

+CD

**PERANCANGAN RANGKAIAN KONTROL KECEPATAN
MOTOR INDUKSI AC TIGA PHASA MENGGUNAKAN
METODE *SPACE VECTOR* DAN KENDALI *V/f* KONSTAN
BERBASIS *MICROCONTROLLER* AVR TIPE ATMEGA16**

TESIS

Oleh :

**SLAMET
0606003612**



T

24/11

**PROGRAM PASCA SARJANA TEKNIK ELEKTRO
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

**PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS INDONESIA**

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis dengan judul :

**PERANCANGAN RANGKAIAN KONTROL
KECEPATAN MOTOR INDUKSI AC TIGA PHASA
MENGUNAKAN METODE *SPACE VECTOR* DAN
KENDALI *V/f* KONSTAN BERBASIS
*MICROCONTROLLER AVR TIPE ATMEGA16***

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Magister Teknik pada program studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari seminar yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 14 Juli 2008



Slamet

NPM 0606003612

PENGESAHAN

Tesis dengan judul :

**PERANCANGAN RANGKAIAN KONTROL
KECEPATAN MOTOR INDUKSI AC TIGA PHASA
MENGUNAKAN METODE *SPACE VECTOR* DAN
KENDALI *V/f* KONSTAN BERBASIS
*MICROCONTROLLER AVR TIPE ATMEGA16***

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan kurikulum Program Pascasarjana Bidang Ilmu Teknik untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada kekhususan Teknik Kontrol Industri Program Pascasarjana Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Tesis ini akan diujikan pada sidang ujian tesis pada tanggal 10 Juli 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai tesis pada Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 14 Juli 2008

Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Feri Yusivar, M.Eng
NIP. 132 090912

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya penulisan tugas tesis ini penulis bersyukur kepada Allah SWT. atas karunia-Nya dan penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

Dr.Ir. Feri Yusivar, M.Eng

selaku dosen pembimbing dalam tesis ini, yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan pengarahan, diskusi, bimbingan, serta persetujuan sehingga tesis ini dapat selesai dengan baik.



Slamet
NPM 0606003612
Departemen Teknik Elektro

Dosen Pembimbing
Dr.Ir. Feri Yusivar, M.Eng

**PERANCANGAN RANGKAIAN KONTROL KECEPATAN MOTOR
INDUKSI AC TIGA PHASA MENGGUNAKAN METODE *SPACE VECTOR*
DAN KENDALI V/f KONSTAN BERBASIS *MICROCONTROLLER* AVR
TIPE ATMEGA16**

ABSTRAK

Dalam tesis ini diuraikan tentang perancangan rangkaian kontrol kecepatan motor induksi AC tiga fasa menggunakan algoritma *space vector* dan pengendali PI dengan metode v/f konstan berbasis *microcontroller* AVR tipe Atmega16. Dalam penelitian ini dicoba aplikasi metode V/f konstan untuk optimasi parameter-parameter dalam pengendali PI (*Proportional integral*) untuk mengatur kecepatan motor induksi AC tiga fasa tanpa beban. Dalam percobaan, digunakan sensor kecepatan dari motor dc 12 volt yang difungsikan sebagai generator yang dihubungkan kerangkaian op-amp. Keluaran tegangan Op-Amp dihubungkan ke ADC *microcontroller* sebagai sinyal *feedback* dari kecepatan aktual motor AC tiga fasa. Sebagai pengendali PI digunakan *microcontroller* ATmega16 untuk mencari watak kalang terbuka motor induksi ac tiga fasa. Kemudian secara empiris dicari fungsi alih motor tersebut. Setelah didapatkan kemudian ditentukan spesifikasi kinerja sistem kendali PI pada motor AC tiga fasa untuk menentukan besaran K_p , K_i , θ , dan τ untuk kemudian diaplikasikan ke sistem tersebut. Pengujian dilakukan untuk setpoint bermanufer dari 480 rpm ke 1080 rpm, kemudian dari 1200 rpm ke 480 rpm. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kendali PI untuk kecepatan motor AC tiga fasa dapat dikendalikan untuk mencapai kondisi stabil, jika manuver set point di bawah spesifikasi kinerja kecepatan nominal motor AC tiga fasa yaitu 900 rpm.

