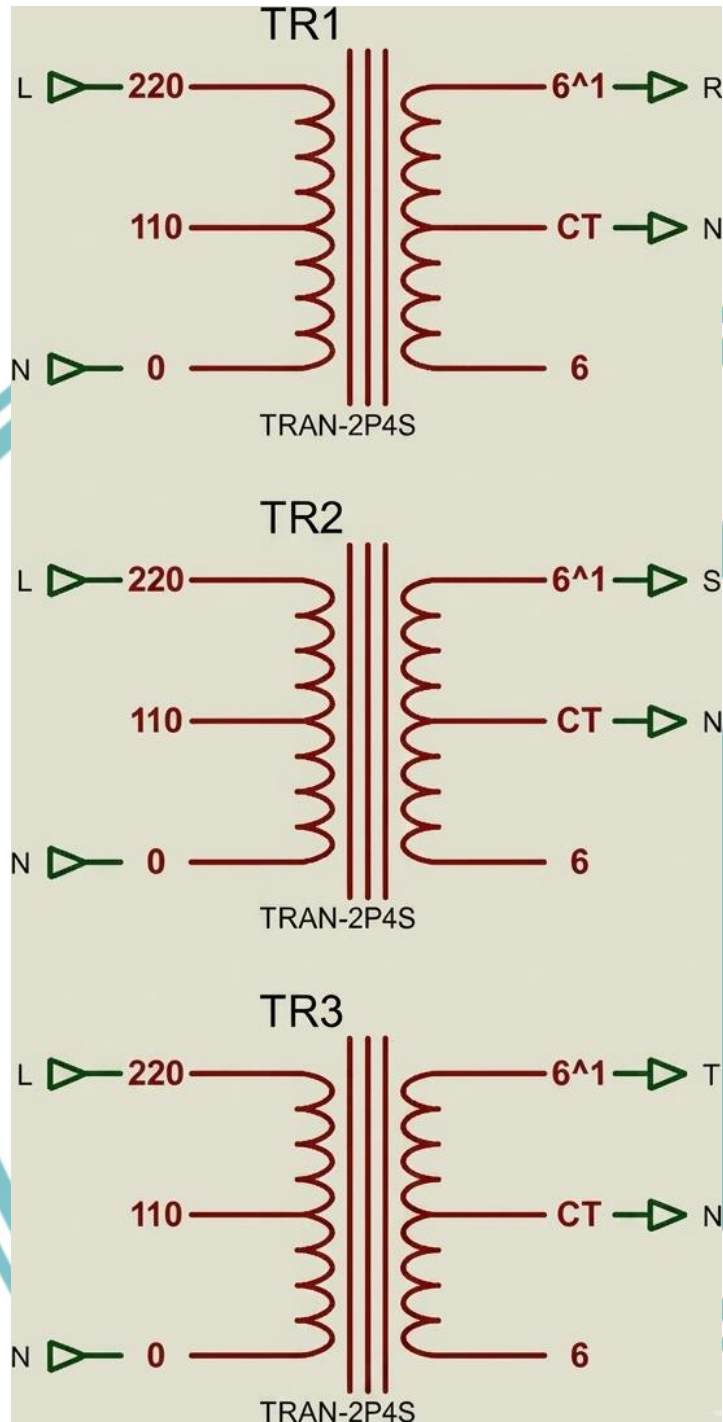


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

