

Jurusan Sistem Komputer

Skripsi Sarjana Komputer

Semester Ganjil 2005/2006

**PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR DC DENGAN FUZZY  
LOGIC CONTROLLER BERBASISKAN FPGA**

INDRA                    0400530125

FERRY LIUS            0400541085

HERIYANTO            0400540870

**Abstrak**

Pengendalian kecepatan motor DC diimplementasikan pada FPGA (*Field Programmable Gate Array*) yang dilakukan dengan VHDL (*VHSIC – Hardware Description Language*); (*VHSIC : Very High Speed Integrated Circuit*). Untuk mengendalikan kecepatan motor DC sesuai dengan *output* yang dihasilkan sesuai dengan set point dan mencegah terjadinya *overshoot*. Pada sistem ini menggunakan *Fuzzy Logic*

*Controller* yang mempunyai dua *Input*, yaitu sinyal *error* dan sinyal  $\Delta error$ . *Output* pada sistem berupa perubahan lebar pulsa PWM (*Pulse Width Modulation*) yang diberikan pada *driver* motor DC. *Driver* motor DC digunakan sebagai penguat sinyal PWM. *Feedback* dari sistem didapat dari sinyal *encoder optis* yang terhubung dengan piringan *encoder* motor DC. Dari hasil percobaan, *output* yang dihasilkan sesuai dengan kecepatan yang diinginkan dan tidak ada *overshoot*

**Kata kunci : FPGA, VHDL, Fuzzy Logic, PWM, Motor DC**

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih dan karunia – Nya, serta kepada orang tua penulis yang telah memberikan semangat dan dukungan baik moril maupun materiil serta doa sehingga penulisan skripsi ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan pada jenjang studi S1 (Strata-1) Jurusan Sistem Komputer – Fakultas Ilmu Komputer Universitas Bina Nusantara.

Skripsi dengan judul “Pengendalian Kecepatan Motor DC Dengan Fuzzy Logic Controller Berbasis FPGA” ini disusun atas bantuan dan dukungan secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak. Oleh sebab itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Gerardus Polla, M.APP. SC selaku Rektor Universitas Bina Nusantara yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk dapat mengenyam pendidikan di Universitas Bina Nusantara.
2. Bapak Wiedjaja, S. Kom, selaku Ketua Jurusan sistem Komputer yang telah memberikan pengarahan yang berguna serta memberikan kepercayaan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Robby Saleh, S. Kom, selaku Sekretaris Jurusan Sistem Komputer yang telah memberikan bantuan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Iman H.Kartowisastro, Ph.D, yang telah memberikan masukan bagi penulis terutama pada awal penulisan skripsi.

5. Bapak Drs. Satrio Dewanto, M.Eng, yang telah memberikan masukan dan pengarahan bagi penulis pada awal penulisan skripsi.
6. Bapak Sardjono Trihatmo, Dipl. Ing, selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan ide, saran, dorongan, dan bimbingan kepada penulis untuk menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
7. Para Asisten Unit Pelayanan Teknis Perangkat Keras yang telah banyak memberikan bantuan berupa peminjaman peralatan, ide serta dukungan moril kepada penulis.
8. Segenap Dosen dan Staf yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan ide, saran, dan pengetahuan serta dukungan moril sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
9. Segenap rekan-rekan di jurusan Sistem Komputer yang telah memberikan bantuan tenaga, pikiran dan dukungan moril kepada penulis sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
10. Pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan dukungan baik secara materiil maupun moril sehingga terselesaikan penyusunan skripsi ini.

Akhir kata, penulis mengharap skripsi ini dapat berguna bagi pihak-pihak yang bersangkutan dan dapat memberikan informasi serta sebagai bahan acuan untuk penulisan skripsi sejenis.

