

**LAPORAN TUGAS AKHIR**  
**RANCANG BANGUN VOLTAGE SOURCE INVERTER TIGA**  
**FASE DENGAN METODE SINUSOIDAL PULSE WIDTH**  
**MODULATION MENGGUNAKAN ARDUINO DUE**



Disusun oleh :

**RIZAL ZULFIQRI AHMAD**

**20210120110**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**  
**YOGYAKARTA**  
**2023**

## HALAMAN PERNYATAAN

### HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rizal Zulfiqri Ahmad

NIM : 20210120110

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas/Sekolah : Teknik

Universitas : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi / Tugas Akhir dengan judul “Rancang Bangun Voltage Source Inverter Tiga Fase Dengan Metode Sinusoidal Pulse Width Modulation Menggunakan Arduino Due” tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan sumbernya secara lengkap dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 11 Juli 2023

Penulis,



Rizal Zulfiqri Ahmad

20210120110

## **PERSEMBAHAN**

*Laporan Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya, kakak, saudara, keluarga, dan seluruh teman-teman yang telah dan sangat mendukung, sabar, mau menemani, dan banyak memberikan bantuan dan doa-doa baiknya kepada saya.*

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas nikmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “Rancang Bangun Voltage Source Inverter Tiga Fase Dengan Metode Sinusoidal Pulse Width Modulation Menggunakan Arduino Due” yang menjadi syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.

Bukan hal mudah menyelesaikan tugas akhir, apalagi bertepatan sejak awal proses pengerjaan (September 2022) penulis mendapat diagnosa F41.2, *mixed anxiety and depressive disorder* dari psikiater. Pengalaman, ekspektasi, dan harapan dari penulis dan orang-orang di sekitar penulis acap kali membuat penulis cemas dan tertekan sebab keinginan dari penulis untuk memberikan yang terbaik. Namun demikian, penulis akhirnya mencapai titik ini. Tugas akhir selesai pun sudah cukup—dicukupkan dahulu. Lulus dan melanjutkan mimpi di tempat baru dengan kesempatan lain adalah yang penulis akhirnya coba raih.

Penulis sangat bersyukur sebab memiliki kesempatan untuk menyelesaikan tugas akhir dan mencapai titik ini. Proses pengerjaan tugas akhir ini dapat berjalan dengan baik berkat banyak bantuan yang telah diberikan oleh berbagai pihak. Dengan rasa tulus dan rendah hati, penulis mengucapkan banyak-banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Karisma Trinanda Putra, S.ST., M.T., Ph.D. selaku ketua program studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Kunnu Purwanto, S.T., M.Eng., dan Bapak Dr. Ir. Rahmat Adiprasetya Al Hasibi, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN. Eng., selaku dosen pembimbing tugas akhir atas bimbingan dalam penyusunan laporan ini.
3. Seluruh dosen pengajar di jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, terima kasih atas ilmu yang diberikan kepada penulis selama melanjutkan kuliah pada jenjang ini.

4. Bapak Ir. Lukman Subekti, M.T., yang telah mempercayai penulis dan membantu memberikan kesempatan, ilmu, serta fasilitas kepada penulis dan teman-teman untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Staff laboratorium Departemen Teknik Elektro dan Informatika, yang telah membantu dalam memberikan kesempatan untuk mengerjakan tugas akhir di laboratorium.
6. Serta pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis mengharapkan masukan berupa kritik dan saran dari pembaca agar penulis dapat melakukan penelitian dan menyusun laporan yang lebih baik lagi pada kesempatan lain. Mudah-mudahan isi dari laporan ini dapat memberikan manfaat yang baik bagi pembaca. Terima kasih.

Yogyakarta, Juli 2023



Penulis

## DAFTAR ISI

LAPORAN TUGAS AKHIR .....	1
LAPORAN TUGAS AKHIR .....	1
HALAMAN PENGESAHAN I.....	i
HALAMAN PENGESAHAN II .....	i
HALAMAN PERNYATAAN.....	ii
PERSEMBAHAN .....	iv
PRAKATA .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
INTISARI.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah.....	2
1.3    Tujuan .....	2
1.4    Manfaat Penelitian .....	2
1.5    Batasan Masalah .....	3
1.6    Sistematika Penulisan Laporan .....	3
BAB II DASAR TEORI.....	4
2.1    Tinjauan Pustaka.....	4
2.2    Inverter Tiga Fase .....	7
2.3    MOSFET .....	8
2.4    Optocoupler .....	12
2.5    SPWM.....	12
2.6    MOSFET Gate Driver dan Rangkaian <i>Bootstrap</i> .....	14
2.7    Full Bridge Rectifier .....	15

