

**INVERTER TIPE VOLT/HERTZ TIGA FASA  
DENGAN INJEKSI HARMONISA ORDE KE TIGA**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**



**Oleh :**

**MAHARDIAN KURNIAWAN**

**03.50.0049**

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

**2009**

## PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir dengan judul “Inverter Tipe Volt/Hertz Tiga Fasa Dengan Injeksi Harmonisa Orde Ke Tiga” diajukan untuk memenuhi sebagian dari persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro pada Program Studi Teknik Elektro di Fakultas Teknologi Industri Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

Laporan Tugas Akhir ini disetujui pada tanggal . . . Nopember 2009.

Semarang, . . . Nopember 2009

Menyetujui,  
Pembimbing

Leonardus Heru P., ST. MT.  
058.1.2000.234

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknologi Industri

Leonardus Heru P., ST. MT.  
058.1.2000.234

## **ABSTRAK**

*Inverter adalah suatu peralatan dalam elektronika daya yang dibutuhkan untuk mengubah tegangan dari DC ke AC. Volt/hertz merupakan suatu sistem kontrol yang bertujuan mengatur perubahan frekuensi berdasarkan perubahan referensi tegangan DC. Dalam suatu aplikasi sebagai pengendali sistem daya inverter 3 fasa volt/hertz control dimaksudkan untuk mengendalikan tegangan keluaran inverter secara bersamaan dengan pengendalian frekuensi keluarannya atau biasa disebut dengan Variable voltage variable frekuensi (VVVF).*

*Pada Tugas Akhir ini mengimplementasikan rangkaian kontrol volt/hertz sebagai pengendali tegangan dan frekuensi inverter 3 fasa 3 lengan melalui sistem loop terbuka untuk menjalankan motor induksi 3 fasa. Konversi tegangan ke frekuensi digunakan untuk membangkitkan sinyal harmonisa orde ke tiga terprogram dalam mikrokontrol yang diolah lebih lanjut oleh rangkaian DAC. Indeks modulasi dari SPWM digunakan untuk mengatur tegangan dan frekuensi keluaran inverter yang merupakan perkalian antara sinyal injeksi harmonisa orde ke tiga dengan tegangan referensi kemudian dibandingkan dengan sinyal segitiga. Dengan metode ini diharapkan akan meningkatkan kinerja dari sistem.*

*Kata kunci : Volt/hertz kontrol, inverter 3 fasa 3 lengan, harmonisa orde ke tiga.*



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena dengan segala rahmat dan anugerahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir beserta laporan Tugas Akhir yang berjudul “ **INVERTER TIPE VOLT/HERTZ TIGA FASA DENGAN INJEKSI HARMONISA ORDE KE TIGA**” yang menjadi tugas studi penulis sebagai mahasiswa Program Sarjana Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Katolik Soegijapranata.

Pembuatan Tugas Akhir dan penyusunan laporan Tugas Akhir ini tak lepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Bapak Leonardus Heru P., ST, MT; selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Katolik Soegijapranata Semarang, sekaligus sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir, yang telah membimbing saya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini dan yang juga memberikan saran, kritik, dan semangat pada saya.
2. Ibu Thecla Brenda Chandrawati., ST, MT, selaku Dosen wali angkatan 2003.
3. Mas Agung, yang telah memberikan banyak bantuan, dukungan, dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Seluruh Dosen dan Karyawan Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro Universitas Katolik Soegijapranata Semarang, yang telah banyak membantu memberikan fasilitas sehingga pengerjaan Tugas Akhir ini dapat berjalan lancar.

5. Ayah, Ibu, dan adiku yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materiil.
6. Teman-temanku elektro :Bram, Anton, Wisnu, Nicko, Friska, Mbah Tanto, Abri, Don, Baskoro, Avid, Edy, Wiwin, pokoknya semuanya, terimakasih untuk doa dan dukungannya.
7. Pihak-pihak lain yang telah banyak membantu dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini, yang pada kesempatan ini tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak kekurangan, maka penulis sangat mengharapkan saran maupun kritik dari berbagai pihak untuk perbaikan dimasa yang akan datang. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan permohonan maaf apabila terdapat hal – hal yang kurang berkenan dalam penulisan laporan ini.

