



**TEKNIK PENGONTROLAN MOTOR DC PENGUATAN TERPISAH
MENGUNAKAN *RECTIFIER* TERKONTROL PENUH
SATU FASA BERBASIS MIKROKONTROLLER**

SKRIPSI

Oleh

**Lanang Maulana
NIM 101910201104**

**PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014**



**TEKNIK PENGONTROLAN MOTOR DC PENGUATAN TERPISAH
MENGUNAKAN *RECTIFIER* TERKONTROL PENUH
SATU FASA BERBASIS MIKROKONTROLLER**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Lanang Maulana
NIM 101910201104**

**PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini merupakan gerbang awal sebelum menuju kesuksesan selanjutnya dalam hidup. Untuk itu saya ingin mempersembahkan karya ini kepada:

1. ALLAH SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya serta junjunganku Nabi Besar Muhammad SAW yang menuntunku dari alam kegelapan menuju alam yang terang benderang;
2. Ibunda Ir. Tri Astuti A. tercinta yang telah mendoakan dan memberi dukungan semangat dan kasih sayang serta pengorbanan selama ini;
3. Bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T.,M.T., Bapak Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T. yang telah membimbing dan membina selama kuliah dan tugas akhir;
4. Guru-guruku sejak TK sampai Perguruan Tinggi yang terhormat, terima kasih telah memberikan ilmu dan mendidik dengan penuh kesabaran;
5. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

“Jadikanlah hidupmu berarti untuk dirimu sendiri dan orang lain, karena hal itu akan menjadikan hari-harimu penuh makna.”

(Lanang Maulana)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lanang Maulana

NIM : 101910201104

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: “Teknik Pengontrolan Motor DC Penguatan Terpisah Menggunakan *Rectifier* Terkontrol Penuh Satu Fasa Berbasis Mikrokontroler” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, 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, 22 Januari 2014

Yang menyatakan,

Lanang Maulana

NIM 101910201104

SKRIPSI

TEKNIK PENGONTROLAN MOTOR DC PENGUATAN TERPISAH MENGUNAKAN *RECTIFIER* TERKONTROL PENUH SATU FASA BERBASIS MIKROKONTROLLER

Oleh

Lanang Maulana
NIM 101910201104

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Triwahju Hardianto, S.T.,M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Teknik Pengontrolan Motor DC Penguatan Terpisah Menggunakan *Rectifier* Terkontrol Penuh Satu Fasa Berbasis Mikrokontroller” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari, tanggal : Rabu, 22 Januari 2014

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

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

NIP. 19700826 199702 1 001

Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T.

NIP. 19800610 200501 1 003

Penguji I,

Penguji II,

Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T.

NIP. 19710614 199702 1 001

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

NIP. 19690608 199903 1 002

Mengesahkan

Dekan,

Ir. Widyono Hadi, M.T.

NIP. 19610414 198902 1 001

TEKNIK PENGONTROLAN MOTOR DC PENGUATAN TERPISAH MENGUNAKAN *RECTIFIER* TERKONTROL PENUH SATU FASA BERBASIS MIKROKONTROLLER

Lanang Maulana

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Teknik pengontrolan motor DC dapat dilakukan dengan berbagai metode diantaranya dengan mengatur daya yang masuk pada motor yang dilakukan dengan menggunakan *rectifier* terkontrol penuh. Prinsip kerja dari *rectifier* ini yaitu dengan menggeser sudut penyalaan pada rangkaian SCR yang dirangkai secara *bridge* sebagai penyearah terkontrol penuh. Penggunaan motor DC dengan penguatan terpisah dikarenakan memiliki karakteristik yang bagus terhadap torsi yang berkaitan dengan beban yang dikenakan. Dengan memanfaatkan mikrokontroler ATmega 16 sebagai isi dari program inti atau kontrol, *human interface* (*display* dan *keypad*) dan sebagai pembaca kecepatan dari sensor *rotary encoder* pada motor DC, serta penggunaan ATmega 8 yang difungsikan sebagai input dari rangkaian *zero cross detector* dan sebagai penghasil sinyal pulsa untuk trigger SCR. Prinsip kerja rangkaian trigger ini mengacu pada rangkaian *zero cross detector* dengan sudut 0° yang kemudian di *delay* dengan rentang set waktu antara 8 ms – 4 ms yang telah ditentukan oleh pengguna melalui *keypad* sehingga didapat tegangan variabel DC yang disuplai ke motor bagian rotor saja, dimana stator memiliki sumber yang berbeda. Prosedur kerja dari alat ini pertama set RPM yang diinginkan dengan menggunakan *keypad* dan memperhatikan *display* kemudian *start* sehingga motor berputar dengan RPM yang dapat dilihat pada *display interface*, tekan *cancel* untuk stop sehingga motor berhenti dan alat dalam keadaan *standby* dengan kondisi siap dengan nilai input berikutnya.

