

Jurusan Sistem Komputer
Program Studi Robotika dan Otomasi
Skripsi Sarjana Komputer
Semester Ganjil 2006 / 2007

Simulasi Auto-Tuning PID Controller untuk Motor DC Menggunakan Metode Multiple Integrations

Linawati (0700679404)

Nunika Marta (0700686126)

Rafiqa Zubaida (0700686813)

Abstrak

Penelitian ini menganalisa sebuah auto-tuning PID kontroler menggunakan metode *multiple integrations*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa kemampuan auto-tuning PID kontroler menggunakan metode *multiple integrations* sebagai suatu metode yang mampu mencari parameter PID untuk mencapai *magnitude optimum criterion* yaitu kondisi dimana closed-loop magnitude frekuensi respon bernilai sama dengan satu dan respon output dengan menggunakan software. Penelitian dilakukan terhadap dua buah sinyal referensi yaitu sinyal step dan sinyal kotak dengan persamaan karakteristik motor dc sebagai objek yang diatur agar respon sesuai dengan sinyal referensi. Metode penelitian ini menggunakan studi pustaka dan simulasi. Hasil yang diperoleh dari simulasi auto-tuning PID kontroler menggunakan metode *multiple integrations* pada motor dc yaitu nilai parameter-parameter K , T_i dan T_d dengan nilai rata-rata steady state error sebesar 0.02 dari sinyal referensi.

Kata Kunci : auto-tuning PID kontroler, *multiple integrations*, motor dc, *magnitude optimum*

PRAKATA

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih, berkat dan karunia-Nya yang besar dan telah membimbing serta menguatkan hati penulis dalam menyusun dan menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Simulasi Auto-Tuning PID Controller untuk Motor DC Menggunakan Metode Multiple Integrations”, sebagai tugas akhir dan prasyarat untuk mendapatkan gelar kesarjanaan (S1) di Jurusan Sistem Komputer Universitas Bina Nusantara.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan moral. Oleh karena itu pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak tersebut, terutama kepada :

1. Kedua Orang Tua dan kakak penulis yang telah membesarkan, mendidik, membentuk, memberikan kesempatan pada kami untuk belajar di perguruan tinggi, memberikan motivasi, dorongan, serta material dalam proses penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Endra, S.Kom, M.T, selaku Dosen Pembimbing sekaligus Kepala Lab Sistem Komputer Universitas Bina Nusantara yang telah mengorbankan waktu, keringat, dan tenaganya untuk membimbing, memberikan materi, petunjuk, saran, kritik dan ide selama penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Prof. DR. Gerardus Polla M.App.Sc, Selaku rektor Universitas Bina Nusantara yang memberikan kesempatan bagi kami untuk dapat menimba ilmu dalam jurusan sistem komputer di Universitas Bina Nusantara.

4. Bapak Wiedjaja, S.Kom. M.Kom, selaku Ketua jurusan Sistem Komputer Universitas Bina Nusantara yang telah menyumbangkan banyak ide, saran dan kritik.
5. Bapak Robby Saleh, S.Kom, MT selaku Sekretaris Jurusan jurusan Sistem Komputer Universitas Bina Nusantara yang telah menyumbangkan banyak ide, saran dan kritik.
6. Bapak Rudy Susanto S.Kom selaku penanggung jawab Lab.Litbang Sistem Komputer yang telah meluangkan waktu dan tenaganya untuk memberikan petunjuk, saran, kritik dan ide serta kepercayaan dalam penggunaan fasilitas ruangan dan perlengkapan di ruang KDB.
7. Segenap Dosen dan staff Jurusan Sistem Komputer yang telah memberikan bimbingan, masukan, ide dan pengajaran selama kami membina ilmu di Universitas Bina Nusantara.
8. Segenap Asisten dan staff UPT Perangkat Keras yang telah memberikan banyak dukungan moral, saran dan bantuan selama penyusunan skripsi.
9. Segenap pengurus dan mantan pengurus Lab LitBang Sistem Komputer yang telah banyak menyediakan waktu, fasilitas, ide, saran, kritik serta dorongan selama penyusunan skripsi.
10. Segenap teman-teman mahasiswa - mahasisiwi Jurusan Sistem Komputer yang telah banyak memberikan motivasi, masukan, ide, saran serta kritik selama penyusunan skripsi.