Akhirnya besar harapan penulis bahwa laporan ini dapat memberikan sumbangan yang berarti bagi kemajuan ilmu dan teknologi di lingkungan kampus Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

Semarang, 2009

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
ABSTRAK .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Pembatasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat .....	3
1.5 Metodologi Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI .....</b>	<b>6</b>
2.1 Pendahuluan .....	6
2.2 Tinjauan Mengenai Volt/Hertz Kontrol .....	7
2.3 Pengendalian Motor Induksi .....	8
2.4 Inverter (DC to AC Konverter) .....	12
2.5 Teknik Modulasi Lebar Pulsa .....	18

2.6	Injeksi Harmonisa Orde ke Tiga .....	22
2.7	Counter 8 Bit .....	26
2.8	Mikrokontroler AT89C52 .....	26
2.8.1	Konfigurasi Mikrokontroler AT89C52 .....	28
2.9	Digital to Analog Konverter .....	31
2.10	Multiplier .....	33
2.11	MOSFET (Metal Oxide Semiconductor FET) .....	35
2.12	Opto Coupler TLP 250 .....	37
<b>BAB III</b>	<b>PERANCANGAN INVERTER TIPE VOLT/HERTZ TIGA FASA</b>	
	<b>INJEKSI HARMONISA ORDE KE TIGA .....</b>	<b>39</b>
3.1	Pendahuluan .....	39
3.2	Perancangan Alat .....	40
3.3	Metode Injeksi .....	41
3.4	Voltage to Frekuensi Converter LM 331 .....	43
3.5	Pembentukan Sinyal Referensi Tiga Fasa .....	44
3.5.1	Counter 8 Bit .....	44
3.5.2	Mikrokontroler AT89C52 .....	45
3.5.3	DAC 0808 .....	47
3.6	Rangkaian Multiplier AD-633 .....	48
3.7	Pembentukan Sinyal Carrier .....	49
3.8	Rangkaian SPWM .....	52
3.9	Rangkaian Daya Inverter Tiga Fasa Tiga Lengan .....	54
3.10	Rangkaian Driver .....	55

BAB IV	HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA .....	58
4.1	Menggunakan Metode Sinusoidal .....	58
4.1.1	Indeks Modulasi Terhadap Frekuensi .....	61
4.1.2	Indeks Modulasi Terhadap Kecepatan .....	63
4.1.3	Hasil Pengukuran Menggunakan Osiloskop .....	64
4.2	Menggunakan Metode Injeksi Harmonisa Orde ke Tiga .....	67
4.2.1	Indeks Modulasi Terhadap Frekuensi .....	70
4.2.2	Indeks Modulasi Terhadap Kecepatan .....	73
4.2.3	Hasil Pengukuran Menggunakan Osiloskop .....	75
4.3	Komparasi Metode Sinusoidal Dengan Metode Injeksi Harmonisa Orde ke Tiga .....	78
BAB V	PENUTUP .....	
5.1	Kesimpulan .....	80
5.2	Saran .....	80
DAFTAR PUSTAKA	.....	81



