

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

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 ARUS**” tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Universitas Katolik Soegijapranata Semarang, dan sepanjang sepengetahuan 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 hukumannya sesuai peraturan yang berlaku pada Universitas Katolik Soegijapranata dan / atau perundang-undangan yang berlaku.

Semarang, 19 Januari 2021

Yang menyatakan,



(Iwan Kristiawan)

NIM: 16.F2.0001

HALAMAN PENGESAHAN



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

Diajukan oleh : Iwan Kristiawan

NIM : 16.F2.0001

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.F2.0001

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

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Iwan Kristiawan
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 **“PENGIRIMAN DAYA DARI INVERTER LIMA TINGKAT KE GRID SATU FASA MENGGUNAKAN ARDUINO DUE”** pada **Jurnal Teknik Elektro, Volume Vol. 12, No. 2, 2020**. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Katolik Soegijapranata 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,



Iwan Kristiawan

NIM. 16.F2.0001

ABSTRAK

Inverter telah digunakan untuk berbagai macam aplikasi dalam sistem energi baru terbarukan. Penggunaan *inverter* dalam sistem PLTS dapat berupa *off grid* dan *on grid*. Dalam sistem *on grid*, *Inverter* yang digunakan lazimnya menggunakan *H-Bridge inverter* yang arus keluarannya terkendali. *Inverter* jenis ini memiliki kelemahan antara lain: menggunakan frekuensi tinggi agar mendapatkan tingkat kecacatan yang rendah pada sisi arus keluaran. Solusi lain menggunakan *inverter* lima tingkat dengan pertimbangan saklar daya. Penelitian ini bertujuan untuk membuat *inverter* lima tingkat dengan lima saklar daya dengan arus terkendali. Prinsip kerja menggunakan dua buah sinyal sinusoidal yang saling bergeser sebesar 180° dibandingkan dengan sinyal pembawa untuk menghasilkan sinyal modulasi lebar pulsa sinusoidal. Sinyal ini digunakan sebagai pengendali setiap saklar daya. *Inverter* lima tingkat satu fasa arus terkendali divalidasi dengan menggunakan simulasi perangkat lunak *Power Simulation*. Tahap akhir dilakukan implementasi perangkat keras di laboratorium. Hasilnya *inverter* lima tingkat menghasilkan arus dengan THD sebesar 4.01%.

KATA PENGANTAR

Dengan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan kasih-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir. Atas dukungan moral dan material selama proses pembuatan perangkat keras hingga penulisan laporan Tugas Akhir, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan kesehatan dan kelancaran dalam pembuatan laporan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan dan semangat secara materil maupun moril.
3. Bapak Dr. Leonardus H. Pratomo, S.T., M.T selaku dosen pembimbing Tugas Akhir dan ketua program studi teknik elektro.
4. Bapak Prof. Dr. Ign. Slamet Riyadi, MT. selaku koordinator kegiatan Tugas Akhir dan Dekan fakultas teknik Universitas Katolik Soegijapranata.
5. Bapak Dr. Florentinus Budi Setiawan, MT., IPM. Selaku dosen program studi teknik elektro.
6. Daniel sebagai teman yang telah berdinamika dalam pembuatan perangkat keras Tugas Akhir ini.
7. Pihak keluarga dan rekan-rekan, yang selalu memberi semangat dan dukungan kepada penulis.
8. Teman-teman Angkatan 2016 yang telah menjadi teman seperjuangan dari awal sampai saat ini.

Penulis menyadari jika dalam pembuatan laporan ini belum sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran diperlukan supaya penulis dapat menulis laporan lebih baik untuk kedepannya.

