



**SISTEM INVERTER MOTOR INDUKSI 3 FASA DENGAN
KONTROL PI BERBASIS PCI**

SKRIPSI

Oleh

Yusqi Ghyasil Majid

NIM 101910201016

PROGRAM STUDI STRATA SATU (S1)

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2014



**SISTEM INVERTER MOTOR INDUKSI 3 FASA DENGAN
KONTROL PI BERBASIS PCI**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Yusqi Ghyasil Majid

NIM 101910201016

PROGRAM STUDI STRATA SATU (S1)

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2014

PERSEMBAHAN

Syukur Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Sistem Inverter Motor Induksi 3 Fasa Dengan Kontrol PI Berbasis PCI”** dan skripsi ini merupakan gerbang awal dalam mencapai kesuksesan selanjutnya.

Untuk itu saya ingin mempersembahkan karya ini kepada:

1. Ibukku Astiwi dan Bapakku Teguh Santoso,S.Pd. terima kasih telah medoakan dan memberikan semua yang saya perlukan hingga saat ini.
2. Mbakku Prima santi serta Adikku Marwah Majidah, terimakasih telah mengajarku menjadi seorang adik dan kakak.
3. Dosen-dosen pembimbing skripsi Bapak Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M. dan Bapak Andi Setiawan, S.T., M.T. yang telah memberikan pengarahan dan kesabaran untuk membimbing saya demi terselesaikannya skripsi ini.
4. Bapak Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T. dan Satrio Budiutomo, S.T., M.T. terimakasih telah membantu.
5. Dosen-dosen Teknik Elektro Universitas Jember, yang telah memberikan saya ilmu selama ini.
6. Perkumpulan Anak Teknik Elektro PATEK UJ 2010, aku bangga menjadi bagian dari kalian.
7. Guru-guruku TK Darma Wanita, SDN Lebo, SMPN 2 Sidoarjo, SMAN 1 Sidoarjo yang telah banyak memberikan ilmu yang bermanfaat bagi saya.
8. Almamater Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

Jangan patah semangat walau apapun yang terjadi jika kita menyerah,
maka habislah sudah
(TOP)

Aku hanya ingin mengalir seperti air,
tapi aliran yang sangat deras
(Dahlan Iskan)

Saya sukses, karena saya telah kehabisan apa
yang disebut kegagalan
(Thomas Alfa Edison)

Pendidikan itu bukan segalanya,
Tapi segalanya dimulai dari pendidikan
(Syamtidar Al Muis)

Bukan seberapa pintar atau dari mana kamu berasal,
Tapi pilihan yang membedakan kita
(Yusqi GM)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Yusqi Ghiyasil Majid

NIM : 101910201016

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Sistem Inverter Motor Induksi 3 Fasa Dengan Kontrol PI berbasis PCI” adalah benar - benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan subtransi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Oktober 2014

Yang menyatakan,

Yusqi Ghiyasil Majid

NIM. 101910201016

SKRIPSI

**SISTEM INVERTER MOTOR INDUKSI 3 FASA DENGAN KONTROL PI
BERBASIS PCI**

Oleh

Yusqi Ghiyasil Majid

NIM 101910201016

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M.

Dosen Pembimbing Anggota : Andi Setiawan, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “**Sistem Inverter Motor Induksi 3 Fasa Dengan Kontrol PI berbasis PCI**” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari : Senin

Tanggal : 7 Oktober 2014

Tempat : Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota

Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M.

NIP. 19631201 199402 1 002

Andi Setiawan, S.T., M.T.

NIP. 19691010 199702 1 001

Penguji I

Penguji II

H.R.B.Moch. Gozali, S.T., M.T.

NIP. 19690608 199903 1 002

Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.

NIP. 19700826 199702 1 001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik

Ir. Widyono Hadi, M.T.

