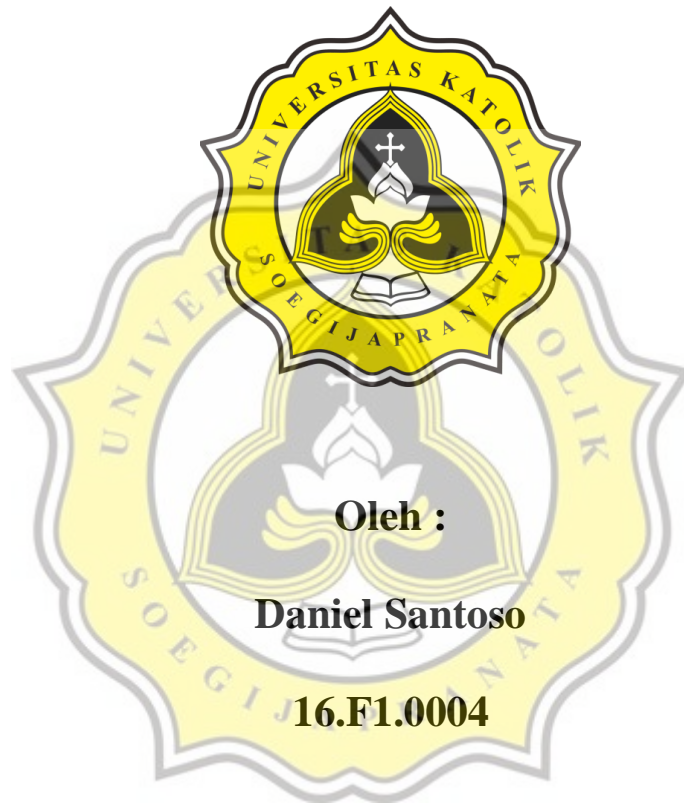


**DESAIN DAN IMPLEMENTASI INVERTER SATU
FASA LIMA TINGKAT TERKENDALI TEGANGAN**

LAPORAN TUGAS AKHIR



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA
SEMARANG**

2021

PERNYATAAN KEASLIAN LAPORAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Memperhatikan Surat Keputusan Rektor Universitas Katolik Soegijapranata Nomor.:0047/SK.Rek/X/2013 tanggal 07 Oktober 2013, tentang Pernyataan Laporan Tugas Akhir, maka bersama ini Laporan Tugas Akhir Saya yang berjudul **“DESAIN DAN IMPLEMENTASI *INVERTER* SATU FASA LIMA TINGKAT TERKENDALI TEGANGAN“**, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa Tugas Akhir ini sebagian atau seluruhnya merupakan hasil plagiasi, maka saya rela untuk dibatalkan, dengan segala akibat hukumnya sesuai peraturan yang berlaku pada Universitas Katolik Soegijapranata dan / atau peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Semarang, 19 Januari 2021

Yang menyatakan,



Daniel Santoso

NIM : 16.F1.0004



HALAMAN PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir: : DESAIN DAN IMPLEMENTASI INVERTER SATU FASA LIMA
TINGKAT TERKENDALI TEGANGAN

Diajukan oleh : Daniel Santoso

NIM : 16.F1.0004

Tanggal disetujui : 19 Januari 2021

Telah setuju oleh

Pembimbing : Dr. Leonardus Heru Pratomo S.T., M.T.

Penguji 1 : Dr. Ir. Florentinus Budi Setiawan M.T.

Penguji 2 : Prof. Dr. Ir. Slamet Riyadi M.T.

Penguji 3 : Dr. Leonardus Heru Pratomo S.T., M.T.

Ketua Program Studi : Dr. Leonardus Heru Pratomo S.T., M.T.

Dekan : Prof. Dr. Ir. Slamet Riyadi M.T.

