

KATA PENGANTAR

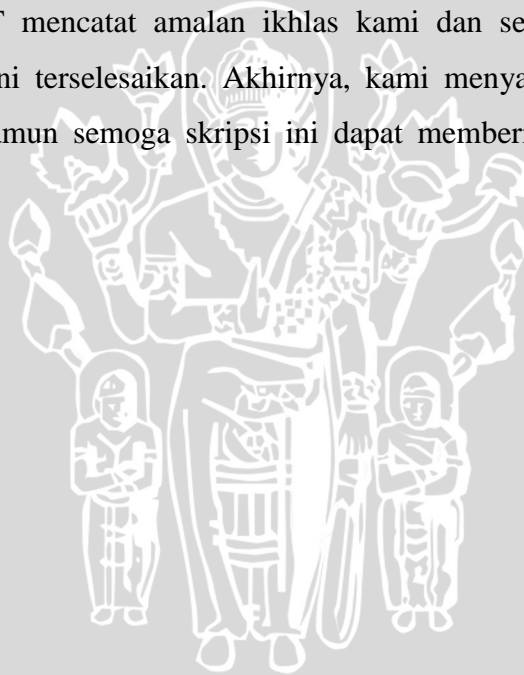
Alhamdulillah, segala puji hanya bagi Allâh Subhanahu Wa Taâla, Rabb alam semesta. Dialah Allâh, Tuhan Yang Maha Satu, Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Dialah Sebaik baik Penolong dan Sebaik baik Pelindung. Shalawat dan salâm kepada Nabi Muhammad Rasulullâh Shallallâhu Alaihi Wa Salâm, Sang pembawa kabar gembira dan sebaik baik suri tauladan bagi yang mengharap Rahmat dan Hidayah-Nya.

Sungguh hanya melalui Pertolongan dan Perlindungan Allâh SWT semata sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Dengan seizin Allâh SWT, di kesempatan yang baik ini saya ingin menghaturkan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar besarnya atas bantuan sehingga terselesainya skripsi ini kepada:

- Allah SWT yang telah memberikan kelancaran, kemudahan dan hidayah-Nya.
- Keluarga tercinta, kedua orang tua Rakhmad Susatyo dan Retno Setyowati yang selalu memberikan kasih sayang dan doanya yang tiada akhir. Serta kedua saudara Dandy Muhammad dan Pahlevi Muhammad yang selalu memberikan dukungan.
- Bapak M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Bapak Hadi Suyono, ST.,MT., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Bapak Dr. Ir. Bambang Siswojo, MT sebagai Dosen Pembimbing I atas segala bimbingan, pengarahan, gagasan, ide, saran, motivasi yang telah diberikan, serta waktu yang diluangkan untuk bimbingan.
- Bapak Ir. Purwanto, MT. selaku KKDK Teknik Kontrol dan sebagai Dosen Pembimbing II atas segala bimbingan, pengarahan, gagasan, ide, saran, motivasi yang telah diberikan, serta waktu yang diluangkan untuk bimbingan.
- Bapak Ibu Dosen, karyawan, staf recording dan RBTE atas segala bantuan dan kemudahan.
- Teman - teman seperjuangan dalam mengerjakan skripsi Ariski, Dandy, Bagus terima kasih telah berbagi pengalaman dan pengetahuan, serta canda dan tawa.

- Teman - teman “MaGiC”, Hanip, Luthfi, Gilang, Rainer, Rangga, Mukson, Dandy, Ulit, Dany, Dugal, Ernanda, Hesta, dan Kadek terima kasih telah berbagi kesenangan, pelajaran hidup, serta canda dan tawa.
- Teman dekat sejak sekolah menengah Joko, Hamdani, Adin, Sesa, dan Afif yang telah meluangkan waktu untuk bercanda dan bercengkerama disaat penat mengerjakan skripsi, serta saudari Saktya Pinastiti yang secara tidak langsung memberi motivasi dan dorongan untuk tetap semangat dalam mengerjakan skripsi.
- Keluarga besar angkatan 2010 MAGNET’10 atas do’a, semangat, serta dukungan yang diberikan pada penulis.
- Semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung atas penyusunan skripsi ini.

Sekiranya Allâh SWT mencatat amalan ikhlas kami dan semua pihak yang turut membantu sehingga skripsi ini terselesaikan. Akhirnya, kami menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna namun semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Allâhumma Amîn.