NIP. 196104141989021001

SISTEM INVERTER MOTOR INDUKSI 3 FASA DENGAN KONTROL PI BERBASIS PCI

Yusqi Ghiyasil Majid

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Penggunaan motor penggerak DC telah berkembang dengan pesat pada dunia mobil listrik, namun motor induksi tiga fasa lebih banyak digunakan dalam industri. Penelitian bertujuan menggunakan motor induksi 3 fasa untuk mobil listrik. Sedangkan listrik 3 fasa tidak mungkin disimpan. Sehingga diperlukan *inverter* untuk mengubah tegangan DC menjadi AC tiga fasa. Ada beberapa teknik *switching* yang digunakan dalam *inverter* tiga fasa, salah satunya adalah teknik *switching* SPWM. Ada beberapa cara pengontrolan kecepatan motor induksi tiga fasa, salah satunya dengan mengatur frekuensinya. Pengendalian kecepatan dibuat agar konstan untuk pemakaian pada mobil listrik. Pengendalian motor induksi tiga fasa dengan kecepatan konstan dilakukan menggunakan PI *Kontroler*. Berdasarkan pada pengujian terhadap alat yang dibuat, memberi bukti bahwa tingkat keefektifan pengendalian motor induksi tiga fasa menggunakan PI *Kontroler* memiliki respon yang baik.

Kata Kunci: *Inverter* tiga fasa, *switching* SPWM, PI *kontroler*, motor induksi tiga fasa.

3 PHASE INDUCTION MOTOR INVERTER SYSTEM WITH PI CONTROL BASED PCI

Yusqi Ghiyasil Majid

Electrical Engineering Department, Engineering Faculty, Jember University

ABSTRACT

The use of a DC motor drive has grown rapidly in the world of electric cars, but the three-phase induction motor is widely used in industry. The research aims to use 3-phase induction motors for electric cars. While the 3-phase power may not be saved. So, we need an inverter to convert the DC voltage into AC three phase. There is some switching techniques used in the three-phase inverter, one satuya is SPWM switching technique. There are several ways of controlling the speed of three phase induction motor by adjusting the frequency one. Constant speed control is made in order to use in electric cars. Control of three phase induction motor with constant speed is done using a PI controller. Based on testing of the tool was made, gave evidence that the effectiveness of three phase induction motor control using a PI controller with a good response.

Keyword: *Three-phase inverter, SPWM switching, PI controller, three phase induction motor.*

RINGKASAN

Sistem Inverter Motor Induksi 3 Fasa Dengan Kontrol PI Berbasis PCI;

Yusqi Ghiyasil Majid; 101910201016; 65 Halaman; Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Motor listrik adalah pilihan utama sebagai mesin penggerak dalam industri saat ini. Dari beberapa macam mesin listrik, motor induksi 3 fasa adalah salah satu yang banyak dipakai dalam dunia industri. Karena handal dan kokohnya konstruksi motor, motor induksi 3 fasa juga mempunyai arus yang rendah.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengontrolan motor induksi 3 fasa untuk pemakaian pada mobil listrik. Untuk dapat menjalankan motor induksi 3 fasa dibutuhkan sumber AC 3 fasa. Sedangkan kita tidak mungkin membawa sumber AC 3 fasa tersebut dalam mobil. Oleh karena itu studi tentang pembuatan inverter 3 fasa sebagai pengontrol utama motor induksi ini dirasa perlu dipelajari sebelum penggunaan pada mobil listrik sebenarnya.

Dalam pengontrolan motor induksi 3 fasa dikenal berbagai macam pengontrolan. Salah satunya mengontrol tinggi amplitudo sinyal referensi atau dengan mengatur jumlah kutubnya untuk mendapatkan kecepatan yang diinginkan. Sedangkan dalam penelitian ini pengontrolan motor induksi 3 fasa menggunakan variable frekuensinya.