Kata Kunci : Space Vector, microcontroller, V/f konstan, PI(*Proportional Integral*),

Slamet
NPM 0606003612
Departemen Teknik Elektro

Dosen Pembimbing
Dr.Ir. Feri Yusivar, M.Eng

**SPEED CONTROL DESIGN of THREE PHASE AC INDUCTION MOTOR
USING THE SPACE-VECTOR METHOD AND A CONSTANT V/f
PRINCIPLE BASED ON MICROCONTROLLER AVR TYPE ATMEGA16**

ABSTRACT

This thesis describes speed control design of three phase ac induction motor using the space-vector algorithm and controller PI with constant v/f method based on microcontroller avr type atmega16. In this research tried the application of method V/f constant for optimization of parameters in controller PI (integral Proportional) to arrange speed of AC induction motor triphase at no load condition. On experiment, applied speed censor from 12 volts d.c.motor functioned as generator connected by circuit op-amp. Output voltage Op-Amp interfaced to ADC microcontroller as signal feedback from actual speed of triphase AC induction motor. PI controller applied to microcontroller ATMega16 in searching open loop character of threephase AC induction motor. Then in empiric is searched transfer function of the motor. After that, determined specification of control system performance PI at triphase AC motor to determine magnitude K_p , K_i , θ , dan τ , and then is applied to the system. Testing system is done for setpoint manuver from 480 rpm to 1080 rpm, and then from 1200 rpm to 480 rpm. Based on the result of research indicates that control system PI for speed of triphase AC motor can be controlled to reach stable condition, if manuver set point under specification of three phasa AC motor nominal speed performance is 900 rpm.

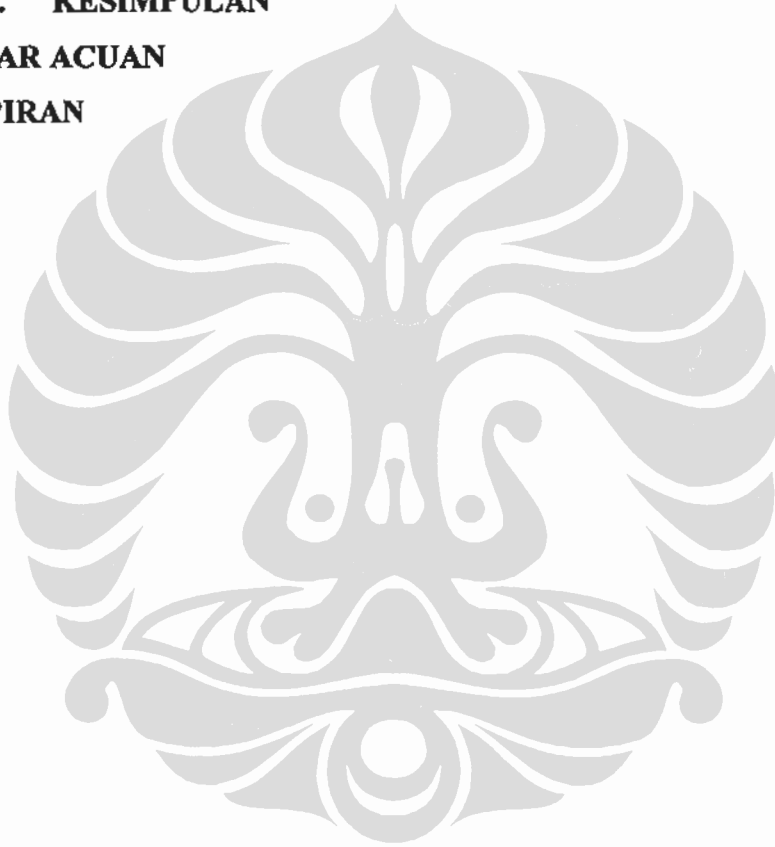
Keyword : Space Vector, microcontroller, V/f konstan, PI(*Proportional Integral*),

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	ii
PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 TUJUAN PEMBAHASAN	2
1.3 PEMBATASAN MASALAH	2
1.4 SISTEMATIKA PENULISAN	2
BAB 2. MOTOR INDUKSI TIGA FASA DENGAN METODE <i>SV</i>_PWM DAN KENDALI V/F KONSTAN	4
2.1 MOTOR INDUKSI	4
2.1.1 Prinsip Kerja Motor Induksi AC Tiga fasa	5
2.1.2 Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi	6
2.2 MODULASI LEBAR PULSA	8
2.2.1 <i>Space Vector</i> PWM (<i>SV</i> _PWM)	10
2.2.2 Menentukan durasi waktu switching untuk semua sector	14
2.2.3 Implementasi <i>Space Vector</i> PWM	17
2.2.4 Algoritma Menentukan Sector	18
2.3 METODE V/f KONSTAN	19
2.3.1 Metode kendali V/f loop terbuka	21
2.3.2 Metode loop tertutup dengan pengendali PI	22