Malang, Januari 2016

Penulis



DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
RINGKASAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	3
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Sistematika Pembahasan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Wind Tunnel</i>	5
2.2 Tipe Aliran Fluida	6
2.3 Kontroler	7
2.3.1 Kontroler <i>Proporsional</i>	7
2.3.2 Kontroler <i>Integral</i>	8
2.3.3 Kontroler <i>Diferensial</i>	9
2.3.4 Kontroler <i>Proporsional Integral</i> (PI)	10
2.3.5 Kontroler <i>Proporsional Diferensial</i> (PD)	11
2.3.6 Kontroler <i>Proporsional Integral Diferensial</i> (PID)	11
2.4 Metode <i>Tuning</i> PID	12
2.5 Mikrokontroler Arduino Mega 2560	16
2.5.1 Daya	17
2.5.2 Memori	18
2.5.3 <i>Input dan Output</i>	18
2.5.4 Komunikasi	19

2.6	Sensor <i>Air Flow</i>	20
2.7	<i>Variable Frequency Drive</i>	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		23
3.1	Spesifikasi Alat.	23
3.2	Studi Literatur.	23
3.3	Realisasi Pembuatan Sistem	24
3.3.1	Perancangan Perangkat Keras dan Realisasi Pembuatan Alat.....	24
3.3.2	Perancangan dan Perhitungan Komponen yang akan Digunakan.....	24
3.3.3	Perancangan Perangkat Lunak.....	24
3.4	Pengujian dan Analisis Data	25
3.5	Pengambilan Kesimpulan.....	25
BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT.....		27
4.1	Perancangan Sistem.	27
4.2	Diagram Blok Sistem	27
4.3	Perancangan Perangkat Keras.....	28
4.3.1	<i>Propeller</i>	28
4.3.2	Sensor <i>Air Flow</i>	29
4.3.3	Motor Induksi 3 Fasa.....	31
4.3.4	Modul Arduino Mega 2560.....	32
4.3.5	<i>Variable Frequency Drive</i>	33
4.4	Perancangan Kontroler PID.	34
4.5	Perancangan Perangkat Lunak	36
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS		39
5.1	Pengujian Sensor <i>Air Flow</i>	39
5.2	Pengujian respon <i>open loop plant wind tunnel</i>	42
5.3	Pengujian Keseluruhan Sistem.....	44

BAB VI PENUTUP 47

6.1 Kesimpulan 47

6.2 Saran 47

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Model <i>Wind tunnel Open Circuit</i>	6
Gambar 2.2 Aliran laminar dan aliran turbulen	7
Gambar 2.3 Diagram blok kontroler proporsional	8
Gambar 2.4 Diagram blok kontroler integral	9
Gambar 2.5 Diagram blok kontroler differensial	10
Gambar 2.6 Hubungan fungsi waktu antara sinyal keluaran dan masukan kontroler PID	11
Gambar 2.7 Diagram Blok kontroler PID	12
Gambar 2.8 Kurva Respon <i>Unit Step</i> yang Menunjukkan <i>25% Maximum Overshoot</i>	13
Gambar 2.9 Respons Plan Terhadap Masukan Berupa <i>Unit Step</i>	13
Gambar 2.10 Respons Plan berbentuk S	14
Gambar 2.11 Sistem <i>Loop</i> Tertutup dengan Kontroler Proporsional	15
Gambar 2.12 Osilasi Berkesinambungan dengan periode <i>Pcr</i>	15
Gambar 2.13 Desain sistem Arduino Mega 2560	17
Gambar 2.14 Skema rangkaian <i>Variable Frequency Drive</i>	21
Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem	28
Gambar 4.2 <i>Propeller</i>	29
Gambar 4.3 Model Alat.....	29
Gambar 4.4 Diagram Aliran udara pada tabung pitot	30
Gambar 4.5 Sensor <i>Air Flow</i>	31
Gambar 4.6 Motor Induksi 3 Fasa	31
Gambar 4.7 Tampak depan Arduino mega 2560	32
Gambar 4.8 Bentuk fisik <i>Variable Frequency Drive</i>	33
Gambar 4.9 Metode 1 <i>Ziegler-Nichols</i> (hasil pengujian).....	35
Gambar 4.10 <i>Flowchart</i> Perangkat Lunak	37
Gambar 5.1 Diagram Blok Pengujian Sensor	40
Gambar 5.2 Grafik Hubungan Antara Kecepatan Putaran <i>Propeller</i> dengan Tegangan Keluaran Sensor	42