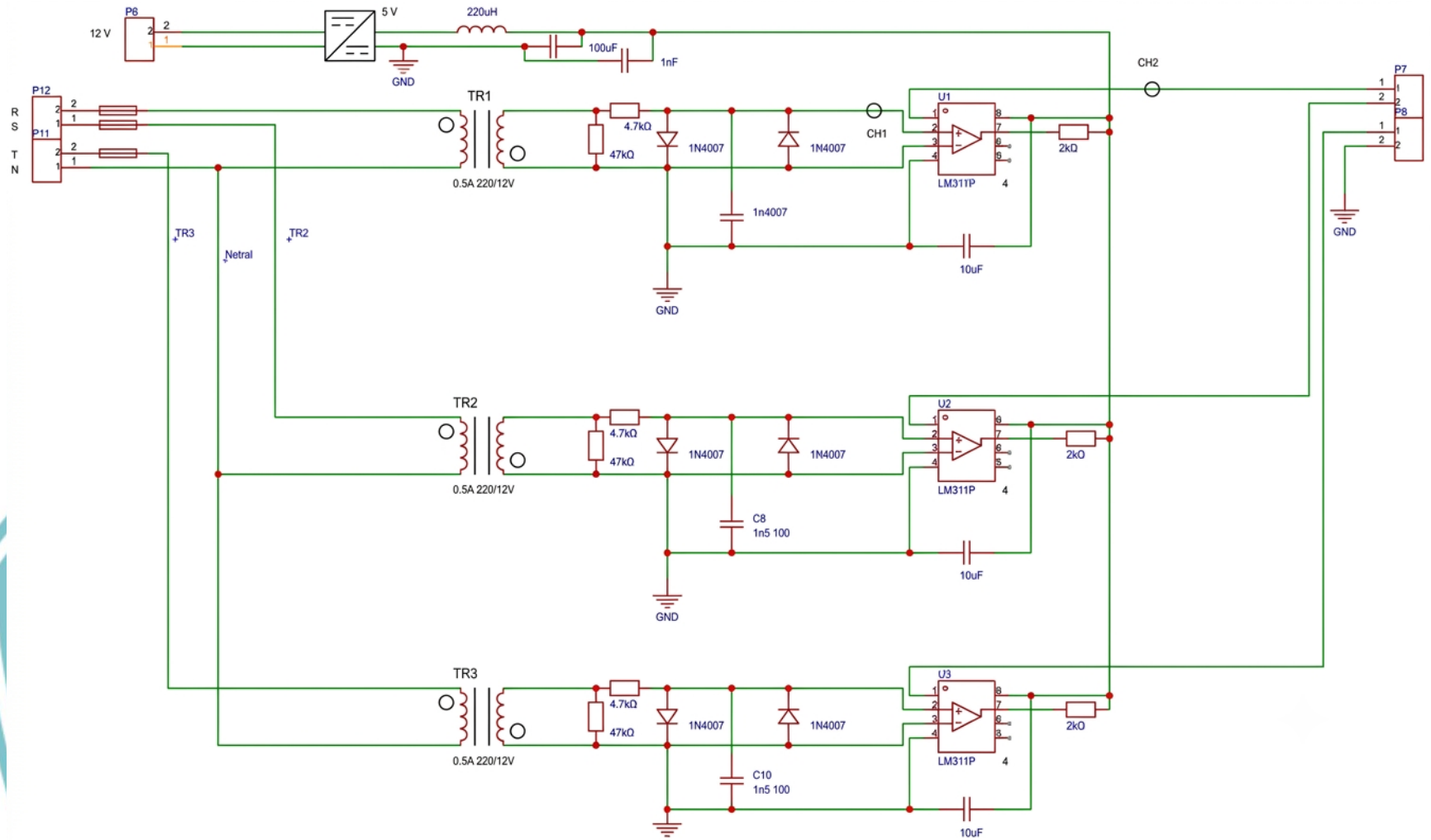
Hak Cipta :