	Halaman
BAB 3. PERANCANGAN INVERTER TIGA PHASA DAN PENALAAAN PENGENDALI KECEPATAN	24
3.1 SEMIKONDUKTOR UNTUK INVERTER	24
3.1.1 Dioda	24
3.1.2 Transistor	25
3.1.3 Bipolar Junction Transistor (BJT)	26
3.2 RANGKAIAN DAYA	27
3.2.1 Rangkaian Pemicuan Basis Transistor BJT	28
3.2.2 Rancangan Rangkaian Inverter	29
3.2.3 Rangkaian Sensor Kecepatan	31
3.3 SSITEM MINIMAL AVR TIPE ATMEGA16	31
3.3.1 Rangkaian catu daya	32
3.4 PERANCANGAN PROGRAM PENGONTROL MIKRO ATMEGA16	33
3.5 PENALAAAN PENGENDALI KECEPATAN	37
BAB 4. PENGUJIAN DAN ANALISA PENGATURAN KECEPATAN	40
4.1 Hasil pengujian sinyal pwm antar fasa dari keluaran inverter tiga fasa dengan frekuensi 50Hz, Amplitudo 90%, dan frekuensi Carrier 490Hz dengan beban lampu 5 watt	40
4.2 Hasil pengujian sistem kendali kecepatan motor induksi AC tiga fasa terhadap kenaikan frekuensi secara bertahap dari frekuensi 10 Hz samapai 125 Hz.	42
4.3 Pengujian sistem kendali kecepatan motor induksi AC tiga fasa berbasis <i>microcontroller</i> ATMega16 dengan sistem lup terbuka atau tanpa pengendali untuk menentukan besaran PI yaitu Kp, dan Ki.	43

	Halaman
4.4 Hasil pengujian sistem terkendali PI yang dioptimalkan menggunakan metode V/f untuk setpoint bermanuver dari 480 rpm ke 1080 rpm.	46
4.5 Hasil pengujian sistem terkendali PI yang dioptimalkan menggunakan metode V/f untuk setpoint bermanuver dari 720 rpm ke 1450 rpm.	47
BAB 5. KESIMPULAN	49
DAFTAR ACUAN	50
LAMPIRAN	52