Semarang, 19 Januari 2021



Iwan Kristiawan



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN LAPORAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)	ii
HALAMAN 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 Rumusan Masalah	3
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat	3
1.5 Metode Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB II LANDASAN TEORI	8
2.1 Pendahuluan	8
2.2 <i>Grid Tie Inverter (GTI)</i>	8
2.3 <i>Inverter</i>	9
2.4 <i>Inverter Bertingkat</i>	10

2.4.1	<i>Inverter</i> Bertingkat-Dioda	11
2.4.2	<i>Inverter</i> Bertingkat-Kapasitor	12
2.4.3	<i>Inverter H-bridge</i> Bertingkat	13
2.5	THD	14
2.6	Modulasi Lebar Pulsa Sinusoidal	14
2.7	Komponen Penunjang	16
2.7.1	Mikrokontroler	16
2.7.2	MOSFET	17
2.7.3	<i>OPTOCOUPLER</i>	18
2.7.4	<i>Driver</i> MOSFET	19
2.7.5	Catu Daya	20
2.7.6	Sensor Arus	20
2.8	Sistem Kendali	21
2.8.1	Proporsional	22
2.8.2	Integral	22
	BAB III RANCANGAN DAN MODE OPERASI	24
3.1	Pendahuluan	24
3.2	Topologi <i>Inverter</i> Lima Tingkat Satu Fasa	24
3.3	Mode Operasi	26
3.3.1	Mode Operasi 1	26
3.3.2	Mode Operasi 2	27
3.3.3	Mode Operasi 3	28
3.3.4	Mode Operasi 4	29

3.3.5	Mode Operasi 5	30
3.4	Desain Kendali <i>Inverter</i>	33
3.5	Rangkaian <i>Driver</i>	39
3.6	Rangkaian Catu Daya	40
3.7	Rangkaian Sensor Arus LEM HX 10-P	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		42
4.1	Pendahuluan	42
4.2	Hasil Simulasi <i>Power Simulation</i> (PSIM)	42
4.3	Hasil Pengujian Perangkat Keras	49
4.4	Pembahasan	58
BAB V PENUTUP		59
5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran	59
DAFTAR PUSTAKA		60
LAMPIRAN		63



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Pengiriman Arus Pada Sistem Grid Tie <i>Inverter</i> (GTI)	8
Gambar 2.2. Topologi <i>H-bridge Inverter</i>	10
Gambar 2.3. Topologi <i>Inverter</i> Bertingkat-Dioda	11
Gambar 2.4. Topologi <i>Inverter</i> Bertingkat-Kapasitor	12
Gambar 2.5 Topologi <i>Inverter H-bridge</i> Bertingkat	13
Gambar 2.6 Modulasi Lebar Pulsa Sinusoidal: (a). Teknik <i>bipolar</i> (b). Teknik <i>unipolar</i> .	15
Gambar 2.7 Diagram Pin Mikrokontroler	17
Gambar 2.8 Simbol MOSFET	18
Gambar 2.9 Konstruksi <i>Optocoupler</i> .	19
Gambar 2.10 Konstruksi <i>Driver</i> MOSFET.	19
Gambar 2.11. Rangkaian Rekomendasi Catu Daya [21].	20
Gambar 2.12 Konstruksi Sensor Arus.	21
Gambar 3.1 Topologi <i>Inverter</i> Lima Tingkat Satu Fasa	24
Gambar 3.2 Pembangkitan Tingkatan: (a). Bagian Pertama (b). Bagian Kedua.	25
Gambar 3.3 Mode Operasi 1.	26
Gambar 3.4 Mode Operasi 2.	27
Gambar 3.5 Mode Operasi 3: (a). Siklus Positif. (b). Siklus negatif	28
Gambar 3.6 Mode Operasi 4	29
Gambar 3.7 Mode Operasi 5	30
Gambar 3.8. Pensaklaran Pada <i>Inverter</i> Lima Tingkat	32
Gambar 3.9 Modulasi Lebar Pulsa Sinusoidal <i>Unipolar</i>	32