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

4. DIAGRAM RANGKAIAN



Gambar 1.1 Diagram Rangkaian Transformator



Gambar 1.2 Diagram Rangkaian Internal ZCD

Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

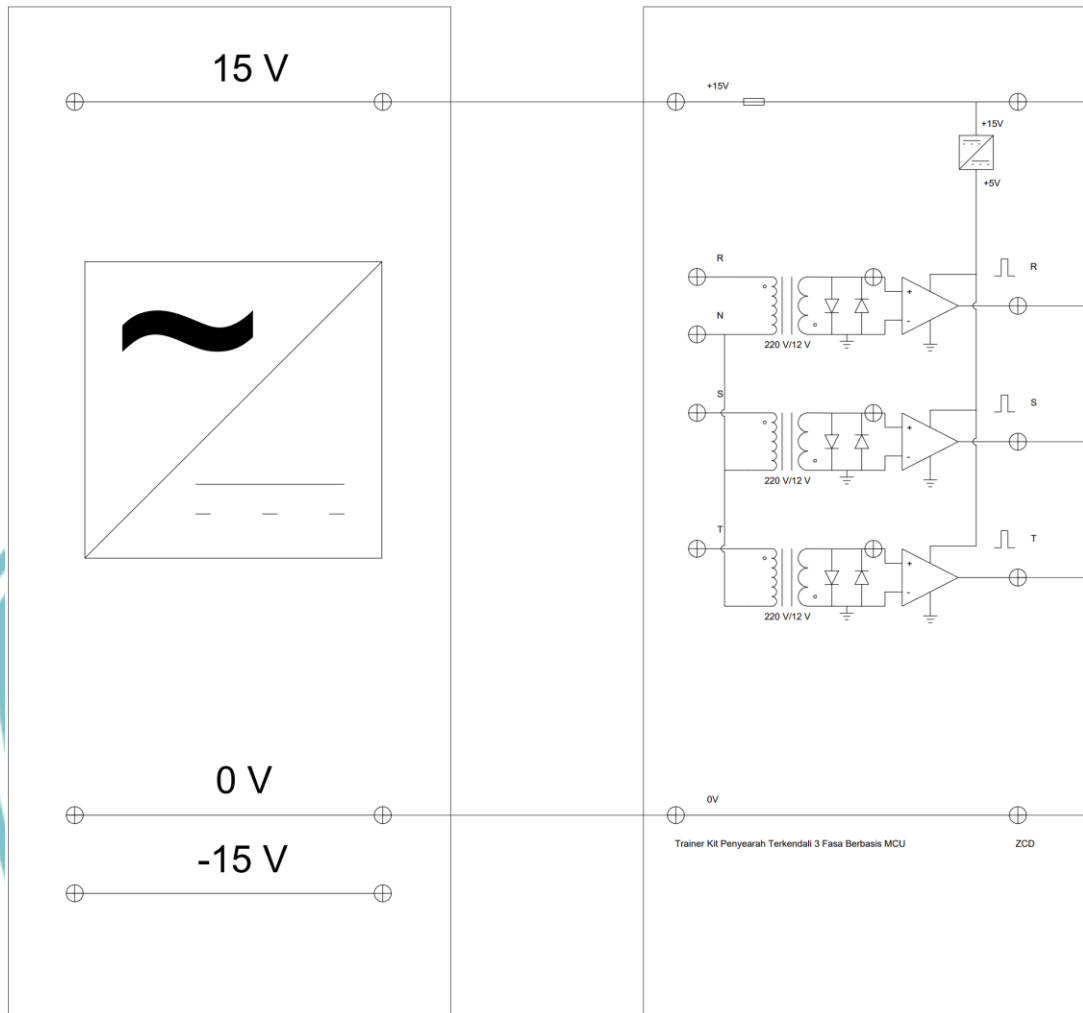
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

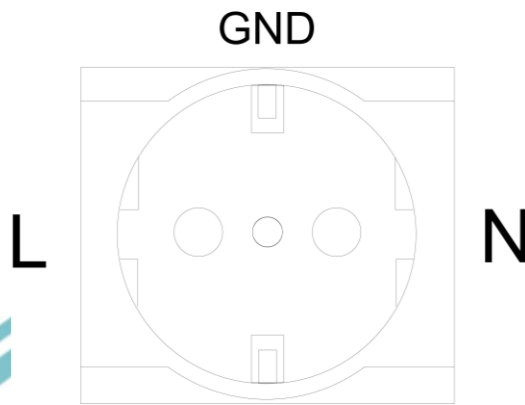
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

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 1.4 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 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 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



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

(output) ZCD, lanjutkan pengukuran hingga data dari semua jalur R, S, dan T sudah didapatkan.

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

4. Mengoperasikan perangkat keras ZCD dengan masukan AC tiga fasa yang sudah di turunkan secara aman.
5. Menganalisis pengaruh koneksi transformator terhadap tegangan keluaran transformator.
6. 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
1 Set	Kabel Penghubung Daya (Banana Plug)	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

Jumlah	Nama Peralatan / Komponen	Keterangan / Spesifikasi
3 Unit	Transformator CT 1A	Step down tegangan dan insulasi tegangan

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): $F = N_p \cdot i_p(t) \text{ GGM}$ 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):

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

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

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 $t = n\pi/\omega$ atau ketika nilai tegangan sama dengan nol volt.