Halaman ini merupakan halaman yang sah dan dapat diverifikasi melalui alamat di bawah ini.

sintak.unika.ac.id/skripsi/verifikasi/?id=16.F1.0004

**HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

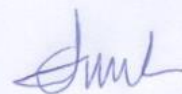
Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Daniel Santoso
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Jurnal Ilmiah

Menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Katolik Soegijapranata Semarang Hak Bebas Royalti Noneksklusif atau karya ilmiah yang berjudul **“The Voltage Control in Single-Phase Five-Level Inverter for a Stand-Alone Power Supply Application”** pada **Journal of Robotics and Control (JRC), Volume 2, Issue 5, September 2021**. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Katolik Soegijapranata Semarang berhak menyimpan, mengalihkan media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir ini selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Semarang, 19 Januari 2021
Yang menyatakan,



Daniel Santoso
NIM. 16.F1.0004

ABSTRAK

Di era revolusi industri 4.0 ini menuntut pengembangan terhadap transformasi digital salah satunya adalah *inverter*. Prinsip kerja *inverter* adalah mengubah sumber DC menjadi sumber AC. Peralatan yang menggunakan sumber AC memerlukan tegangan sumber yang terkendali. Untuk itu catu daya mandiri diperlukan sebagai sumber tegangan AC terkendali. Dalam catu daya mandiri, lazimnya menggunakan *inverter* konvensional. *Inverter* konvensional harus menggunakan frekuensi tinggi untuk mendapatkan tingkat kecacatan yang rendah pada sisi keluaran tegangan. Solusi lain dengan menggunakan *inverter* lima tingkat, yang memiliki jumlah saklar daya lebih sedikit. Pengendalian tegangan keluaran pada *inverter* lima tingkat satu fasa berfungsi untuk membuat catu daya mandiri. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat catu daya mandiri menggunakan *inverter* lima tingkat satu fasa topologi asimetris yang memiliki lima buah saklar daya terkendali tegangan keluaran sesuai standar IEEE 519. Prinsip kerja dari penelitian ini adalah melakukan modulasi lebar pulsa *sinusoidal* (SPWM) pada dua buah sinyal referensi yang tergeser 180° terhadap sinyal pembawa. *Inverter* lima tingkat tipe asimetris terkendali tegangan keluaran telah divalidasi dengan simulasi menggunakan software Power Simulator. *Inverter* lima tingkat tipe asimetris telah diimplementasikan di laboratorium. Hasilnya *inverter* dapat mengendalikan tegangan keluaran dengan nilai THD tegangan sebesar 4.39%.

KATA PENGANTAR

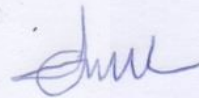
Penulis memanjatkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat, hikmat, dan rahmat-Nya maka skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi yang berjudul **DESAIN DAN IMPLEMENTASI INVERTER SATU FASA LIMA TINGKAT TERKENDALI TEGANGAN** ini disusun untuk memenuhi persyaratan kelulusan tingkat sarjana strata-I (S-1) pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya untuk semua bantuan yang telah diberikan, baik secara langsung maupun tidak langsung selama penyusunan tugas akhir ini hingga selesai. Secara khusus, penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus atas kasih dan kemurahan-Nya yang senantiasa memberikan hikmat dan kelancaran dalam pelaksanaan tugas akhir hingga penyusunan laporan akhir.
2. Kedua orang tua yang senantiasa mendukung dan memberikan moril serta materi kepada penulis.
3. Bapak Dr. Leonardus H. Pratomo ,S.T. , M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro dan dosen pembimbing tugas akhir, yang telah membimbing dari awal hingga akhir pelaksanaan tugas akhir yang selalu memberikan bantuan, saran, serta semangat dalam menyelesaikan tugas akhir.
4. Bapak Prof. Dr. Ign. Slamet Riyadi, MT selaku Dekan Fakultas Teknik dan Koordinator Tugas Akhir

5. Bapak Dr. Florentinus Budi Setiawan, MT., IPM selaku dosen Teknik Elektro.
6. Bapak Antonius Juang yang telah purna tugas dalam membantu keperluan akademik maupun non akademik selama perkuliahan.
7. Seluruh dosen dan karyawan Teknik Elektro, Universitas Katolik Soegijapranata.
8. Iwan Kristiawan sebagai rekan satu kelompok yang telah membantu dalam pelaksanaan Tugas Akhir.
9. Teman – teman angkatan 2016 seperjuangan, yang telah membantu dan mendukung selama perkuliahan hingga pelaksanaan tugas akhir.
10. Teman – teman dari Fakultas Teknik yang telah mendukung
11. Teman – teman dari fakultas lain maupun universitas lain yang telah mendukung