2.8	Transformator .....	17
2.9	Arduino .....	17
2.9.1	Arduino Due .....	18
2.9.2	Arduino IDE .....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....		20
3.1	Metodologi Penelitian .....	20
3.2	Analisis Kebutuhan dan Spesifikasi Alat.....	21
3.3	Perencanaan dan Perancangan Alat .....	23
3.3.1	Blok Diagram Alat.....	23
3.3.2	Masukan: Full Bridge Rectifier dan Catu Daya.....	23
3.3.3	Perancangan <i>Bridges</i> VSI Tiga Fase dan Pemilihan MOSFET: FQPF6N80C	25
3.3.4	Perancangan Rangkaian <i>Driver</i> MOSFET .....	27
3.3.5	Keluaran: Trafo dan Beban.....	33
3.4	Perancangan Program .....	35
3.4.1	Diagram Alir Program .....	35
3.4.2	Penentuan Nilai Indeks Modulasi .....	36
3.4.3	Pembuatan Array Lookup Table.....	37
3.4.4	Konfigurasi <i>Peripheral Pin</i> , <i>PWM Controller</i> , dan Pembentukan SPWM	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		43
4.1	Penampakan Alat .....	43
4.2	Peralatan Uji .....	44
4.3	Pengujian Fungsionalitas .....	45
4.3.1	Power Supply .....	45
4.3.2	Sinyal SPWM .....	48

4.3.3	Driver MOSFET .....	50
4.3.4	Half Bridge .....	54
4.4	Pengujian Sistem Alat Keseluruhan .....	58
4.4.1	Tanpa Trafo dan Tanpa Beban.....	58
4.4.2	Tanpa Beban .....	58
4.4.3	Beban Resistif .....	62
4.4.4	Beban Induktif .....	66
4.4.5	Beban Campuran.....	70
4.4.6	Perbandingan dengan Listrik PLN.....	74
4.4.7	Hal-hal Lain Saat Pengujian .....	76
BAB V PENUTUP .....		79
5.1	Kesimpulan.....	79
5.2	Saran.....	80
DAFTAR PUSTAKA.....		81
LAMPIRAN .....		83



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Klasifikasi inverter berdasarkan sumber masukan .....	7
Gambar 2.2 Topologi VSI Tiga Fase .....	8
Gambar 2.3 MOSFET .....	8
Gambar 2.4 Klasifikasi MOSFET .....	9
Gambar 2.5 Perbandingan transistor BJT, MOSFET, dan IGBT .....	11
Gambar 2.6 Simbol Optocoupler .....	12
Gambar 2.7 Sinusoidal Pulse Width Modulation .....	12
Gambar 2.8 Gelombang SPWM .....	14
Gambar 2.9 Rangkaian Bootstrap .....	15
Gambar 2.10 Full Bridge Rectifier .....	15
Gambar 2.11 Gelombang keluaran yang dihasilkan Full Bridge Rectifier .....	16
Gambar 2.12 Simbol Transformator .....	17
Gambar 2.13 Arduino Due .....	18
Gambar 2.14 Blok diagram PWM controller Arduino Due .....	18
Gambar 2.15 Arduino IDE .....	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	20
Gambar 3.2 Blok Diagram Alat .....	23
Gambar 3.3 <i>Power Supply</i> DC 250V 8A merk DeLorenzo .....	23
Gambar 3.4 Bagian isi dari <i>Power Supply</i> DC 250V 8A merk DeLorenzo .....	24
Gambar 3.5 Rancangan Rangkaian DC Bus Capacitor .....	24
Gambar 3.6 Catu Daya 15V untuk Driver Mosfet .....	25
Gambar 3.7 CMOS untuk high & low side .....	26
Gambar 3.8 NMOS untuk high & low side .....	26
Gambar 3.9 Rancangan Rangkaian <i>Bridge</i> MOSFET .....	27
Gambar 3.10 Grafik karakteristik keluaran MOSFET FQPF6N80C .....	28
Gambar 3.11 TLP250 .....	28
Gambar 3.12 Konfigurasi pin TLP250 .....	29
Gambar 3.13 Pengukuran $V_f$ pada TLP250 .....	30
Gambar 3.14 IR2111 .....	30
Gambar 3.15 Rancangan Rangkaian Driver MOSFET .....	32