Gambar 3.10. Hasil Keluaran Tegangan Sesudah Dan Sebelum Induktor	33
Gambar 3.11 Blok Diagram Sistem Kendali <i>Inverter</i> Lima Tingkat	33
Gambar 3.12 Diagram Alur Program	34
Gambar 3.13 Rangkaian <i>Driver</i>	39
Gambar 3.14 Rangkaian Catu Daya	40
Gambar 3.15 Skema Rangkaian Sensor Arus LEM HX 10-P	41
Gambar 4.1. Pensaklaran Pada Saklar Daya S1 <i>Open Loop</i>	43
Gambar 4.2. Pensaklaran Pada Saklar Daya S2 dan S3 <i>Open Loop</i>	44
Gambar 4.3. Pensaklaran pada saklar daya S4 dan S5 <i>Open Loop</i>	44
Gambar 4.4. Bentuk Simulasi Gelombang Tegangan Keluaran <i>Inverter</i> Lima Tingkat Sebelum Induktor (VL) dan Sesudah Induktor (VO) <i>Open Loop</i>	45
Gambar 4.5. Bentuk Simulasi Gelombang Arus dan Tegangan <i>Open Loop</i>	45
Gambar 4.6. Bentuk Simulasi Gelombang Arus Aktual (biru) dan Referensi Arus <i>Inverter</i> Lima Tingkat	46
Gambar 4.7. Pensaklaran Pada Saklar Daya S1 <i>Closed Loop</i>	46
Gambar 4.8. Pensaklaran Pada Saklar Daya S2 dan S3 <i>Closed Loop</i>	47
Gambar 4.9. Pensaklaran pada saklar daya S4 dan S5 <i>Closed Loop</i>	47
Gambar 4.10. Bentuk Simulasi Gelombang Tegangan Keluaran <i>Inverter</i> Lima Tingkat Sebelum Induktor (VL) dan Sesudah Induktor (VO) <i>Closed Loop</i>	48
Gambar 4.11. Bentuk Simulasi Gelombang Arus dan Tegangan <i>Closed Loop</i>	48
Gambar 4.12. Hasil Simulasi THD Arus <i>Inverter</i> Lima Tingkat	49
Gambar 4.13. Perangkat Keras <i>Inverter</i> Lima Tingkat	49
Gambar 4.14. Sinyal Pensaklaran Pada S1 <i>Open Loop</i>	51

Gambar 4.15. Sinyal Pensaklaran Pada S2 dan S3 <i>Open Loop</i>	51
Gambar 4.16. Sinyal Pensaklaran Pada S4 dan S5 <i>Open Loop</i>	52
Gambar 4.17. Bentuk Gelombang Tegangan <i>Inverter</i> Lima Tingkat Sebelum (kuning) dan Sesudah Induktor (hijau) <i>Closed Loop</i> .	53
Gambar 4.18. Bentuk Gelombang Arus (kuning) dan Tegangan (hijau) <i>Inverter</i> Lima Tingkat <i>Open Loop</i> .	53
Gambar 4.19. Bentuk Gelombang Arus Aktual (kuning) dan Arus Referensi <i>Inverter</i> Lima Tingkat <i>Closed Loop</i> .	54
Gambar 4.20. Sinyal Pensaklaran Pada S1 <i>Closed Loop</i>	54
Gambar 4.21. Sinyal Pensaklaran Pada S2 dan S3 <i>Closed Loop</i>	55
Gambar 4.22. Sinyal Pensaklaran Pada S4 dan S5 <i>Closed Loop</i>	55
Gambar 4.23. Bentuk Gelombang Tegangan <i>Inverter</i> Lima Tingkat Sebelum (kuning) dan Sesudah Induktor (hijau) <i>Closed Loop</i> .	56
Gambar 4.24. Bentuk Gelombang Arus (kuning) dan Tegangan (hijau) <i>Inverter</i> Lima Tingkat <i>Closed Loop</i> .	57
Gambar 4.25. Implementasi THD Arus <i>Inverter</i> Lima Tingkat.	57

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Pola Pensaklaran <i>Inverter</i> Lima Tingkat.	31
Tabel 4.1. Nilai Parameter Simulasi.	43
Tabel 4.2. Nilai Parameter Implementasi.	50