Semarang, 19 Januari 2021



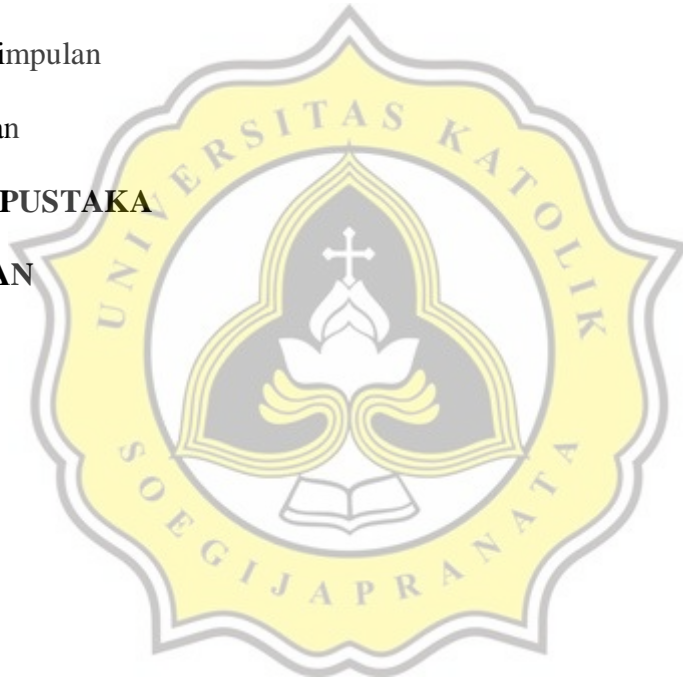
Daniel Santoso

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN LAPORAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Metodologi penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II DASAR TEORI	7
2.1 Pendahuluan	7
2.2 <i>Inverter</i> bertingkat	8
2.3 <i>Inverter</i> Lima tingkat tipe asimetris	13
2.4 Kriteria desain PI	14

2.5	Komponen Pendukung	15
2.5.1	MOSFET	15
2.5.2	Mikrokontroler	16
2.5.3	<i>Optocoupler</i>	17
2.5.4	Catu Daya	18
2.5.5	Sensor Tegangan	19
BAB III PERANCANGAN ALAT		21
3.1	Pendahuluan	21
3.2	Perancangan rangkaian daya dan mode operasi	23
3.2.1	Mode Operasi 1	24
3.2.2	Mode Operasi 2	25
3.2.3	Mode Operasi 3	25
3.2.4	Mode Operasi 4	27
3.2.5	Mode Operasi 5	27
3.3	Perancangan Kendali	32
3.3.1	Rangkaian <i>Driver</i>	38
3.3.2	Rangkaian Catu Daya <i>Driver</i>	39
3.4	Perancangan Rangkaian Sensor Tegangan	40
BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA		42
4.1	Pendahuluan	42
4.2	Hasil Simulasi	43
4.2.1	Simulasi <i>open loop</i>	43
4.2.2	Simulasi <i>closed loop</i>	46

4.3	Hasil Pengujian Alat	51
4.3.1	Hasil Pengujian Alat secara <i>open loop</i>	52
4.3.2	Hasil Pengujian Alat secara <i>closed loop</i>	56
4.4	Analisa Harmonisa	62
4.4.1	Analisa harmonisa pada simulasi	62
4.4.2	Analisa harmonisa pada alat	64
BAB V PENUTUP		65
5.1	Kesimpulan	65
5.2	Saran	65
DAFTAR PUSTAKA		66
LAMPIRAN		69