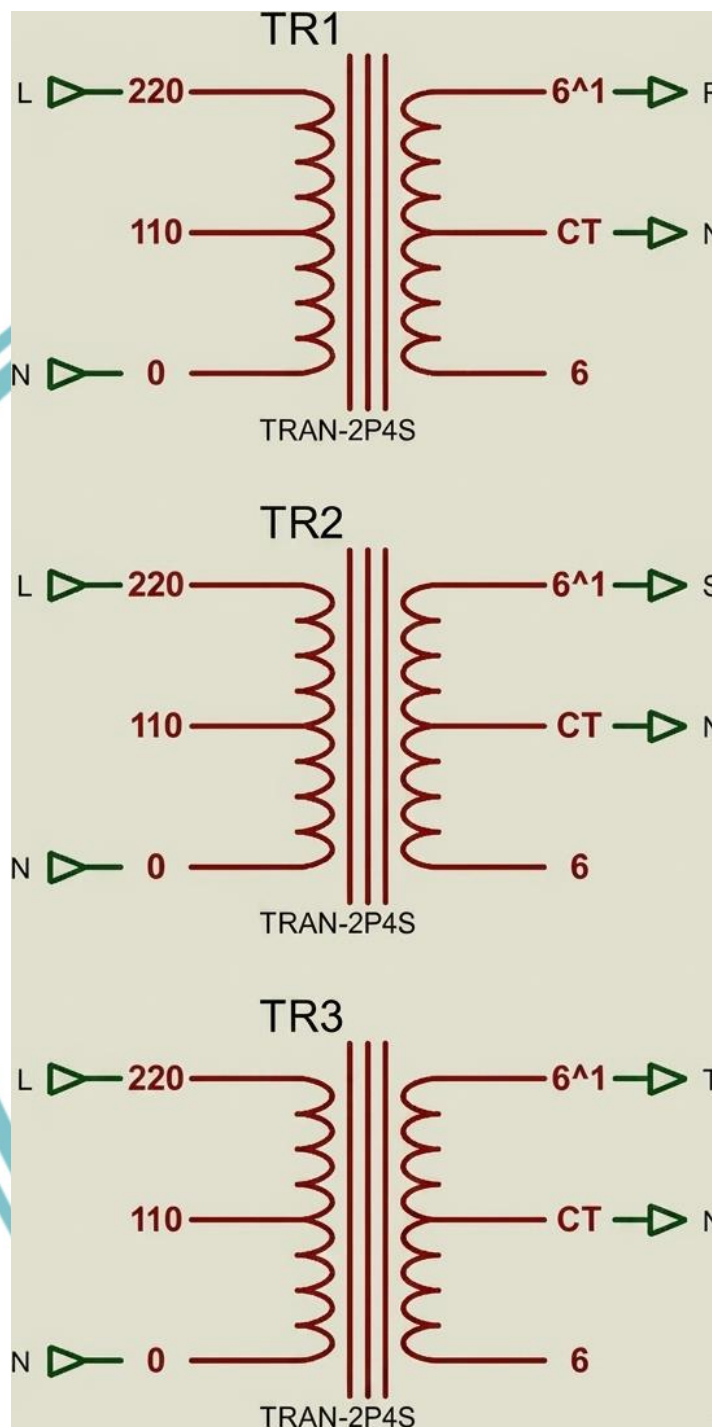




Hak Cipta :

