

**SISTEM PENGATURAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI
TIGA FASA BERBASIS PID TERTALA NICHOLS ZIEGLER**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Akademik dalam
Menyelesaikan Program Sarjana (S-1) Teknik**



Disusun Oleh :

HAQI PRIMA HANAN

201110130311049

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG

2016

LEMBAR PERSETUJUAN

**SISTEM PENGATURAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI
TIGA FASA BERBASIS PID TERTALA NICHOLS ZIEGLER**

**Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Program Strata-1 (S-1) Jurusan Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Malang**

Disusun Oleh :

Haqi Prima Hanan

NIM : 201110130311049

Disetujui,

Pembimbing I



Ermanu Azizul Hakim, Dr. Ir. MT.
NIDN : 0705056501

Pembimbing II



Diding Suhardi, Ir. MT.
NIDN : 0706066501

LEMBAR PENGESAHAN

**SISTEM PENGATURAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI TIGA
FASA BERBASIS PID TERTALA *NICHOLS ZIEGLER***

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang**


Disusun oleh:
HAQI PRIMA HANAN
NIM. 201110130311049

Tanggal Ujian : 2 Mei 2016
Periode Wisuda : Mei 2016

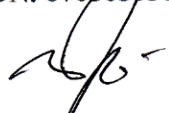
Disetujui oleh:


Ermanu Azizul Hakim, Dr., Ir., MT.
NIDN. 0705056501

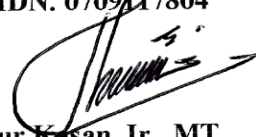
Pembimbing I


Diding Suhardi, Ir., MT.
NIDN. 0705056501

Pembimbing II

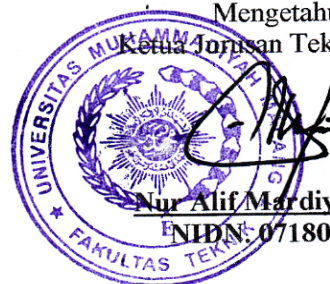

Zulfatman, ST., M.Eng.
NIDN. 0709117804

Penguji I


Nur Kasan, Ir., MT.
NIDN. 0707106301

Penguji II

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Nur Alif Mardiyah, Ir., MT.
NIDN. 0718036502

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : HAQI PRIMA HANAN
Tempat, Tanggal lahir : Pasuruan, 11 Maret 1993
NIM : 201110130311049
Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Elektro

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir kami dengan judul “**SISTEM PENGATURAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA BERBASIS PID TERTALA NICHOLS ZIEGLER**” beserta seluruh isinya adalah karya saya sendiri dan bukan merupakan karya tulis orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dalam bentuk kutipan yang telah disebutkan sumbernya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan apabila pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menanggung segala bentuk resiko/sanksi yang berlaku.

Malang, 8 Mei 2016

Yang menyatakan,



Haqi Prima Hanan

Mengetahui,

Pembimbing I



Ermanu Azizul Hakim, Dr. Ir. MT.
NIDN : 0705056501

Pembimbing II



Diding Suhardi, Ir. MT.
NIDN : 0706066501

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT. Atas rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul : **“SISTEM PENGATURAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA BERBASIS PID TERTALA *NICHOLS ZIEGLER*”**

Kami menyadari didalam penulisan laporan ini tidak terlepas dari bimbingan dan pengarahan dari para dosen Universitas Muhammdiyah Malang serta pihak-pihak yang tulus ikhlas memberikan bantuan baik secara moril dan spiritual. Semoga amal kebaikan serta keikhlasan mereka mendapat balasan setimpal dari Allah SWT

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran yang membangun agar tulisan ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan perkembangan teknologi kedepan.