DAFTAR GAMBAR

Gambar-2.1 <i>Inverter</i> lima tingkat tipe <i>cascaded</i>	10
Gambar-2.2 <i>Inverter</i> lima tingkat tipe <i>flying capacitor</i>	11
Gambar-2.3 <i>Inverter</i> lima tingkat satu fasa tipe <i>diode clamp</i>	12
Gambar-2.4 Diagram pemodelan kontroler PI	14
Gambar-2.5 MOSFET IRFP260N	16
Gambar-2.6 Mikrokontroler Arduino Due	17
Gambar-2.7 <i>Optocoupler</i> TLP250	18
Gambar-2.8 Catu Daya 12 Volt DC – DC <i>isolated</i>	19
Gambar-2.9 Rangkaian Sensor Tegangan	20
Gambar-3.1 Diagram Blok Perancangan Alat	22
Gambar-3.2 Topologi <i>inverter</i> satu fasa lima tingkat tipe asimetris	23
Gambar-3.3 Mode Operasi 1	24
Gambar-3.4 Mode Operasi 2	25
Gambar-3.5 Mode Operasi 3. (a) Siklus Positif. (b) Siklus Negatif	26
Gambar-3.6 Mode Operasi 4	27
Gambar-3.7 Mode Operasi 5	28
Gambar-3.8 Kendali proses pensaklaran	29
Gambar-3.9 Modulasi SPWM	30
Gambar-3.10 Pengadobsian dari <i>inverter</i> unipolar tipe <i>H-bridge</i>	31
Gambar-3.11 Rangkaian Daya Beserta Rangkaian Kendali	32
Gambar-3.12 Algoritma Program	34
Gambar-3.13 Rangkaian <i>Driver</i>	39

Gambar-3.14 Rangkaian Catu Daya <i>Driver</i>	40
Gambar-3.15 Skema Rangkaian Sensor Tegangan	41
Gambar-4.1 Hasil SPWM <i>Open Loop</i> Pada S5	44
Gambar-4.2 Hasil SPWM <i>Open Loop</i> Pada S1 dan S4	44
Gambar-4.3 Hasil SPWM <i>Open Loop</i> Pada S1 dan S4	45
Gambar-4.4 Sinyal Keluaran VL dan VO <i>Open Loop</i>	45
Gambar-4.5 Sinyal Keluaran VO dan IO <i>Open Loop</i>	46
Gambar-4.6 Hasil SPWM <i>Closed Loop</i> Pada S5	47
Gambar-4.7 Hasil SPWM <i>Closed Loop</i> Pada S1 dan S4	48
Gambar-4.8 Hasil SPWM <i>Closed Loop</i> Pada S2 dan S3	48
Gambar-4.9 Hasil Sinyal Aktual (V_{act}) dan Sinyal Referensi (V_{ref})	49
Gambar-4.10 Sinyal Keluaran VL dan VO <i>Closed Loop</i>	49
Gambar-4.11 Sinyal Keluaran VO dan IO <i>Closed Loop</i>	50
Gambar-4.12 Implementasi Alat Di Laboratorium	52
Gambar-4.13 Data osiloskop secara <i>open loop</i> untuk S5	54
Gambar-4.14 Data osiloskop <i>open loop</i> untuk S1 dan S4	54
Gambar-4.15 Data osiloskop secara <i>open loop</i> untuk S2 dan S3	54
Gambar-4.16 Data osiloskop secara <i>open loop</i> untuk VL dan VO	55
Gambar-4.17 Data osiloskop secara <i>open loop</i> untuk VO dan IO	56
Gambar-4.18 Data osiloskop secara <i>closed loop</i> menggunakan untuk S5	58
Gambar-4.19 Data osiloskop secara <i>closed loop</i> untuk S1 dan S4	58
Gambar-4.20 Data osiloskop secara <i>closed loop</i> untuk S2 dan S3	58
Gambar-4.21 Hasil pengukuran V_{ref} dan V_{act} menggunakan osiloskop	59

Gambar-4.22 Data osiloskop secara <i>closed loop</i> untuk VL dan VO	60
Gambar-4.23 Data osiloskop secara <i>closed loop</i> untuk VO dan IO	61
Gambar-4.24 Analisa Harmonisa Pada Simulasi	63
Gambar-4.25 Hasil Pengukuran THD tegangan Pada Alat	64



DAFTAR TABEL

Tabel-3.1 Tabel Pensaklaran	28
Tabel-4.1 Parameter Simulasi	43
Tabel-4.2 Parameter Pengujian Alat	51