Kata kunci: Rectifier terkontrol penuh, Motor DC penguatan terpisah, Mikrokontroler.

SEPARATED EXCITATION DC MOTOR CONTROLLER USING FULLY CONTROLLED SINGLE PHASE RECTIFIER BASED ON MICROCONTROLLER

Lanang Maulana

Electrical Engineering Department, Engineering Faculty, Jember University

ABSTRACT

The DC motor controlling techniques can be done by various methods for example by regulating the input power to the motor, which is can be performed by using fully controlled rectifier. This rectifier principle is to shift the angle of SCR triggering, that this fully controlled rectifier circuit are arranged in bridge configuration. The separated excitation DC motor is chosen because of its good torque character against the load. By utilizing ATmega 16 microcontroller as the main program control, the human interface program (display and keypad) and as the speed sensor program of the rotary encoder on the DC motor, there for ATmega 8 utilized for the feedback of zero cross detector circuit and as pulse signal generator for triggering the SCR. This trigger principle refers to the zero cross detector feedback, which is from 0° angle then this angel is delayed between 8 ms - 4 ms which has been specified by the user via keypad in order to get variable DC voltage that is supplied to the rotor only of the motor, while the stator has different sources. The procedure of this device begin with setting the desired RPM by using the keypad and then start, so the motor running, at this point RPM motor can be seen on the display interface, press cancel to stop so that the motor stopped and the device will be in standby mode waiting for the next data entry.

Keywords: Fully controlled rectifier, separated excitation DC Motor,
Microcontroller.

RINGKASAN

Teknik Pengontrolan Motor DC Penguatan Terpisah Menggunakan *Rectifier* Terkontrol Penuh Satu Fasa Berbasis Mikrokontroler; Lanang Maulana, 101910201104; 2014: 74 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember

Teknik pengontrolan motor DC adalah yang paling mudah di antara motor – motor lainnya, hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan kontrol konvensional yaitu dengan autotrafo yang kemudian disearahkan. Akan tetapi hal ini memiliki banyak kelemahan, sehingga dibutuhkan alternatif lain yaitu dengan menggunakan *rectifier* terkontrol penuh yang jauh lebih praktis. Beberapa pertimbangan dalam konfigurasi pada motor DC dilakukan guna mengantisipasi kinerja motor yang menurun terhadap pembebanan sehingga dipilihlah motor DC dengan penguatan terpisah. Motor jenis ini memiliki karakteristik torsi yang bagus terhadap beban yang akan dikenakan. Penggunaan mikrokontroler sebagai penghasil sinyal trigger pada *rectifier* terkontrol dipilih karena dengan mikrokontroler teknik pengontrolan dapat menjadi lebih dinamis.

Rangkaian *rectifier* ini berkerja berdasarkan sinyal dari zero cross detector, kemudian pemberian waktu tunda atau delay time pada pentriggeran SCR ini dapat menghasilkan output tegangan DC yang bervariasi yang disuplaikan ke motor DC bagian rotor saja, sedangkan stator mendapat tegangan dari sumber yang berbeda. Mikrokontroler yang bersangkutan dalam pengkondisian sinyal trigger ini adalah ATmega 8 (sebagai slave) dimana kontrol program konvensional ini berasal dari ATmega 16 (sebagai master) yang mengirimkan data input dari luar melalui human interface keypad. Selama proses berlangsung RPM motor dapat dimonitoring melalui display LCD.

Prosedur kerja dari alat ini pertama set RPM yang diinginkan dengan menggunakan *keypad* dan memperhatikan *display* kemudian *start* sehingga motor

berputar dengan RPM yang dapat dilihat pada *display interface*, tekan *cancel* untuk stop sehingga motor berhenti dan alat dalam keadaan *standby* dengan kondisi siap dengan nilai input berikutnya.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sistem yang digunakan dalam pentriggeran menggunakan delay time bukan sistem PWM murni, sehingga step – stepnya masih sangat kasar. Teknik pengontrolan ini sangat bergantung pada kualitas sumber tegangan AC jala – jala yang syarat dengan banyaknya gangguan.

SUMMARY

Separated Excitation DC Motor Controller Using Fully Controlled Single Phase Rectifier Based On Microcontroller; Lanang Maulana, 101910201104; 2014: 74 pages; Electrical Engineering Department, Engineering Faculty, Jember University.

DC motor controlling technique is the easiest among any other motors type, this can be done by a conventional control using autotransformer then it rectified. However, it has many weaknesses, so the other alternative is to use a fully controlled rectifier that is much simpler. Some considerations in the DC motor configuration has to be done to anticipate the decreasing performance of the motor against the load, so there for the separated excitation DC motor is chosen. This type of motor possesses a good torque characteristic against the load to be applied. Microcontroller is chosen instead of as a trigger signal generator for the controlled rectifier is because microcontroller has more dynamic programming control techniques.