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. DIAGRAM RANGKAIAN



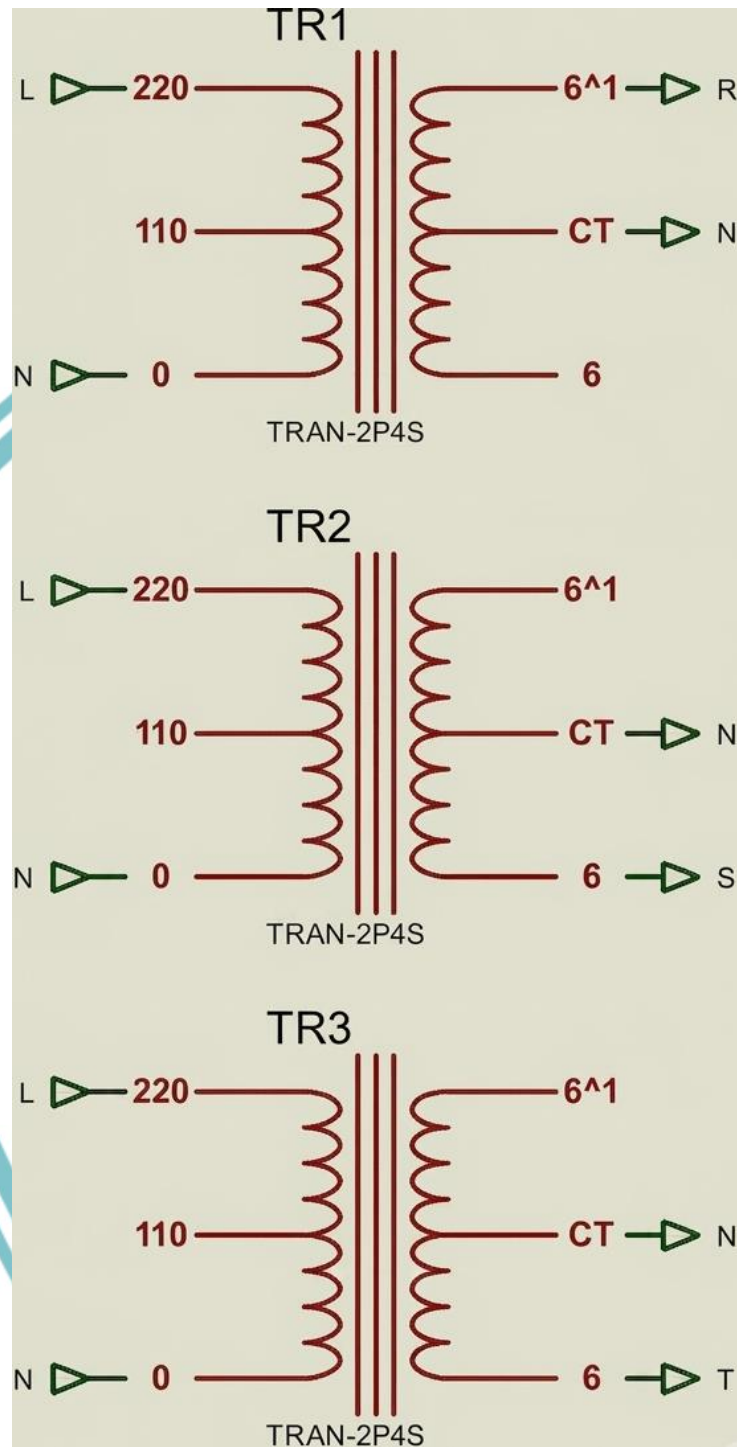
Gambar 1.1 Diagram Rangkaian 1a



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

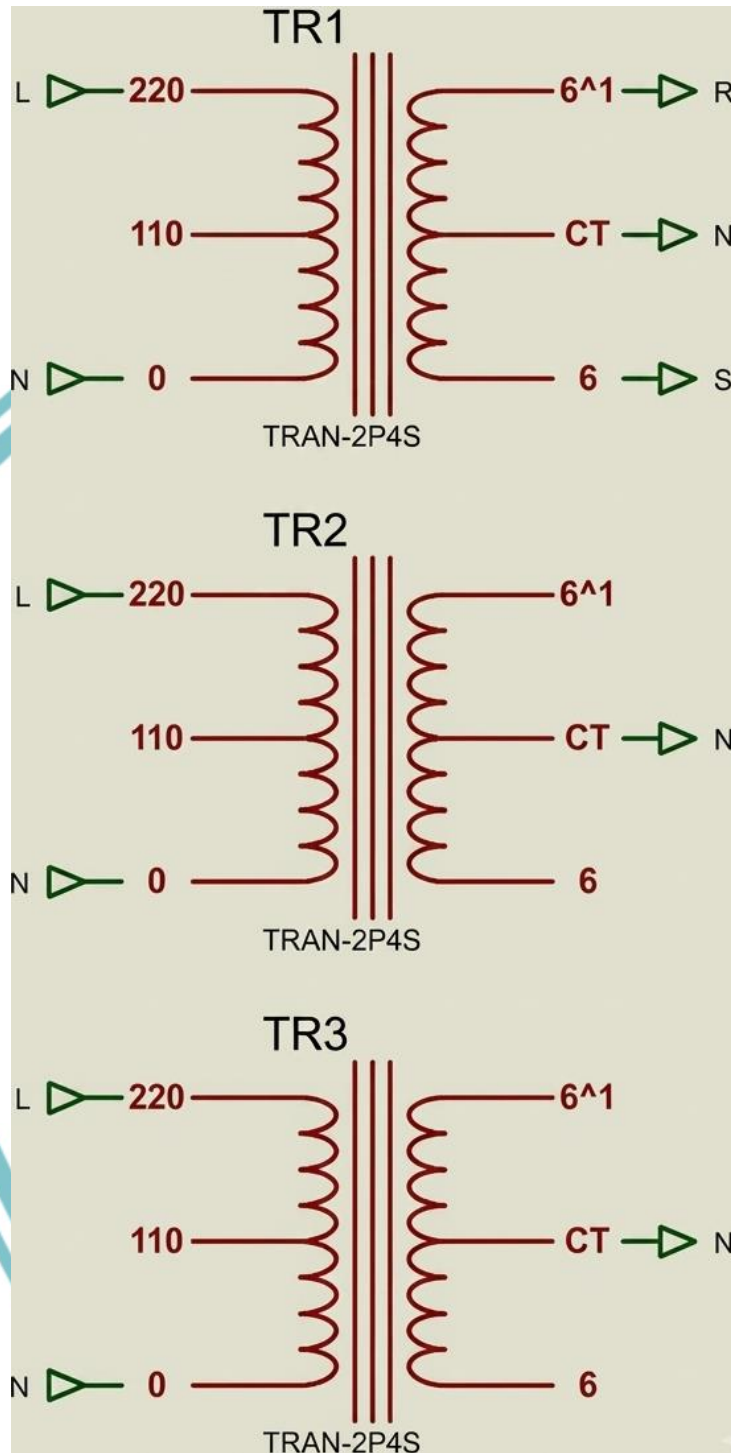
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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