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rangkaian Kontrol Loop Terbuka Volt/Hertz .....	7
Gambar 2.2 Rangkaian Ekivalaen satu fasa motor induksi tiga fasa .....	9
Gambar 2.3 Daerah pengaturan motor induksi .....	12
Gambar 2.4 Konfigurasi Inverter 3 fasa 3 lengan .....	13
Gambar 2.5 Konfigurasi saklar daya inverter 3 fasa 3 lengan .....	14
Gambar 2.6 Pembangkitan PWM Sinusoida satu fasa secara analog .....	20
Gambar 2.7 Modulasi sinyal dengan injeksi harmonisa orde ke tiga .....	23
Gambar 2.8 Modulasi injeksi harmonisa .....	24
Gambar 2.9 Modulasi harmonisa orde ke tiga .....	25
Gambar 2.10 Diagram fungsi counter 8 bit.....	26
Gambar 2.11 Konfigurasi kaki mikrokontroler AT89C52.....	28
Gambar 2.12 Pengolah digital ke analog .....	32
Gambar 2.13 Diagram blok pengali.....	34
Gambar 2.14 Rangkaian pengali AD 633 .....	34
Gambar 2.15 MOSFET tipe depleksi (a) kanal n (b) kanal p .....	36
Gambar 2.15 MOSFET tipe enhancement (a) kanal n (b) kanal p.....	37
Gambar 2.16 Konstruksi Opto Coupler TLP 250 .....	38
Gambar 3.1 Diagram blok perancangan Inverter Volt/Hertz kontrol .....	40
Gambar 3.2 Simulasi metode injeksi harmonisa orde ke tiga.....	41
Gambar 3.3 Gelombang injeksi harmonisa orde ke tiga dalam PSIM.....	42
Gambar 3.4 Gelombang injeksi harmonisa orde ke tiga dalam Ms excel .....	42

Gambar 3.5 Diagram blok konversi PSIM ke Mikrokontroler .....	43
Gambar 3.6 Rangkaian Voltage/hertz LM 331 .....	44
Gambar 3.7 Diagram fungsi IC 4520 .....	45
Gambar 3.8 Diagram flowchart Mikrokontroler .....	46
Gambar 3.9 Sistem minimum DAC .....	47
Gambar 3.10 Rangkaian Pengali AD 633 .....	48
Gambar 3.11 Rangkaian XR-2206 sebagai pembangkit gelombang segitiga..	49
Gambar 3.12 Gelombang segitiga dari XR-2206 .....	50
Gambar 3.13 Pembentuk gelombang segitiga simetris terhadap sumbu nol ...	51
Gambar 3.14 Metode pembangkitan SPWM 3 fasa.....	53
Gambar 3.15 Pulsa kontrol saklar daya inverter saling tergeser $120^\circ$ .....	54
Gambar 3.16 Konfigurasi saklar daya inverter 3 fasa 3 lengan .....	54
Gambar 3.17 Rangkaian driver dengan deadtime .....	56
Gambar 4.1 Grafik indeks modulasi terhadap frekuensi.....	62
Gambar 4.2 Grafik indeks modulasi terhadap kecepatan.....	64
Gambar 4.3 Sinyal referensi 3 fasa .....	65
Gambar 4.4 Hasil pengujian terhadap tegangan antar fasa keluaran inverter..	65
Gambar 4.5 Hasil pengujian terhadap tegangan fasa netral keluaran inverter.	66
Gambar 4.6 Hasil pengujian terhadap arus keluaran inverter .....	67
Gambar 4.7 Grafik indeks modulasi terhadap frekuensi.....	72
Gambar 4.8 Grafik indeks modulasi terhadap kecepatan.....	74
Gambar 4.9 Sinyal referensi 3 fasa .....	75

Gambar 4.10 Hasil pengujian terhadap tegangan antar fasa keluaran inverter	76
Gambar 4.11 Hasil pengujian terhadap tegangan fasa netral keluaran inverter .....	77
Gambar 4.12 Hasil pengujian terhadap arus keluaran inverter.....	77
Gambar 4.13 Grafik indeks modulasi terhadap frekuensi.....	78
Gambar 4.14 Grafik indeks modulasi terhadap kecepatan.....	79

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Tegangan fasa sesaat pada inverter 3 fasa 3 lengan.....	23
Tabel 2.2 Tegangan antar fasa sesaat pada inverter 3 fasa 3 lengan.....	23
Tabel 4.1 Indeks modulasi terhadap frekuensi.....	61
Tabel 4.2 Indeks modulasi terhadap kecepatan.....	63
Tabel 4.3 Indeks modulasi terhadap frekuensi.....	70
Tabel 4.4 Indeks modulasi terhadap kecepatan.....	73