Jakarta, Januari 2006

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Judul Luar	
Halaman Judul Dalam	
Halaman Persetujuan Hardcover .....	i
Halaman Pernyataan Dewan Penguji .....	ii
Abstrak .....	iii
Prakata .....	v
Daftar Isi .....	vii
Daftar Gambar .....	x
Daftar Tabel .....	xiii
Daftar Lampiran .....	xiv

### BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan dan Manfaat .....	2
1.3 Ruang Lingkup .....	2
1.4 Metodologi Penelitian .....	3
1.5 Sistematika Penulisan .....	3

### BAB 2 LANDASAN TEORI

2.1 Motor DC .....	5
2.2 FPGA .....	8

2.2.1	<i>Seven Segment</i> .....	12
2.3	Sensor .....	13
2.4	<i>Pulse Width Modulation (PWM)</i> .....	15
2.5	Logika <i>Fuzzy</i> .....	16
2.5.1	Konsep Logika <i>Fuzzy</i> .....	17
2.5.2	<i>Fuzzy Logic Controller</i> .....	24
2.5.2.1	Fuzzifikasi .....	25
2.5.2.2	<i>Rule Evaluation</i> .....	27
2.5.2.3	Defuzzifikasi .....	29

### **BAB 3 PERANCANGAN SISTEM**

3.1	Perancangan Modul Input .....	32
3.1.1	Tombol / <i>Button</i> .....	32
3.1.2	LED .....	33
3.1.3	<i>Switch</i> .....	34
3.1.4	<i>Seven segment</i> .....	34
3.2	Perancangan Modul FPGA .....	34
3.2.1	<i>Input converter</i> .....	36
3.2.1.1	<i>State Encoder</i> .....	37
3.2.1.2	<i>Speed Analyzer</i> .....	38
3.2.1.3	<i>Error Analyzer</i> .....	40
3.2.2	<i>Fuzzy Block</i> .....	40
3.2.2.1	<i>Fuzzification</i> .....	40

3.2.2.2	<i>Rule Evaluation</i> .....	44
3.2.2.3	<i>Defuzzification</i> .....	47
3.2.3	<i>Output Converter</i> .....	48
3.2.3.1	<i>Accumulator</i> .....	48
3.2.3.2	<i>PWM Modulator</i> .....	50
3.3	Perancangan Modul <i>driver</i> Motor .....	51

#### **BAB 4 IMPLEMENTASI DAN EVALUASI**

4.1	Prosedur Pengoperasian Sistem .....	54
4.2	Implementasi Sistem .....	54
4.3	Evaluasi Sistem .....	55
4.3.1	Pengujian respon sistem tanpa menggunakan fuzzy .....	55
4.3.2	Pengujian respon sistem dengan menggunakan kontrol fuzzy .....	59
4.3.3	Pengujian respon sistem terhadap gangguan .....	72

#### **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1	Kesimpulan .....	77
5.2	Saran .....	77

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>79</b>
-----------------------------	-----------

<b>RIWAYAT HIDUP PENULIS</b> .....	<b>80</b>
------------------------------------	-----------

<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>83</b>
-----------------------	-----------

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Komponen motor DC .....	7
Gambar 2.2	Xilinx XC4000 FPGA Structure .....	9
Gambar 2.3	Logika Implementasi FPGA Xilinx .....	11
Gambar 2.4	Komponen dan pinout dari <i>seven segment</i> .....	12
Gambar 2.5	Komponen <i>Optical Encoder</i> .....	14
Gambar 2.6	Komponen Piringan <i>Encoder</i> .....	14
Gambar 2.7	Timing Diagram PWM .....	16
Gambar 2.8	Sistem <i>Fuzzy Generik</i> .....	19
Gambar 2.9	Sistem Kendali <i>Fuzzy</i> .....	20
Gambar 2.10	Sistem Klasifikasi <i>Fuzzy</i> .....	21
Gambar 2.11	Sistem Diagnosos <i>Fuzzy</i> .....	22
Gambar 2.12	<i>Fuzzy Logic Controller</i> .....	25
Gambar 2.13	<i>Fuzzification</i> .....	26
Gambar 2.14	<i>Membership Function</i> .....	27
Gambar 2.15	<i>Rule Evaluation</i> .....	28
Gambar 2.16	<i>Defuzzification</i> .....	29
Gambar 3.1	Blok Diagram sistem keseluruhan .....	31
Gambar 3.2	<i>Clock Divider</i> .....	35
Gambar 3.3	<i>Input Converter</i> .....	36
Gambar 3.4	<i>State Encoder</i> .....	37
Gambar 3.5	<i>Speed Analyzer</i> .....	38