Gambar 1.2 Diagram Rangkaian 1b

Hak Cipta :

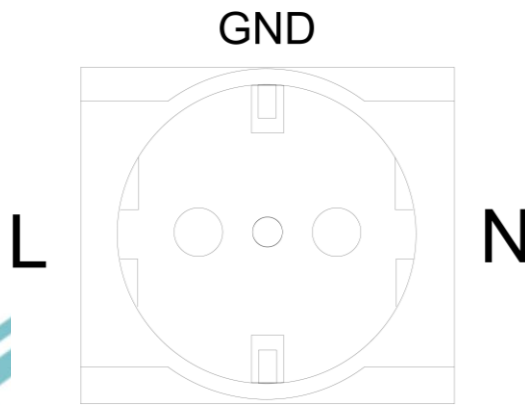
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan 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 1.3 Diagram Rangkaian 2

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 1.4 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

12. Hubungkan terminal keluaran positif (+) dan negatif (-) dari PSU ke terminal daya ZCD.
13. Hubungkan tiga transformator pada terminal keluaran 6V (6^1) 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.
14. Pasang dua probe osiloskop dan atur (set) pelemahan ke 10x pada probe dan osiloskop.
15. Hubungkan probe 1 ke terminal keluaran (output) R ZCD, dan probe 2 ke terminal keluaran (output) S ZCD.
16. Hubungkan probe ground (GND) osiloskop ke terminal GND ZCD.
17. 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).
18. Hubungkan terminal netral (0) transformator ke terminal netral (kanan) pada kotak kontak.
19. Nyalakan sumber daya tegangan tiga fasa pada meja kerja, lalu ubah saklar PSU ke posisi ON.
20. 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.
21. Setelah pengamatan rangkaian 1a selesai, rangkailah rangkaian 1b dan catat setiap output ZCD seperti no 9.
22. Setelah pengamatan rangkaian 1b selesai, rangkailah rangkaian 2 dan catat output ZCD R terhadap S.
23. Setelah pengamatan selesai, matikan saklar modul PSU, matikan sumber daya tegangan 3 fasa pada meja, dan lepas seluruh rangkaian kabel.

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

6. TUGAS DAN PERTANYAAN

7. Foto dan tampilkan hasil pengujian dari gambar osiloskop.
8. Buatlah tabel pengukuran yang mencakup hasil jarak waktu antar fasa (uS) berdasarkan data yang Anda peroleh!
9. Hitunglah selisih antara nilai waktu (uS) output fasa R sebagai referensi dengan output fasa lainnya dari hasil pengukuran osiloskop.
10. Analisis faktor-faktor apa saja yang menyebabkan terjadinya selisih tersebut!