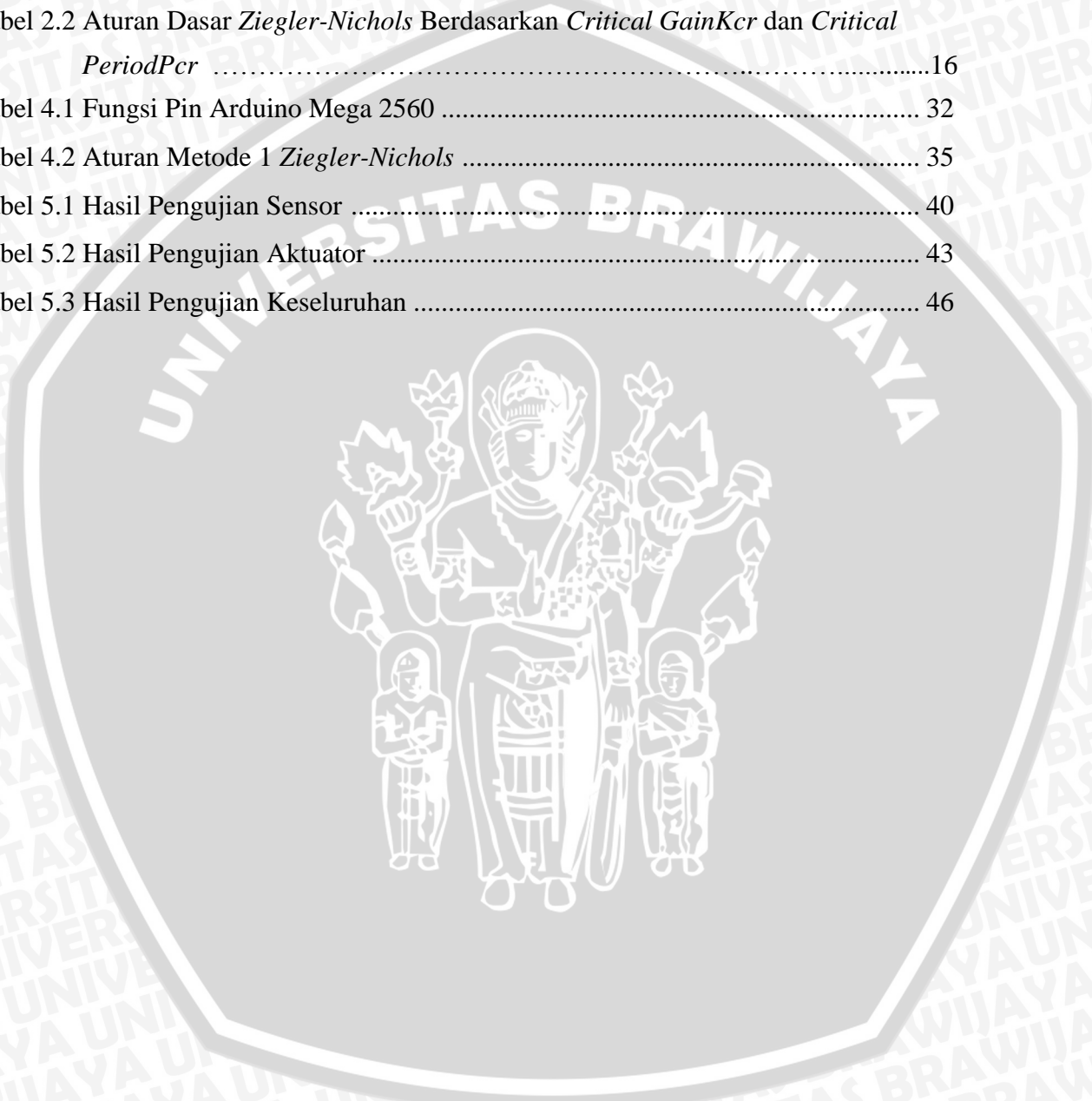
Gambar 5.3 Grafik respon aktuator 44

Gambar 5.4 Pengujian sistem dengan *setpoint* kecepatan aliran udara sebesar 10 m/s . 45