Tiada gading yang tak retak, kami sebagai penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis berharap dapat diberikan saran, kritik ataupun masukan-masukan lain yang bersifat membangun terhadap sebagian atau keseluruhan dari skripsi ini.

Akhir kata, penulis akan sangat bersyukur apabila skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna bagi kepentingan orang banyak. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta dapat dikembangkan kearah yang lebih baik dan lebih sempurna.

Jakarta,

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul Luar.....	i
Halaman Judul Dalam.....	ii
Halaman Persetujuan Softcover (untuk softcover).....	iii
Abstrak.....	iv
Prakata.....	v
Daftar Isi.....	viii
Daftar Tabel.....	xii
Daftar Gambar.....	xv
Daftar Lampiran.....	xx
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Balakang.....	1
1.2 Ruang Lingkup.....	3
1.3 Tujuan dan Manfaat.....	3
1.4 Metodologi.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 LANDASAN TEORI.....	6
1.2 Teori-teori dasar / umum.....	6
2.1.1 MATLAB (<i>Matrix Laboratory</i>).....	6
2.1.2 Motor DC.....	7

2.1.2.1 Cara Kerja Motor DC.....	7
2.1.2.2 Persamaan matematika motor DC.....	8
2.2 Teori – teori khusus yang berhubungan dengan topik yang dibahas.....	11
2.2.1 Jenis-jenis sistem kontrol.....	11
2.2.2 Kontroler.....	13
2.2.2.1 Kontroler Proportional.....	13
2.2.2.2 Kontroler Integral.....	14
2.2.2.3 Kontroler Diferensial.....	16
2.2.2.4 Kontroler PID.....	18
2.2.3 Automatic – Tuning.....	22
2.3 Metode Auto-Tuning dengan Magnitude Optimum	
Multiple Integrations.....	22
BAB 3 PERANCANGAN SISTEM.....	35
3.1 Perancangan Awal dari Sistem yang akan dibangun.....	35
3.1.1 PC (Personal Computer).....	37
3.1.2 Perancangan GUI.....	37
3.2 Spesifikasi dari Sistem yang akan dibangun.....	41
3.2.1 Parameter PID.....	42
3.2.2 Blok Diagram PID Controller dalam pengaturan posisi.....	44
3.2.3 Persamaan Matematika Motor DC.....	44
3.2.4 MATLAB (<i>Matrix Laboratory</i>).....	46
3.3 Metode Auto-tuning dengan multiple integrations.....	46
3.3.1 Algoritma pada Auto-tuning.....	45

BAB 4 SIMULASI DAN ANALISIS.....	59
4.1 Simulasi Software.....	59
4.2 Data Hasil Percobaan.....	59
4.2.1 Percobaan dengan referensi sinyal step pada motor kedua	60
4.2.1.1 Percobaan dengan referensi sinyal step pada motor pertama...	62
4.2.1.2 Percobaan dengan referensi sinyal step yang ditambahkan dengan noise pada motor pertama.....	67
4.2.2 Percobaan dengan referensi sinyal step pada motor kedua.....	75
4.2.2.1 Percobaan dengan referensi sinyal step pada motor kedua.....	77
4.2.2.2 Percobaan dengan referensi sinyal step yang ditambahkan dengan noise pada motor ke-dua.....	83
4.2.3 Percobaan dengan referensi sinyal kotak.....	91
4.2.4 Percobaan dengan referensi sinyal kotak ditambahkan dengan noise.....	98
4.3 Analisis dari data hasil percobaan.....	108
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	124
5.1 Kesimpulan.....	124
5.2 Saran.....	125