Inverter 3 fasa dibangun dengan menggunakan komponen semikonduktor IGBT. Dimana IGBT ini adalah salah satu yang terbaik dikelasnya dibanding komponen-komponen semikonduktor lainnya. IGBT SS30N50 dipilih sebagai komponen utama *inverter* 3 fasa, karena kapasitas tegangan yang mampu dialirkannya mencapai 500 V sedangkan kapasitas arus yang dapat dilewatkan mencapai 20 A. untuk dapat membentuk *switching* yang baik pada inverter ini dipilih metode modulasi SPWM. Dimana *Sine Pulse Width Modulation* ini dibangkitkan dengan memodulasi sinyal *carrier* pembawa berupa sinyal segitiga dengan frekuensi 500 Hz dengan sinyal referensi berupa gelombang sinus dengan amplitudo 5 V dan frekuensi yang dikontrol. Selanjutnya SPWM yang telah terkontrol difilter untuk dapat menghasilkan SPWM yang baik.

SPWM dibangun dalam aplikasi MATLAB 2009 dan dihubungkan dengan PCI1711L. keluaran gelombang digital sebesar 5 Volt/Div dikuatkan dengan rangkaian *buffer* menjadi 15 Volt/Div. kemudian baru sinyal tersebut digunakan untuk *switching* IGBT. *Inverter* sendiri mendapatkan *supply* tegangan DC sebesar 310V. Pensakalan 6 buah IGBT secara bergantian menghasilkan arus AC 3 fasa dengan beda fasa sebesar 120° dan frekuensi terkontrol.

Kemudian untuk dapat membaca kecepatan motor maka dipakai sensor *rotary encoder*. Dimana sensor ini akan menghasilkan tegangan digital *high low*. Dan juga Data digital dari keluaran sensor ini akan menjadi umpan balik ke sistem. Untuk dapat mempertahankan kecepatan pada setpoint walaupun diberi beban, maka kontrol PI dipilih. Kontrol PI mempunyai keunggulan *rise time* yang bagus. Dari hasil tuning nilai Kp dan Ki dengan metode *Ziegler Niclose* dan *trial and error* didapat nilai Kp 1 dan nilai Ki 10.05.

PRAKATA

Bismillahirrohmanirrohim

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya serta shalawat dan salam kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW sebagai motivasi dan inspirasi untuk terus melangkah kedepan dengan penuh optimis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul ” **Sistem Inverter Motor Induksi 3 Fasa Dengan Kontrol PI Berbasis PCI**”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Terselesaikannya skripsi ini tidak lepas dari bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibukku Astiwi dan Bapakku Teguh Santoso, S.,Pd. terima kasih telah mendoakan dan memberikan semua yang saya perlukan hingga saat ini.
2. Mbakku Prima santi serta Adikku Marwah Majidah, terimakasih telah memberiku semangat.
3. Dosen-dosen pembimbing Bapak Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M. dan Bapak Andi Setiawan, S.T., M.T. yang telah memberikan pengarahan dan kesabaran untuk membimbing saya demi terselesaikannya skripsi ini.
4. Angga, Takul, Terry, Gali, Mas Afandi, Mas Uyab dan segenap tim penelitian BB-CORP terimakasih telah menemani dan membantu menyelesaikan penelitian ini.
5. Resan, Bryan, Riki, Zheni, Budi, Jarwo, Rian kingkong dan segenap teman-teman malam laboratorium patrang, Bersama kalian semua terasa indah.
6. Fajar, Hery, Tutut, Mas Sugik dan segenap Aslab Laboratorium Konversi Energi Listrik. Terimakasih telah menemani dan membantu terlaksananya penelitian ini.
7. Perkumpulan Anak Teknik Elektro PATEK UJ 2010, aku bangga menjadi bagian dari kalian.

8. Gunawan, husni, andes, agus, toni dan segenap TEAM DOTA 2010, yang meluangkan waktu untuk tertawa bersama.
9. Toni kecil, Mas gigih, Hobi, Ade dan segenap penghuni kosan SR3/10 terimakasih telah menjadikan istirahat dan kebersamaan kita dikos-kosan aman, nyaman dan tentram.