Malang, 8 Mei 2016

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
LEMBAR PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Metodologi	2
1.6 Sistematika Penulisan Tugas Akhir	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Motor Induksi	4
2.1.1 Konstruksi	5
2.1.2 Rotor Sangkar	6
2.1.3 Medan Putar	7
2.1.4 Prinsip Kerja Motor Induksi	8
2.1.5 Slip	9
2.1.6 Rangkaian Rotor	10
2.1.7 Frekuensi Rotor	11
2.1.8 Rangkaian Ekuivalen	12
2.1.9 Kopel Motor Induksi	13
2.1.10 Daya Motor Induksi	14

2.1.11 Pengaturan Putaran.....	15
2.2 <i>Inverter</i> Tiga Fasa	17
2.3 Penyearah Gelombang Penuh Tiga Fasa.....	19
2.4 Perataan Gelombang <i>Output</i> DC	21
2.5 Kontrol PID.....	22
2.6 Metode Tuning <i>Nichols Ziegler</i>	23
2.7 Tanggapan Wawasan Waktu.....	25
2.8 MOSFET.....	26
2.9 <i>Vector Control</i>	29
2.10 PWM <i>Hysteresis Current Control</i>	29
2.11 MATLAB <i>Simulink</i>	31
BAB III PERANCANGAN PEMODELAN SISTEM	32
3.1 Prinsip Kerja Blok Diagram.....	32
3.2 Perancangan Motor Induksi	33
3.3 Perancangan Penyearah Jembatan Tiga Fasa.....	36
3.4 Perancangan Inverter Tiga Fasa.....	36
3.5 <i>Vector Control</i>	37
3.6 <i>PID Control</i>	40
3.7 <i>Hysteresis Current Control</i>	41
BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS	43
4.1 Rangkaian Simulasi	43
4.2 Hasil Simulasi	44
4.2.1 Hasil Simulasi Tanpa Kontrol PID Torsi Beban 0 N.m.....	47
4.2.2 Hasil Simulasi Tanpa Kontrol PID Torsi Beban 20 N.m.....	47
4.2.3 Hasil Simulasi Tanpa Kontrol PID Torsi Beban 40 N.m.....	48
4.2.4 Hasil Simulasi Tanpa Kontrol PID Torsi Beban 60 N.m.....	49
4.2.5 Hasil Simulasi Menggunakan Kontrol P Torsi Beban 0 N.m	50
4.2.6 Hasil Simulasi Menggunakan Kontrol P Torsi Beban 20 N.m	51
4.2.7 Hasil Simulasi Menggunakan Kontrol P Torsi Beban 40 N.m	52
4.2.8 Hasil Simulasi Menggunakan Kontrol P Torsi Beban 60 N.m	53
4.2.9 Hasil Simulasi Menggunakan Kontrol PI Torsi Beban 0 N.m.....	54