Gambar 3.16 Trafo Merk Belt .....	33
Gambar 3.17 Konfigurasi Trafo Tiga Fase Delta-Wye .....	33
Gambar 3.18 Beban Resistif .....	34
Gambar 3.19 Beban Induktif .....	34
Gambar 3.20 Diagram alir program .....	35
Gambar 3.21 Pembuatan <i>Array Lookup Table</i> Menggunakan Excel .....	38
Gambar 3.22 Pin Arduino Due .....	40
Gambar 4.1 Rangkaian VSI Tiga Fase yang Telah Dibuat .....	43
Gambar 4.2 Multimeter .....	44
Gambar 4.3 Tachometer .....	44
Gambar 4.4 Osiloskop .....	45
Gambar 4.5 Power & Harmonic Analyzer .....	45
Gambar 4.6 Pengukuran Tegangan <i>Power Supply</i> pada Pengujian Fungsionalitas .....	46
Gambar 4.7 Rangkaian DC Bus Capacitor yang Telah Dibuat .....	46
Gambar 4.8 Pengukuran Keluaran DC Bus Capacitor .....	47
Gambar 4.9 Keluaran Catu Daya 15V .....	47
Gambar 4.10 <i>Low Pass Filter RC</i> .....	49
Gambar 4.11 Rangkaian Driver MOSFET yang Telah Dibuat .....	50
Gambar 4.12 Rangkaian <i>Bridge</i> MOSFET yang Telah Dibuat .....	54
Gambar 4.13 Pengukuran Tegangan <i>Power Supply</i> Pengujian Fungsionalitas <i>Bridge</i> MOSFET .....	55
Gambar 4.14 Pengujian Beban Resistif .....	62
Gambar 4.15 Pengujian Beban Induktif .....	66
Gambar 4.16 Pengujian Beban Campuran .....	70
Gambar 4.17 Filamen Bohlam Putus .....	71
Gambar 4.17 Pengujian Beban dengan Listrik PLN .....	74
Gambar 4.18 Pengujian RPM Motor .....	75
Gambar 4.19 Percikan Api .....	76
Gambar 4.20 MOSFET Pecah .....	77
Gambar 4.21 Gundukan Komponen Rusak .....	78
Gambar 4.22 Jalur PCB Rusak .....	78

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka Penelitian .....	4
Tabel 2.2 Tipe MOSFET .....	11
Tabel 3.1 Gelombang Sinus vs <i>Array Lookup Table</i> .....	39
Tabel 3.2 Penjelasan <i>Coding</i> .....	41
Tabel 4.1 Gelombang Keluaran <i>Power Supply</i> vs Keluaran DC Bus Capacitor.....	47
Tabel 4.2 Sinyal Keluaran SPWM Arduino Due Tanpa Filter vs Dengan Filter .....	48
Tabel 4.3 Dead Time pada Keluaran IR2111 .....	50
Tabel 4.4 Sinyal Keluaran Driver MOSFET Tanpa Filter vs Dengan Filter.....	52
Tabel 4.5 Sinyal Keluaran dan Tegangan Keluaran Inverter .....	55
Tabel 4.6 Keluaran Inverter Tanpa Trafo dan Tanpa Beban.....	58
Tabel 4.7 Keluaran Inverter Tanpa Beban.....	59
Tabel 4.8 Pengamatan Keluaran Tanpa Beban dengan <i>Power &amp; Harmonic Analyzer</i> ..	60
Tabel 4.9 Diagram Fasor Keluaran Inverter Tanpa Beban.....	61
Tabel 4.10 Keluaran Inverter Beban Resistif .....	63
Tabel 4.11 Pengamatan Keluaran Beban Resistif dengan <i>Power &amp; Harmonic Analyzer</i> .....	64
Tabel 4.12 Diagram Fasor Keluaran Inverter Beban Resistif .....	65
Tabel 4.13 Keluaran Inverter Beban Induktif.....	67
Tabel 4.14 Pengamatan Keluaran Beban Induktif dengan <i>Power &amp; Harmonic Analyzer</i> .....	68
Tabel 4.15 Diagram Fasor Keluaran Inverter Beban Induktif.....	69
Tabel 4.16 Keluaran Inverter Beban Campuran.....	71
Tabel 4.17 Pengamatan Keluaran Beban Campuran dengan <i>Power &amp; Harmonic Analyzer</i> .....	72
Tabel 4.18 Diagram Fasor Keluaran Inverter Beban Campuran.....	73
Tabel 4.19 Perbandingan Frekuensi dan RPM Keluaran Inverter vs Listrik PLN .....	75