DAFTAR PUSTAKA.....	126
RIWAYAT HIDUP.....	128
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Efek perubahan kontroller PID.....	21
Tabel 4.1 Nilai – nilai komponen motor pada motor pertama.....	63
Tabel 4.2 Hasil integrasi referensi sinyal step pada motor pertama percobaan 1 – percobaan 7.....	62
Tabel 4.3 Hasil Parameter K, Ti dan Td pada motor pertama percobaan 1 – percobaan 7.....	63
Tabel 4.4 Waktu proses open loop dan closed loop percobaan 1 – percobaan 7	75
Tabel 4.5 Hasil integrasi referensi sinyal step ditambahkan dengan noise pada motor pertama.....	68
Tabel 4.6 Hasil Parameter K, Ti dan Td pada motor pertama.....	70
Tabel 4.7 Waktu proses open loop dan closed loop percobaan 1 – percobaan 7.....	71
Tabel 4.8 Nilai – nilai komponen motor pada motor kedua.....	76
Tabel 4.9 Hasil integrasi pada motor 2 percobaan 1- percobaan 7.....	78
Tabel 4.10 Hasil Parameter K, Ti dan Td pada motor kedua percobaan 1 – percobaan 7.....	78
Tabel 4.11 Waktu proses openloop dan closed-loop percobaan 1 – percobaan 7.....	79
Tabel 4.12 Hasil integrasi yang ditambahkan dengan noise pada motor kedua.....	83
Tabel 4.13 Hasil Parameter K, Ti dan Td pada motor kedua.....	85
Tabel 4.14 Waktu proses openloop dan closed-loop percobaan 1 - percobaan 7....	87
Tabel 4.15 Nilai – nilai komponen motor.....	91

Tabel 4.16 Hasil Integrasi dengan referensi sinyal kotak percobaan 1 – percobaan 8.....	93
Tabel 4.17 Hasil parameter K, Ti dan Td percobaan 1 – percobaan 8.....	94
Tabel 4.18 Waktu proses open loop dan closed-loop percobaan 1 – percobaan 8....	94
Tabel 4.19 Hasil integrasi dengan referensi sinyal kotak yang ditambahkan dengan noise percobaan 1 – percobaan 8.....	99
Tabel 4.20 Hasil parameter K,Ti dan Td.....	101
Tabel 4.21 Waktu proses open-loop dan closed-loop percobaan 1.....	101
Tabel 4.22 Waktu proses open-loop dan closed-loop percobaan 2.....	102
Tabel 4.23 Waktu proses open-loop dan closed-loop percobaan 3.....	103
Tabel 4.24 Waktu proses open-loop dan closed-loop percobaan 4.....	104
Tabel 4.25 Waktu proses open-loop dan closed-loop percobaan 5.....	105
Tabel 4.26 Waktu proses open-loop dan closed-loop percobaan 6.....	106
Tabel 4.27 Waktu proses open-loop dan closed-loop percobaan 7.....	106
Tabel 4.28 Waktu proses open-loop dan closed-loop percobaan 8.....	107
Tabel 4.29 Waktu rise time, settling time, dan steady state error pada referensi sinyal step pada motor pertama.....	108
Tabel 4.30 Waktu rise time, settling time dan steady state error.....	110
Tabel 4.31 Waktu rise time, settling time dan steady state error pada referensi sinyal step pada motor kedua.....	112
Tabel 4.32 Waktu rise time, settling time dan steady state error pada referensi sinyal step yang ditambahkan dengan noise pada motor kedua.....	114
Tabel 4.33 Karakteristik sinyal PI pada sinyal kotak tanpa noise.....	116
Tabel 4.34 Karakteristik sinyal PID pada sinyal kotak tanpa noise.....	116

Tabel 4.35 Karakteristik sinyal PI pada sinyal kotak tanpa noise.....	117
Tabel 4.36 Karakteristik sinyal PID pada sinyal kotak tanpa noise.....	117
Tabel 4.37 Karakteristik sinyal PI pada sinyal kotak tanpa noise.....	118
Tabel 4.38 Karakteristik sinyal PID pada sinyal kotak tanpa noise.....	118
Tabel 4.39 Karakteristik sinyal PI pada sinyal kotak tanpa noise.....	119
Tabel 4.40 Karakteristik sinyal PID pada sinyal kotak tanpa noise.....	119
Tabel 4.41 Karakteristik sinyal PI pada sinyal kotak tanpa noise.....	120
Tabel 4.42 Karakteristik sinyal PID pada sinyal kotak tanpa noise.....	120
Tabel 4.43 Karakteristik sinyal PI pada sinyal kotak tanpa noise.....	121
Tabel 4.44 Karakteristik sinyal PID pada sinyal kotak tanpa noise.....	121
Tabel 4.45 Karakteristik sinyal PI pada sinyal kotak tanpa noise.....	122
Tabel 4.46 Karakteristik sinyal PID pada sinyal kotak tanpa noise.....	122
Tabel 4.47 Karakteristik sinyal PI pada sinyal kotak tanpa noise.....	123
Tabel 4.48 Karakteristik sinyal PID pada sinyal kotak tanpa noise.....	123