4.2.10 Hasil Simulasi Menggunakan Kontrol PI Torsi Beban 20 N.m.....	55
4.2.11 Hasil Simulasi Menggunakan Kontrol PI Torsi Beban 40 N.m.....	56
4.2.12 Hasil Simulasi Menggunakan Kontrol PI Torsi Beban 60 N.m.....	57
4.2.13 Hasil Simulasi Menggunakan Kontrol PID Torsi Beban 0 N.m.....	58
4.2.14 Hasil Simulasi Menggunakan Kontrol PID Torsi Beban 20 N.m.....	59
4.2.15 Hasil Simulasi Menggunakan Kontrol PID Torsi Beban 40 N.m.....	60
4.2.16 Hasil Simulasi Menggunakan Kontrol PID Torsi Beban 60 N.m.....	61
4.3 Perbandingan Hasil Simulasi	62
4.3.1 Perbandingan Kecepatan Motor saat Torsi Beban 0 N.m	62
4.3.2 Perbandingan Kecepatan Motor saat Torsi Beban 20 N.m	64
4.3.3 Perbandingan Kecepatan Motor saat Torsi Beban 40 N.m	65
4.3.4 Perbandingan Kecepatan Motor saat Torsi Beban 60 N.m	67
4.4 Analisa Hasil Simulasi	68
BAB V PENUTUP	71
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Konstruksi Motor Induksi.....	5
Gambar 2.2	Konstruksi dan Rangkaian Rotor Sangkar Tupai	6
Gambar 2.3	Proses Terjadinya Medan Putar	7
Gambar 2.4	Motor Induksi diberi Sumber Tiga Fasa.....	8
Gambar 2.5	Rangkaian Motor Induksi	10
Gambar 2.6	Rangkaian Rotor	11
Gambar 2.7	Rangkaian Motor Induksi	12
Gambar 2.8	Vektor Diagram Motor Induksi	12
Gambar 2.9	Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi	12
Gambar 2.10	Vektor Diagram Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi.....	13
Gambar 2.11	Hubungan Kopel dan Slip	14
Gambar 2.12	Rangkaian Rotor Motor Induksi.....	14
Gambar 2.13	Perubahan Jumlah Kutub Motor.....	16
Gambar 2.14	Karakteristik Beban Motor Induksi	16
Gambar 2.15	Karakteristik Kopel pada Rotor Belitan	17
Gambar 2.16	<i>Inverter</i> Tiga Fasa Beban Hubungan Bintang.....	18
Gambar 2.17	Bentuk Gelombang Tegangan Fasa a-n.....	18
Gambar 2.18	Rangkaian Pengganti Beban Setiap Mode	19
Gambar 2.19	Penyearah Jembatan Tiga Fasa.....	20
Gambar 2.20	Bentuk Gelombang Sumber Tegangan dan Waktu Penyalaan.....	21
Gambar 2.21	<i>Output</i> Gelombang Penyearah Setelah diberikan Filter Kapasitor.....	22
Gambar 2.22	Sistem <i>Unity Feedback</i>	22
Gambar 2.23	Metode <i>Tuning Ziegler-Nichols 1</i>	24
Gambar 2.24	Karakteristik Tanggapan Tangga Satuan.....	26
Gambar 2.25	Bangun MOSFET dalam Bentuk Planar (Datar) dan Lambang MOSFET dalam Skema Rangkaian.....	28
Gambar 2.26	Lambang untuk <i>Enhancement</i> MOSFET	28
Gambar 2.27	Koordinat Sistem (d,q) Motor Induksi	29
Gambar 2.28	Logika <i>Hysteresis Current Control</i>	30
Gambar 2.29	Ilustrasi <i>Hysteresis Current Control</i>	31
Gambar 3.1	Diagram Blok Sistem	32

Gambar 3.2	Perancangan Motor Induksi.....	33
Gambar 3.3	Blok Diagram Motor Induksi Tiga Fasa.....	34
Gambar 3.4	Tampilan <i>Configuration</i> Motor Induksi	35
Gambar 3.5	Tampilan Nilai Parameter Motor Induksi yang digunakan	35
Gambar 3.6	Rangkaian Penyearah Jembatan Tiga Fasa.....	36
Gambar 3.7	Perancangan Penyearah Menggunakan Dioda	36
Gambar 3.8	Rangkaian <i>Inverter</i> Tiga Fasa	37
Gambar 3.9	Perancangan <i>Inverter</i> Menggunakan MOSFET	37
Gambar 3.10	Rangkaian <i>Vector Control</i>	38
Gambar 3.11	Rangkaian i_{qs}^* <i>Calculation</i>	38
Gambar 3.12	Rangkaian i_{d}^* <i>Calculation</i>	39
Gambar 3.13	Rangkaian <i>Teta Calculation</i>	39
Gambar 3.14	Rangkaian <i>Flux Calculation</i>	39
Gambar 3.15	Rangkaian <i>ABC to dq Conversion</i>	40
Gambar 3.16	Rangkaian <i>dq to ABC Conversion</i>	40
Gambar 3.17	Perancangan Kontrol PID.....	40
Gambar 3.18	Tampilan Parameter Kontrol PID.....	41
Gambar 3.19	Perancangan <i>Hysteresis Current Control</i>	41
Gambar 3.20	Rangkaian <i>Hysteresis Current Control</i>	42
Gambar 4.1	Pemodelan Rangkaian Simulasi Kontrol Sebagai Pengendali Motor Induksi	43
Gambar 4.2	Rangkaian Kontrol Tanpa PID	44
Gambar 4.3	Rangkaian Kontrol Menggunakan PID	44
Gambar 4.4	Hasil Simulasi Tegangan <i>Output</i> Penyearah	45
Gambar 4.5	Tegangan Keluaran <i>Inverter line to line</i>	45
Gambar 4.6	Grafik Kecepatan Rotor dengan <i>Time Range</i> 0.1 detik.....	46
Gambar 4.7	Grafik Kecepatan Rotor dengan <i>Time Range</i> 0.5 detik.....	46
Gambar 4.8	Kecepatan Rotor Tanpa Menggunakan Kontrol PID dengan Torsi Beban 0 N.m.....	47
Gambar 4.9	Kecepatan Rotor Tanpa Menggunakan Kontrol PID dengan Torsi Beban 20 N.m.....	48