Gambar 3.6	Modul <i>Fuzzy</i> yang mendapatkan <i>input</i> dari <i>error analyzer</i> berupa <i>error</i> dan <i>sign error</i> .....	40
Gambar 3.7	Modul <i>Fuzzy</i> yang mendapatkan input dari <i>error analyzer</i> berupa $\Delta error$ dan $sign\Delta error$ .....	40
Gambar 3.8	<i>Membership Function</i> .....	41
Gambar 3.9	Zona Positif .....	41
Gambar 3.10	Zona Zero .....	42
Gambar 3.11	Zona Negatif .....	42
Gambar 3.12	<i>Membership function</i> dengan $error = 160$ .....	43
Gambar 3.13	<i>Membership function</i> dengan $\Delta error = -145$ .....	44
Gambar 3.14	<i>Membershipship function output (single tons)</i> .....	44
Gambar 3.15	<i>Membershipship function output fuzzy</i> .....	46
Gambar 3.16	<i>Accumulator</i> .....	49
Gambar 3.17	<i>PWM Modulator</i> .....	50
Gambar 3.18	Modul <i>Driver Motor</i> .....	51
Gambar 3.19	Rangkaian Pembagi tegangan .....	52
Gambar 4.1	Grafik respon time dengan <i>set point</i> 450 rpm .....	57
Gambar 4.2	Grafik respon time dengan <i>set point</i> 840 rpm .....	58
Gambar 4.3	Grafik respon Time dengan set point 450 rpm .....	60
Gambar 4.4	<i>Output</i> osiloscop dengan set point 450 rpm .....	61
Gambar 4.5	<i>Output supply</i> tegangan motor DC dengan <i>set point</i> 450 rpm .....	62
Gambar 4.6	<i>Output</i> kecepatan putaran motor DC dengan	

	set point 450 rpm pada encoder motor .....	63
Gambar 4.7	Grafik respon <i>Time</i> dengan <i>set point</i> 930 rpm .....	64
Gambar 4.8	<i>Output</i> osiloscop dengan <i>set point</i> 930 rpm .....	65
Gambar 4.9	<i>Output supply</i> tegangan motor DC dengan <i>set point</i> 930 rpm .....	66
Gambar 4.10	<i>Output</i> kecepatan putaran motor DC dengan <i>set point</i> 930 rpm pada <i>encoder</i> motor .....	67
Gambar 4.11	Grafik respon <i>Time</i> dengan <i>set point</i> 1312 rpm .....	68
Gambar 4.12	<i>Output</i> osiloscop dengan <i>set point</i> 1312 rpm .....	69
Gambar 4.13	Grafik respon <i>Time</i> dengan set point 930 rpm ke 450 rpm .....	70
Gambar 4.14	<i>Output</i> osiloscop dengan <i>set point</i> 930 rpm ke 450 rpm .....	71
Gambar 4.15	Grafik respon <i>time</i> dengan berat beban 60 gram .....	73
Gambar 4.16	Grafik respon <i>time</i> dengan berat beban 145 gram.....	74
Gambar 4.17	Grafik respon <i>time</i> dengan berat beban 220 gram.....	75

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Contoh perhitungan <i>speed Analyzer</i> .....	39
Tabel 3.2	<i>Rule evaluation</i> .....	44
Tabel 3.3	Contoh Pengakumulasian nilai <i>crisp output</i> .....	49
Tabel 4.1	Respon <i>speed 450 rpm</i> .....	56
Tabel 4.2	Respon <i>speed 840 rpm</i> .....	58
Tabel 4.3	Respon <i>speed 450 rpm</i> .....	59
Tabel 4.4	Respon <i>speed 930 rpm</i> .....	64
Tabel 4.5	Respon <i>speed 1312 rpm</i> .....	68
Tabel 4.6	Respon <i>speed 930 rpm ke 450 rpm</i> .....	70
Tabel 4.7	Respon sistem dengan berat beban 60 gram .....	73
Tabel 4.8	Respon sistem dengan berat beban 145 gram.....	74
Tabel 4.9	Respon sistem dengan berat beban 220 gram.....	75

## DAFTAR LAMPIRAN

### LAMPIRAN A – SKEMATIK RANGKAIAN

Skematik rangkaian FPGA .....	LA-1
Skematik rangkaian <i>Fuzzy Logic Controller</i> .....	LA-2

### LAMPIRAN B – LISTING VHDL

Listing VHDL modul FPGA .....	LB-1
-------------------------------	------

### LAMPIRAN C – DATASHEET IC / KOMPONEN

Datasheet MOSFET IRF530N .....	LC-1
Datasheet Digilent 2E System Board Reference Manual .....	LC-9

### LAMPIRAN D – FOTO ALAT

Foto alat .....	LD-1
-----------------	------