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Aturan Penalaran <i>Ziegler-Nichols</i> Berdasarkan Respons Unit Step Dari Plan	14
Tabel 2.2 Aturan Dasar <i>Ziegler-Nichols</i> Berdasarkan <i>Critical GainKcr</i> dan <i>Critical PeriodPcr</i>	16
Tabel 4.1 Fungsi Pin Arduino Mega 2560	32
Tabel 4.2 Aturan Metode 1 <i>Ziegler-Nichols</i>	35
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Sensor	40
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Aktuator	43
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Keseluruhan	46



RINGKASAN

Randy Muhammad, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2016, *Sistem Pengendalian Kecepatan Aliran Udara Pada Wind Tunnel dengan Umpan Balik Kecepatan Aliran Udara Menggunakan Kontroler PID*, Dosen Pembimbing: Bambang Siswojo dan Purwanto

Wind tunnel atau terowongan angin adalah alat riset dikembangkan untuk membantu dalam menganalisis efek angin yang bergerak atau di sekitar objek padat. Untuk membangkitkan aliran udara pada *wind tunnel* yaitu dengan cara mengatur putaran *propeller* pada *fan* yang digerakkan menggunakan motor penggerak yang kemudian perubahan aliran udara tersebut dapat dikontrol dengan mengatur putaran *propeller* dengan kecepatan tertentu. Aliran udara tersebut dialirkan menggunakan *propeller* yang terpasang pada sebuah saluran tertutup berbentuk silinder.

Dalam sebuah plant *wind tunnel* kecepatan aliran udara yang dihasilkan tidak selalu sesuai dengan nilai kecepatan yang diinginkan karena adanya gangguan yang menghalangi putaran *propeller*. Sehingga kecepatan aliran udara yang dihasilkan perlu dikendalikan secara elektrik dengan mengatur putaran *propeller* dengan memasang sebuah sensor *air flow* pada *wind tunnel*.

Solusi dari hal ini yaitu dengan mengendalikan kecepatan putaran *propeller* melalui aktuator motor induksi 3 fasa secara otomatis menggunakan kontroler PID. Diharapkan dengan adanya sistem pengendalian ini, *error* kecepatan aliran udara yang dihasilkan pada *wind tunnel* dapat dikurangi, sehingga kecepatan aliran udara yang dihasilkan dapat sesuai pada nilai yang diinginkan. Dari hasil perancangan dan pengujian alat yang telah dilakukan, didapatkan parameter PID dengan metode *Ziegler-Nichols 1* yang paling baik yaitu $K_p=4,67$; $K_i=7,78$; dan $K_d=0,7005$ dengan *settling time* 6,1 detik.

Kata kunci: *wind tunnel, PID, propeller, air flow, Arduino Mega, motor induksi 3 fasa*

SUMMARY

Randy Muhammad, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering University of Brawijaya, January 2016, *Air Flow Speed Control System On Wind Tunnel with Feedback Air Flow Speed Using PID Controller*, Academic Supervisor: Bambang Siswojo and Purwanto.

Wind tunnel is a research tool developed to assist in analyzing the effect of wind that moves or around solid objects. To generate airflow in the wind tunnel that is by regulating the rotation on the fan propeller driven using the motor which then changes the air flow can be controlled by adjusting the propeller rotation with a certain speed. The air stream flows using a propeller mounted on a cylindrical closed channels.

Airflow velocity that generated by wind tunnel are not always correspond to the value of the desired speed because of the disruption that prevents rotation propeller. So the speed of air flow being generated electrically controlled by adjusting the propeller rotation by installing a air flow sensor in the wind tunnel.

The solution of this is that by controlling the engine speed using 3 phase induction motor actuator automatically using a PID controller. Expected by this control system, air flow rate error produced at the wind tunnel can be reduced, so that the speed of the airflow generated can match the desired value. From the results of the design and testing tools that have been done, obtained by the PID parameter from Ziegler-Nichols 1 method is $K_p = 4.67$; $K_i = 7.78$; and $K_d = 0.7005$ with a settling time of 6.1 seconds.

Keywords: *wind tunnel, PID, propeller, air flow, Arduino Mega, 3-phase induction motor*