Gambar 4.10	Kecepatan Rotor Tanpa Menggunakan Kontrol PID dengan Torsi Beban 40 N.m.....	49
Gambar 4.11	Kecepatan Rotor Tanpa Menggunakan Kontrol PID dengan Torsi Beban 60 N.m.....	50
Gambar 4.12	Kecepatan Rotor Menggunakan Kontrol P dengan Beban 0 N.m.....	51
Gambar 4.13	Kecepatan Rotor Menggunakan Kontrol P dengan Beban 20 N.m....	52
Gambar 4.14	Kecepatan Rotor Menggunakan Kontrol P dengan Beban 40 N.m....	53
Gambar 4.15	Kecepatan Rotor Menggunakan Kontrol P dengan Beban 60 N.m....	54
Gambar 4.16	Kecepatan Rotor Menggunakan Kontrol PI dengan Beban 0 N.m ...	55
Gambar 4.17	Kecepatan Rotor Menggunakan Kontrol PI dengan Beban 20 N.m ..	56
Gambar 4.18	Kecepatan Rotor Menggunakan Kontrol PI dengan Beban 40 N.m ..	57
Gambar 4.19	Kecepatan Rotor Menggunakan Kontrol PI dengan Beban 60 N.m ..	58
Gambar 4.20	Kecepatan Rotor Menggunakan Kontrol PID dengan Beban 0 N.m..	59
Gambar 4.21	Kecepatan Rotor Menggunakan Kontrol PID dengan Beban 20 N.m	60
Gambar 4.22	Kecepatan Rotor Menggunakan Kontrol PID dengan Beban 40 N.m	61
Gambar 4.23	Kecepatan Rotor Menggunakan Kontrol PID dengan Beban 60 N.m	62
Gambar 4.24	Perbandingan Grafik Kecepatan Motor Menggunakan Kontrol P, PI, PID dan Tanpa Kontrol PID dengan Beban Torsi 0 N.m dalam range waktu 1 detik	62

Gambar 4.25	Perbandingan Grafik Kecepatan Motor Menggunakan Kontrol P, PI, PID dan Tanpa Kontrol PID dengan Beban Torsi 0 N.m dalam range waktu 0.16 detik	63
Gambar 4.26	Perbandingan Grafik Kecepatan Motor Menggunakan Kontrol P, PI, PID dan Tanpa Kontrol PID dengan Beban Torsi 0 N.m dalam range waktu 0.76 detik sampai 0.88 detik	63
Gambar 4.27	Perbandingan Grafik Kecepatan Motor Menggunakan Kontrol P, PI, PID dan Tanpa Kontrol PID dengan Beban Torsi 20 N.m dalam range waktu 1 detik	64
Gambar 4.28	Perbandingan Grafik Kecepatan Motor Menggunakan Kontrol P, PI, PID dan Tanpa Kontrol PID dengan Beban Torsi 20 N.m dalam range waktu 0.16 detik	64
Gambar 4.29	Perbandingan Grafik Kecepatan Motor Menggunakan Kontrol P, PI, PID dan Tanpa Kontrol PID dengan Beban Torsi 20 N.m dalam range waktu 0.76 detik sampai 0.9 detik	65
Gambar 4.30	Perbandingan Grafik Kecepatan Motor Menggunakan Kontrol P, PI, PID dan Tanpa Kontrol PID dengan Beban Torsi 40 N.m dalam range waktu 1 detik	65
Gambar 4.31	Perbandingan Grafik Kecepatan Motor Menggunakan Kontrol P, PI, PID dan Tanpa Kontrol PID dengan Beban Torsi 40 N.m dalam range waktu 0.14 detik	66
Gambar 4.32	Perbandingan Grafik Kecepatan Motor Menggunakan Kontrol P, PI, PID dan Tanpa Kontrol PID dengan Beban Torsi 40 N.m dalam range waktu 0.845 detik sampai 0.88 detik	66
Gambar 4.33	Perbandingan Grafik Kecepatan Motor Menggunakan Kontrol P, PI, PID dan Tanpa Kontrol PID dengan Beban Torsi 60 N.m dalam range waktu 1 detik	67
Gambar 4.34	Perbandingan Grafik Kecepatan Motor Menggunakan Kontrol P, PI, PID dan Tanpa Kontrol PID dengan Beban Torsi 60 N.m dalam range waktu 0.12 detik	67