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Model motor dc yang dieksitasi terpisah.....	8
Gambar 2.2 Blok diagram motor dc.....	10
Gambar 2.3 Sistem kontrol terbuka (open-loop).....	12
Gambar 2.4 Sistem kontrol tertutup (closed-loop).....	12
Gambar 2.5 Diagram blok kontroler Proposional.....	13
Gambar 2.6 Diagram blok kontroler Integral	15
Gambar 2.7 Diagram blok kontroler diferensial	17
Gambar 2.8 Blok diagram sistem kontrol closed-loop.....	18
Gambar 2.9 Grafik keadaan sistem.....	19
Gambar 2.10 Konfigurasi PID kontroler dalam kontrol closed-loop.....	23
Gambar 2.11 Area integrasi A_1 sampai A_5	31
Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem.....	35
Gambar 3.2 Tampilan GUI (Grapichal User Interface).....	37
Gambar 3.3 Referensi Sinyal Step.....	38
Gambar 3.4 Referensi sinyal step yang ditambahkan dengan noise.....	39
Gambar 3.5 Referensi Sinyal Kotak.....	39
Gambar 3.6 Referensi sinyal kotak yang ditambahkan dengan noise.....	40
Gambar 3.7 Blok diagram kontroler Proposional,Integral, dan derivatif (PID).....	44
Gambar 3.8 Blok Diagram PID Kontroller dalam Pengaturan Posisi.....	44
Gambar 3.9 Flowchart auto-tuning.....	46
Gambar 3.10 Proses Interval waktu.....	49
Gambar 3.11 Flowchart Open-loop.....	51

Gambar 3.12 Perbandingan waktu.....	56
Gambar 3.13 Flowchart closed-loop dari $t_{n+2} < t < t_{n+3}$	57
Gambar 4.1 GUI Percobaan dengan referensi sinyal step pada motor pertama.....	62
Gambar 4.2 Grafik Percobaan 1 dengan referensi sinyal step pada motor pertama.....	64
Gambar 4.3 Grafik Percobaan 2 dengan referensi sinyal step pada motor pertama.....	64
Gambar 4.4 Grafik Percobaan 3 dengan referensi sinyal step pada motor pertama.....	65
Gambar 4.5 Grafik Percobaan 4 dengan referensi sinyal step pada motor pertama.....	65
Gambar 4.6 Grafik Percobaan 5 dengan referensi sinyal step pada motor pertama.....	66
Gambar 4.7 Grafik Percobaan 6 dengan referensi sinyal step pada motor pertama.....	66
Gambar 4.8 Grafik Percobaan 7 dengan referensi sinyal step pada motor pertama.....	67
Gambar 4.9 GUI Percobaan dengan referensi sinyal step yang ditambahkan dengan noise pada motor pertama.....	67
Gambar 4.10 Grafik Percobaan 1 dengan referensi sinyal step yang ditambahkan dengan noise pada motor pertama.....	72
Gambar 4.11 Grafik Percobaan 2 dengan referensi sinyal step yang ditambahkan dengan noise pada motor pertama.....	72
Gambar 4.12 Grafik Percobaan 3 dengan referensi sinyal step yang ditambahkan dengan noise pada motor pertama.....	73
Gambar 4.13 Grafik Percobaan 4 dengan referensi sinyal step yang ditambahkan dengan noise pada motor pertama.....	73
Gambar 4.14 Grafik Percobaan 5 dengan referensi sinyal step yang ditambahkan dengan noise pada motor pertama.....	74
Gambar 4.15 Grafik Percobaan 6 dengan referensi sinyal step yang ditambahkan dengan noise pada motor pertama.....	74