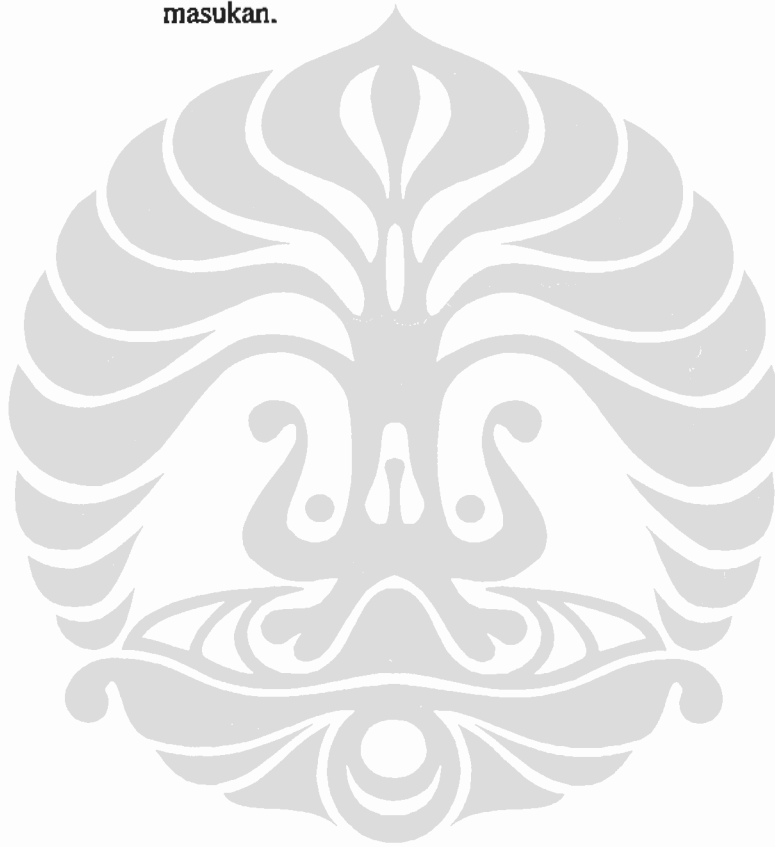
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Rangkaian Ekuivalen satu fasa motor induksi	6
Gambar 2.2. Gelombang Tegangan Sinusoidal Tiga fasa	9
Gambar 2.3. Vektor tegangan tiga fasa hubungan fasa ke fasa V_{AB}	10
Gambar 2.4. Struktur motor induksi AC tiga fasa terhubung VSI	10
Gambar 2.5. Konfigurasi switch Inverter Tiga phasa	11
Gambar 2.6. Konfigurasi Space Vector dalam bidang kompleks	12
Gambar 2.7. Representasi Vektor referensi \vec{v}^* , pada sektor 1	14
Gambar 2.8. Pola urutan switching	16
Gambar 2.9. Sinyal Switch Inverter vs Compare register	17
Gambar 2.10. Konfigurasi sinyal menentukan sektor	18
Gambar 2.11. Diagram alir data <i>Space Vector</i> PWM	19
Gambar 2.12. Kurva tegangan terhadap frekuensi	21
Gambar 2.13. Blok kendali V/f konstan loop terbuka	22
Gambar 2.14. Diagram alir data <i>Space Vector</i> PWM	23
Gambar 3.1. Simbol Dioda	25
Gambar 3.2. Karakteristik Dioda	25
Gambar 3.3. Simbol Rangkaian BJT	26
Gambar 3.4. Karakteristik umum BJT	26
Gambar 3.5. Rangkaian pengaman transistor daya	27
Gambar 3.6. Rangkaian pemicuan basis transistor BJT	28
Gambar 3.7. Rangkaian inverter transistor BJT tiga fasa	29
Gambar 3.8. Rangkaian sensor kecepatan	31
Gambar 3.9. Rangkaian Sistem minimal Atmega16	32
Gambar 3.10. Rangkaian Catu daya sinyal pwm	33
Gambar 3.11. Pola Interrupt Timer0 dan ADC	33
Gambar 3.12. Diagram Alir main program	34
Gambar 3.13. Diagram alir program SV_PWM	35
Gambar 3.14. Sistem minimum pengontrol kecepatan motor induksi AC tiga fasa	36

	Halaman
Gambar 3.15. Blok sistem kontrol kecepatan motor induksi Ac tiga fasa	37
Gambar 3.16. Respon Step loop terbuka	38
Gambar 3.17. Kontroller PI untuk mencari nilai Kc	39
Gambar 3.18. Kontroller PI untuk mencari nilai Ki	39
Gambar 4.1. Sinyal PWM_AB pada $f_s = 50\text{Hz}$	41
Gambar 4.2. Grafik kecepatan motor dengan frekuensi masukan	42
Gambar 4.3. Grafik kecepatan motor dengan tegangan masukan	42
Gambar 4.4. Grafik Kalang terbuka motor induksi 3 fasa	44
Gambar 4.5. Grafik kecepatan motor dengan setpoint manufer dari 480 rpm ke 1080 rpm	46
Gambar 4.6. Grafik kecepatan motor dengan setpoint manufer dari 720 rpm ke 1450 rpm	47
Gambar 4.7. Grafik kecepatan motor dengan setpoint manufer dari 1200 rpm ke 480 rpm	47
Gambar 4.8. Pengujian pengendali kecepatan motor induksi AC 3 fasa Di Laboratorium kendali	48

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Space vector, Switching state dan Nilai vector	13
Tabel 2.2. Persamaan waktu switching sektor 1,2...6.	15
Tabel 2.3. Nilai Compare register vs Nomor sektor	18
Tabel 4.1. Hubungan Kecepatan dengan tegangan dan frekuensi masukan.	43



DAFTAR LAMPIRAN

		Halaman
Lampiran 1	Data sheet microcontroller AVR ATmega16	52
Lampiran 2	Data sheet Optoisolator 4N25/26	53
Lampiran 3	Data sheet Transistor Daya BJT 2SD2553	54