Gambar 4.35 Perbandingan Grafik Kecepatan Motor Menggunakan Kontrol P, PI, PID dan Tanpa Kontrol PID dengan Beban Torsi 60 N.m dalam range waktu 0.82 detik sampai 0.94 detik68



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Parameter <i>Tuning</i> Metode <i>Ziegler-Nichols</i> 1	24
Tabel 3.1 Parameter Motor Induksi Tiga Fasa	33
Tabel 4.1 Perbandingan Hasil Simulasi.....	69



DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Bishop Owen, 2004. *Dasar-dasar Elektronika*. Jakarta, Erlangga.
- [2]. Blocher Richard, 2003. *Dasar Elektronika*. Yogyakarta, ANDI Offset.
- [3]. Cogdell, J.R., 1996. *Foundation of Electrical Engineering*. New Jersey, Prentice Hall International.
- [4]. Denny Septa Ferdiansyah. Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa dengan Kontrol PID Melalui Metode Field Oriented Control (FOC). *ITS*.
- [5]. Eka Candra Wijaya. Auto Tuning PID Berbasis Metode Osilasi Ziegler-Nichols Menggunakan Mikrokontroler AT89S52 pada Pengendalian Suhu. *Universitas Diponegoro*.
- [6]. Ermanu Azizul Hakim, 2012. *Sistem Kontrol*. Malang, UMM Press.
- [7]. Foulsham, W. and Co. Ltd., London, 1994. *Data dan Persamaan FET dan MOSFET*. Jakarta, PT Elex Media Komputindo.
- [8]. Gussow Milton, 2004. *Dasar-Dasar Teknik Listrik*. Jakarta, Erlangga.
- [9]. Hart Daniel, W., 1997. *Introduction to Power Electronics*. New Jersey, Prentice Hall International.
- [10]. Imam Sutrisno, 2009. *Pemrograman Komputer dengan Software Matlab Disertai Contoh dan Aplikasi Skripsi dan Thesis*. Surabaya, ITS Press.
- [11]. Jalluri Srinivasa Rao and Sanker Ram, B. V., 2013. Performance of Induction Motor Using Hysteresis Band PWM Controller. *IJAET*. 6(2):920-931.
- [12]. Lister Eugene, C., 1993. *Mesin dan Rangkaian Listrik*. Jakarta, Erlangga.
- [13]. Ranganadh Venkata, B., Prasad Mallikarjuna, A. and Sreedhar Madichetty, 2013. Modelling and Simulation of a Hysteresis Band Pulse Width Modulated Current Controller Applied to a Three Phase Voltage Source Inverter by Using Matlab. *IJAREEIE*. 2(9):4378-4387.
- [14]. Shentilkumar S., Vijayan S., 2013. Simulation of High Performance PID Controller for Induction Motor Speed Control with Mathematical Modeling. *Research Journal of Applied Sciences Engineering and Technology*. 6(18):3343-3348.

- [15]. Sumanto, 1993. *Motor Listrik Arus Bolak Balik*. Yogyakarta, Andi Offset.
- [16]. The Mathworks, Inc., Le-Huy, H., 2016. Vector Control of AC Motor Drive. Available at: <http://www.mathworks.com/help/physmod/sps/examples/vector-control-of-ac-motor-drive.html>
- [17]. Thomas Wahyu Dwi Hartanto, Y. Wahyu Agung Prasetyo, 2003. *Analisis dan Desain Sistem Kontrol dengan Matlab*. Yogyakarta, ANDI.
- [18]. Tooley Mike, 2002. *Rangkaian Elektronik Prinsip dan Aplikasi*. Jakarta, Erlangga.
- [19]. Zuhail, 1992. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta, PT Gramedia Pustaka Utama.