Semoga laporan Sekripsi ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin Ilmu Teknik Elektro, kritik dan saran diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan Penelitian ini dan diharapkan dapat dikembangkan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Jember, Oktober 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
RINGKASAN	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xvix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan masalah.....	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Motor Induksi 3 Fasa	5
2.1.1 Konstruksi Motor Induksi 3 Fasa	5
2.1.2 Prinsip Kerja Motor Induksi	6
2.2 Inverter Tiga Fasa	7
2.3 Proporsional Integral (PI) kontroler.....	9
2.3.1 Aksi Kontrol Proporsional	10
2.3.2 Aksi Kontrol Integral	10

2.3.3 Aksi Kontrol Proporsional Integral	10
2.4 PCI-1711L	13
2.5 <i>Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT)</i>	14
2.6 SPWM	15
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Jadwal Penelitian	19
3.2 Tahap Perencanaan	19
3.3 <i>Flowchart</i> Alur Penelitian	21
3.4 Diagram Alir Sistem	22
3.5 Perancangan Pemodelan Sistem <i>Inverter</i> 3 Fasa dengan Kontrol PI	23
3.5.1 Set Frekuensi (Hz)	24
3.5.2 <i>Look Up Table</i>	24
3.5.3 Blok PI	25
3.5.4 Plan Sistem	25
3.5.4.1 Pembangkitan Gelombang Sinus R S T	26
3.5.4.2 Pemodelan SPWM	27
3.5.4.3 Pemodelan <i>Inverter</i> 3 Fasa	29
3.5.4.4 Pemodelan Catu Daya DC	30
3.6 Perancangan Sistem <i>Inverter</i> 3 Fasa Dengan Kontrol PI	31
3.6.1 Perancangan Program <i>Simulink</i> Untuk <i>Trigger</i>	32
3.6.2 Sumber Tegangan	33
3.6.3 <i>Driver</i> IGBT	34
3.6.4 <i>Inverter</i> 3 Fasa	35
3.6.5 Motor Induksi 3 Fasa dan Generator DC.....	36
3.6.6 Beban	37
3.6.6 PCI1711HG	37
3.7 Pengujian Alat	38
3.7.1 Pengujian Tanpa Kontrol.....	35
3.7.2 Pengujian Berbeban Tanpa Kontrol.....	39
3.7.3 Pengujian Berbeban Dengan Kontrol PI.....	40

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1 DC Power <i>Supply</i>	41
4.2 Pengujian Sensor Kecepatan	42
4.3 Pengujian SPWM <i>Sine Pulse Width Modulation</i>	44
4.4 Pengujian <i>Inverter</i> 3 Fasa	46
4.5 Pengujian Tanpa Beban Tanpa Kontrol.....	51
4.6 Pengujian Berbeban Tanpa Kontrol.....	53
4.7 Penentuan Nilai K_p K_i Untuk Kontrol PI.....	54
4.8 Perbandingan Pengujian Antara Tanpa Kontrol dan Dengan Kontrol PI	56
BAB 5 PENUTUP.....	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN.....	63

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Penalaan Parameter PI dengan metode osilasi.....	14
3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian	19
3.2 <i>Trigger</i> IGBT	29
3.3 Atus 3 Fasa.....	30
4.1 Pengujian Power Supply	42
4.2 Pengujian Sensor Kecepatan	44
4.3 <i>Trigger</i> Pada IGBT Terukur Dalam 10 ms dan 5 Volt/Div	45
4.4 Fasa RST keluaran <i>Inverter</i> Terukur Dalam 10 ms dan 5 Volt/Div	49
4.5 Fasa R keluaran <i>Inverter</i> Terukur dalam 10 ms dan 5 Volt/Div.....	50
4.6 Pengujian <i>Inverter</i> Dengan Beberapa Frekuensi Berbeda.. ..	51
4.7 Data pengujian tanpa beban tanpa kontrol.. ..	53
4.8 Respon Kecepatan Berbeban Tanpa Kontrol.. ..	54
4.9 Data Perhitungan Matematis Kontrol PI Pada Beban 600 W 50 Hz.. ..	59