The rectifier circuit work based on zero cross detector signal, by adding delay time on the SCR triggering can produce varying DC voltage output that supplied to the rotor only of DC motor, while the stator has different sources. The chosen microcontroller for this signal trigger conditioning is ATmega 8 (as a slave), while the conventional control program is come from ATmega 16 (as a master) which the data input were sent through external keypad interface. During the process, the RPM motor can be monitored through the LCD display.

The procedure of this device begin with setting the desired RPM by using the keypad and then start, so the motor running, at this point RPM motor can be seen on the display interface, press cancel to stop so that the motor stopped and the device will be in standby mode waiting for the next data entry.

The conclusion of this study is that this system is using delay time instead using pure PWM system, there for the range value is still very rough. This control

technique is highly dependent on the quality of the AC voltage source, that require pure, stable and minim disturbance.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga laporan skripsi yang berjudul “Teknik Pengontrolan Motor DC Penguatan Terpisah Menggunakan *Rectifier* Terkontrol Penuh Satu Fasa Berbasis Mikrokontroler” dapat terselesaikan dengan baik. Laporan skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Terselesainya laporan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu disampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. dan Bapak Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini;
2. Bapak Satrio, S.T., Bapak Andi Setiawan S.T., M.T., Bapak Dwiretno Istiyadi S., ST., Bapak Aris dan Bapak Danang yang telah banyak memberikan inspirasi dan ide-ide kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini;
3. Bunda tercinta yang telah memberikan doa, nasehat, biaya kuliah sampai terselesainya skripsi ini;
4. Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian penulisan skripsi ini.

Laporan skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan skripsi ini dan diharapkan dapat dikembangkan untuk kedepannya. Semoga skripsi ini bermanfaat.

Jember, 22 Januari 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	viii
RINGKASAN	x
PRAKATA	xiv
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xix
LAMPIRAN	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan dan Manfaat.....	3
1.5 Sistematika Pembahasan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Motor Listrik	5
2.1.1 Motor DC	5
2.1.2 Macam Konstruksi Motor DC	5
2.1.3 Kelakuan Sebuah Motor	7
2.1.4 Motor Penguat Terpisah	7
2.2 Rectifier Terkontrol Menggunakan SCR	11
2.2.1 <i>Silicon Controlled Rectifier</i>	11
2.2.2 Karakteristik V – I SCR	12

2.2.3 Kontrol Fasa pada SCR	13
2.2.4 Penyearah Terkontrol Penuh Satu Fasa sebagai Kendali Motor DC	15
2.3 Teknik Pengontrolan Motor Berbasis Mikrokontroller	16
2.4 CodevisionAVR	17
2.5 Pengertian Sistem Kendali	19
2.5.1 Sistem Kendali Untai Terbuka (open loop system).....	20
2.5.2 Sistem Kendali Untai Tertutup (Closed loop system).....	20
2.5.3 Diagram Sistem Kendali.....	20
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Perancangan dan Pembuatan Alat	23
3.1.1 Blok Sistem Keseluruhan	23
3.1.2 Motor DC dengan Penguatan Terpisah	24
3.1.3 Penyearah Terkontrol Penuh Satu Fasa	25
3.1.4 <i>Trigger Power Supply</i>	27
3.1.5 Optocoupler	28
3.1.6 <i>Zero Crossing Detector</i>	29
3.1.7 <i>Rotary Encoder</i>	30
3.1.8 Mikrokontroller Penghasil PWM	31
3.1.9 Metode Pengontrolan Tegangan pada Rectifier	35
3.1.10 Metode Kontrol Sistem	39
3.1.11 Diagram Alir	40
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	42
3.3 Metode Kegiatan	42
BAB 4 HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pengujian Metode Pengontrolan Tegangan pada Rectifier	43
4.2 Pengujian Metode Kontrol Sistem	55
4.2.1 .Pengujian Tanpa Kopel	55
4.2.2 Pengujian Tanpa Beban	60
4.2.3 .Pengujian Berbeban	65

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan 73

5.2 Saran 73

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Konfigurasi pengkabelan ISP	34
Tabel 4.1 Data hasil output mikrokontroler	44
Tabel 4.2 Data hasil output rectifier	48
Tabel 4.3 Data hasil pengukuran pada rotor dengan pembanding sinus	49
Tabel 4.4 Data delay time terhadap sudut dan tegangan keluaran	54
Tabel 4.5 Data hasil pengujian tanpa kopel	56
Tabel 4.6 Data hasil pengukuran tanpa beban	60
Tabel 4.7 Data pengkategorian RPM	62
Tabel 4.8 Data hasil pengujian berbeban	66