Gambar 4.16 Grafik Percobaan 7 dengan referensi sinyal step yang ditambahkan dengan noise pada motor pertama.....	75
Gambar 4.17 GUI percobaan dengan referensi sinyal step pada motor kedua.....	77
Gambar 4.18 Grafik Percobaan 1 dengan referensi sinyal step pada motor kedua.....	79
Gambar 4.19 Grafik Percobaan 2 dengan referensi sinyal step pada motor kedua.....	80
Gambar 4.20 Grafik Percobaan 3 dengan referensi sinyal step pada motor kedua.....	80
Gambar 4.21 Grafik Percobaan 4 dengan referensi sinyal step pada motor kedua.....	81
Gambar 4.22 Grafik Percobaan 5 dengan referensi sinyal step pada motor kedua.....	81
Gambar 4.23 Grafik Percobaan 6 dengan referensi sinyal step pada motor kedua.....	82
Gambar 4.24 Grafik Percobaan 7 dengan referensi sinyal step pada motor kedua.....	82
Gambar 4.25 GUI Percobaan dengan referensi sinyal step ditambahkan noise pada motor kedua.....	83
Gambar 4.26 Grafik Percobaan 1 dengan referensi sinyal step yang ditambahkan dengan noise pada motor kedua.....	87
Gambar 4.27 Grafik Percobaan 2 dengan referensi sinyal step yang ditambahkan dengan noise pada motor kedua.....	88
Gambar 4.28 Grafik Percobaan 3 dengan referensi sinyal step yang ditambahkan dengan noise pada motor kedua.....	88
Gambar 4.29 Grafik Percobaan 4 dengan referensi sinyal step yang ditambahkan dengan noise pada motor kedua.....	89
Gambar 4.30 Grafik Percobaan 5 dengan referensi sinyal step yang ditambahkan dengan noise pada motor kedua.....	89
Gambar 4.31 Grafik Percobaan 6 dengan referensi sinyal step yang ditambahkan dengan noise pada motor kedua.....	90

Gambar 4.32 Grafik Percobaan 7 dengan referensi sinyal step yang ditambahkan dengan noise pada motor kedua.....	90
Gambar 4.33 GUI Percobaan dengan referensi sinyal kotak	93
Gambar 4.34 Grafik Percobaan 1 dengan referensi sinyal kotak	95
Gambar 4.35 Grafik Percobaan 2 dengan referensi sinyal kotak	95
Gambar 4.36 Grafik Percobaan 3 dengan referensi sinyal kotak	96
Gambar 4.37 Grafik Percobaan 4 dengan referensi sinyal kotak	96
Gambar 4.38 Grafik Percobaan 5 dengan referensi sinyal kotak	97
Gambar 4.39 Grafik Percobaan 6 dengan referensi sinyal kotak	97
Gambar 4.40 Grafik Percobaan 7 dengan referensi sinyal kotak	98
Gambar 4.41 Grafik Percobaan 8 dengan referensi sinyal kotak	98
Gambar 4.42 GUI Percobaan 1 dengan referensi sinyal kotak yang ditambahkan dengan noise.....	99
Gambar 4.43 Grafik percobaan 1 dengan referensi sinyal kotak yang ditambahkan dengan noise.....	101
Gambar 4.44 Grafik percobaan 2 dengan referensi sinyal kotak yang ditambahkan dengan noise.....	102
Gambar 4.45 Grafik percobaan 3 dengan referensi sinyal kotak yang ditambahkan dengan noise.....	103
Gambar 4.46 Grafik percobaan 4 dengan referensi sinyal kotak yang ditambahkan dengan noise.....	104
Gambar 4.47 Grafik percobaan 5 dengan referensi sinyal kotak yang ditambahkan dengan noise.....	105

Gambar 4.48 Grafik percobaan 6 dengan referensi sinyal kotak yang ditambahkan dengan noise.....	105
Gambar 4.49 Grafik percobaan 7 dengan referensi sinyal kotak yang ditambahkan dengan noise.....	106
Gambar 4.50 Grafik percobaan 8 dengan referensi sinyal kotak yang ditambahkan dengan noise.....	107
Gambar 4.51 Grafik perbandingan Waktu Rise time, settling time dan steady state error pada referensi sinyal step pada motor pertama.....	109
Gambar 4.52 Grafik perbandingan Waktu Rise time, settling time dan steady state error pada referensi sinyal step yang ditambahkan noise pada motor pertama.....	111
Gambar 4.53 Grafik perbandingan Waktu Rise time, settling time dan steady state error pada referensi sinyal step pada motor kedua.....	113
Gambar 4.54 Grafik perbandingan Waktu Rise time, settling time dan steady state error pada referensi sinyal step yang ditambahkan noise pada motor kedua.....	115

DAFTAR LAMPIRAN

Source Code MATLAB.....	LA-1
-------------------------	------