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Komponen Motor Induksi Tiga Fasa	5
2.2 Bagian-Bagian Rotor Sangkar.....	5
2.3 Rangkaian <i>Inverter</i> Tiga Fasa	7
2.4 <i>Inverter</i> 6 Pulsa Konduksi 180°	8
2.5 Gelombang Tegangan Output <i>Inverter</i> Konduksi 180°.....	8
2.6 Gambar Gelombang Saat Transien Hingga <i>Steady State</i>	11
2.7 Diagram PI Suatu Sistem	12
2.8 Kurva Respon <i>Sustain Oscillation</i>	13
2.9 Modul bus PCI-1711L	15
2.10 IGBT	16
2.11 Proses Pembangkitan SPWM.....	18
3.1 Alur Penelitian..	19
3.2 Diagram Alir Sistem	20
3.3 Pemodelan Seluruh Sistem Pada <i>Software</i> MATLAB 2009.....	21
3.4 Blok Set Frekuensi Dengan Satuan (Hz).....	22
3.5 Blok <i>Look UP table</i> pada MATLAB 2009	22
3.6 Blok PI pada MATLAB 2009.....	23
3.7 Isi blok plan pada sistem <i>inverter</i> 3 fasa.....	23
3.8 Blok Pembangkit gelombang sinus RST.....	24
3.9 Blok pemodelan modulasi SPWM.....	25
3.10 Gambar pemodelan <i>Inverter</i> 3 fasa	28
3.11 Pemodelan sumber DC.....	29
3.12 Diagram Keseluruhan Sistem <i>Inverter</i> 3 Fasa	30
3.13 Diagram keseluruhan Program <i>Simulink</i> Sistem <i>inverter</i> 3 fasa.....	31
3.14 Skematik <i>Emi</i> filter	31
3.15 <i>Emi</i> Filter.....	31
3.16 Skematik Penyearah <i>full bridge</i>	32
3.17 Penyearah <i>full bridge</i>	32

3.18 <i>Driver</i> IGBT	33
3.19 <i>Inverter</i> 3 fasa	33
3.20 Motor Induksi 3 Fasa	34
3.21 Motor induksi 3 fasa dan generator DC	34
3.22 Beban 600Watt.....	35
3.23 PCIHG1711	35
3.24 Pengujian tanpa kontrol	37
3.25 Pengujian Berbeban tanpa kontrol	38
3.26 Pengujian Berbeban Dengan Kontrol.....	39
4.1 Gambar Tegangan DC Power <i>Supply</i>	40
4.2 Sensor <i>Rotary Encoder</i>	41
4.3 Progam <i>Simulink</i> Sensor <i>Rotary Encoder</i>	41
4.4 Pengukuran Kecepatan Menggunakan Tachometer.....	42
4.5 Pengukuran VLL Tegangan Keluaran <i>Inverter</i>	45
4.6 Fasa <i>Positif</i> Dan <i>Negatif</i> Keluaran <i>Inverter</i>	46
4.7 Pengujian Tanpa Beban Tanpa Kontrol	52
4.8 Pengujian Berbeban Tanpa Kontrol.....	54
4.9 Respon Osilasi pada $K_p = 1.67$	55
4.10 Respon kecepatan pada beban 200W	57
4.11 Respon kecepatan pada beban 400W	58
4.12 Respon kecepatan pada beban 600W	58

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Perhitungan kecepatan.....	61
2. Grafik Kecepatan motor induksi 3 fasa dengan kontrol PI.....	62
3. Gambar Pengujian.....	65