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Motor DC	5
Gambar 2.2 Gambar motor konstruksi standar	6
Gambar 2.3 Gambar motor konstruksi <i>bell</i>	6
Gambar 2.4 Gambar motor konstruksi disk	6
Gambar 2.5 (a) Wiring diagram (b) Rangkaian ekivalen motor DC penguat terpisah	9
Gambar 2.6 Karakteristik motor penguatan terpisah	9
Gambar 2.7 Karakteristik motor penguatan terpisah, (a) torsi terhadap arus, (b) kecepatan terhadap arus, (c) kecepatan terhadap torsi	10
Gambar 2.8 Diagram SCR	11
Gambar 2.9 Karakteristik SCR	12
Gambar 2.10 Rangkaian uji SCR	13
Gambar 2.11 Rangkaian kontrol fasa SCR (a) Rangkaian (b) Bentuk gelombang	13
Gambar 2.12 Rangkaian picu SCR dengan RC (a) Rangkaian (b) Bentuk gelombang	14
Gambar 2.13 (a) Penyearah gelombang penuh terkontrol penuh (b) bentuk gelombang <i>Vac</i> , <i>Igate</i> , <i>VR</i> , dan <i>IR</i>	15
Gambar 2.14 Konfigurasi pin Atmega16	17
Gambar 2.15 Tampilan splash screen CodevisionAVR	19
Gambar 2.16 Diagram sistem kendali	21
Gambar 2.17 Sistem <i>open loop</i>	22
Gambar 2.18 Sistem <i>close loop</i>	22
Gambar 3.1 Blok sistem keseluruhan	23
Gambar 3.2 Wiring motor penguat terpisah	25
Gambar 3.3 Rangkaian penyearah menggunakan SCR	26
Gambar 3.4 Rangkaian power supply masing-masing SCR	27
Gambar 3.5 Trafo <i>custom</i> dengan empat output	28
Gambar 3.6 Rangkaian isolator pulsa	28

Gambar 3.7 Rangkaian sisi input pada optocoupler	29
Gambar 3.8 Rangkaian <i>ZeroCrossing</i>	29
Gambar 3.9 Optocoupler dan <i>rotary encoder</i> yang digunakan sebagai tranduser	31
Gambar 3.10 Rangkaian minimum display LCD	32
Gambar 3.11 Rangkaian minimum mikrokontroler	32
Gambar 3.12 Seting paralel port programmer pada CodeVision	33
Gambar 3.13 Pengkabelan ISP pada konektor DB25	33
Gambar 3.14 Modul K-125R ISP programmer	34
Gambar 3.15 Setting USB port programmer pada CodeVision	35
Gambar 3.16 Gelombang output DC pada rectifier terkontrol	36
Gambar 3.17 Gelombang output DC pada sudut 0 (tidak bergeser dari <i>zerocross</i>)	37
Gambar 3.18 Gelombang output DC pada sudut π (bergeser dari <i>zerocross</i>)	38
Gambar 3.19 Blok diagram sistem kendali <i>loop</i> tertutup	39
Gambar 3.20 Diagram alir bagian 1	40
Gambar 3.21 Diagram alir bagian 2	41
Gambar 4.1 Pernyataan pada Help menu CodeVisionAVR	44
Gambar 4.2 Karakteristik sinyal <i>zerocross</i>	47
Gambar 4.3 Freewheeling diode (a). Loop pertama; (b). Loop kedua	51
Gambar 4.4 Rangkaian ekivalen penyearah dengan beban motor DC	52
Gambar 4.5 (a) Ouput DC; (b) Input AC; (c) Tegangan medan	52
Gambar 4.6 Grafik karakteristik RPM tanpa kopel	56
Gambar 4.7 Simulasi tegangan output pada rotor	57
Gambar 4.8 Grafik RPM saat kopel tanpa beban	61
Gambar 4.9 Grafik RPM terhadap beban	67
Gambar 4.10 Ilustrasi grafik A) dengan satuan milisekon; B) mikrosekond ..	68
Gambar 4.10 Ilustrasi grafik A) tanpa beban; B) berbeban	69
Gambar 4.11 Pengaruh perubahan frekuensi	70
Gambar 4.12 Pengaruh besaran tegangan sumber	72

LAMPIRAN

1. Listing Program ATmega 16
2. Listing Program ATmega 8
3. Skema Rangkaian Mikrokontroler ATmega 16 dan LCD
4. Skema Rangkaian Mikrokontroler ATmega 8, ZCD, dan Power Supply Mikro
5. Skema Rangkaian SCR dan Trigger Power Supply
6. Hasil perhitungan pada tabel 4.8 (hal.66)
7. Dokumentasi (Photo)
8. Dokumentasi (Snapshot Video)