

**RANCANG BANGUN *INTELLIGENT CONTROL SYSTEM*
BERBASIS JARINGAN SYARAF TIRUAN SEBAGAI
PENGENDALI SUHU PADA REAKTOR *PYROLYSIS***

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro



Oleh:

Nama : Yayan Iscahyadi Sarira

No. Mahasiswa : 08524024

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2012

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**RANCANG BANGUN *INTELLIGENT CONTROL SYSTEM*
BERBASIS JARINGAN SYARAF TIRUAN SEBAGAI
PENGENDALI SUHU PADA REAKTOR *PYROLYSIS***

TUGAS AKHIR



Pembimbing I

Dwi Ana Ratna Wati, ST, M.Eng.

Pembimbing II

Wahyudi Budi P., ST, M.Eng.

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini.

Nama : Yayan Iscahyadi Sarira

No. Mahasiswa : 08524024

Menyatakan dengan jujur bahwa tugas akhir ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri, tanpa adanya niat untuk menjiplak atau melakukan plagiat dari karya orang lain. Adapun bagian-bagian tertentu dari sumber referensi yang saya ambil, sesuai dengan ketentuan dan tata tertib yang berlaku dalam penulisan karya ilmiah yang lazim. Jika terbukti ada sesuatu hal yang melanggar, saya siap bertanggung jawab sepenuhnya.

Yogyakarta, Juni 2012

Yayan Iscahyadi S.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
RANCANG BANGUN INTELLIGENT CONTROL SYSTEM
BERBASIS JARINGAN SYARAF TIRUAN SEBAGAI
PENGENDALI SUHU PADA REAKTOR PYROLYSIS

TUGAS AKHIR

Oleh:

Nama : Yayan Iscahyadi Sarira

No. Mahasiswa : 08524024

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat

untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, Juni 2012

Tim Penguji,

Dwi Ana Ratnawati, ST., M.Eng.

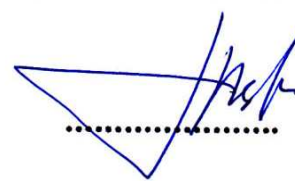
Ketua

Medilla Kusriyanto, ST., M.Eng.

Anggota I

Dr. Eng. Hendra Setiawan, ST., MT.

Anggota II



Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Universitas Islam Indonesia



Tito Yuwono, ST, M.Sc.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya Tugas Akhir ini

Saya Persembahkan

Kepada

"Allah SWT"

"Seluruh Orang Yang Saya Sayangi dan Cintai"

HALAMAN MOTTO

"Starting With Bismillah

And Next

Enjoy The Process"

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Alhamdulillah rabbil'alamin, rasa syukur yang sebesar-besarnya atas kehadiran Allah SWT, atas karunia dan nikmat yang telah diberikan sehingga Tugas Akhir “Rancang Bangun *Intelligent Control System* Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan Sebagai Alat Pengendali Suhu Pada Reaktor *Pyrolysis*” ini telah selesai dengan baik dan lancar. Tak lupa pula shalawat dan salam tercurah kepada Rasulullah SAW, yang menjadi teladan baik bagi umatnya.

Rasa syukur yang tidak pernah berhenti, atas selesainya Tugas Akhir ini, penulis berharap semoga karya ini bisa memberikan manfaat bagi seluruh pembaca untuk ke depannya. Banyak kesan dan duka yang mengiringi dalam proses Tugas Akhir ini. Namun, semua dapat dilewati atas rasa syukur yang selalu dijunjung oleh penulis.

Rasa terima kasih juga penulis haturkan kepada seluruh pihak yang terkait dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini. Atas dukungan, bimbingan, kerjasama, fasilitas, saya ucapkan rasa terima kasih ini kepada :

1. Bapak Tito Yuwono, ST, M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
2. Ibu Dwi Ana Ratna Wati, ST, M.Eng. selaku Pembimbing I Tugas Akhir yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing dan mendampingi dalam proses Tugas Akhir.

3. Bapak Wahyudi Budi Pramono, ST, M.Eng. selaku Pembimbing II Tugas Akhir yang juga selalu memberikan dukungan atas kelancara Tugas Akhir ini.
4. Mas Alvin Syahroni ST., M.Eng. selaku dosen Teknik Elektro yang selalu memberikan motivasi dan membimbing saya demi kelancaran Tugas Akhir.
5. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro, terima kasih atas bimbingan selama saya kuliah di Jurusan Teknik Elektro.
6. Bapak Arif selaku Dosen Kimia yang selalu memberikan masukan terkait dengan proses *Pyrolysis*
7. Bapak Bagus selaku laboran Lab OTK dan PTK jurusan Teknik Kimia, yang selalu dengan senang hati menerima kedatangan saya di Lab Kimia.
8. Mas Heri, Mba Aroh dan Mas Dian, yang selalu menyediakan tempat, alat-alat dan komponen di laboratorium.
9. Teman-teman Elektro 2008; Dion, Haris, Husin, Ajin, Danang, Mochtar, Diki, Ahriman, Trimbil, Hanif, Ishal, Dani, Mamat, Yeyen, dan teman-teman elektro '08 lainnya yang telah memberikan dukungan kepadaku.
10. Mace, Pace, Adek-adekku, dan seluruh keluargaku yang selalu tak henti-hentinya memberikan doa dan *support*.
11. Astrid Retno Adiningsih, yang selalu memberikan motivasi dan semangat selama mengerjakan Tugas Akhir.
12. Dan banyak pihak lain yang tidak dapat kami sebutkan seluruhnya yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis juga menyadari akan kekurangan dari Tugas Akhir ini karena keterbatasan ilmu yang dimiliki oleh penulis. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dan solutif demi kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga apa yang telah didapat dari Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat yang sangat baik bagi para pembaca dan penggunanya. Amin...

Wassalaamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, Juni 2012

Penulis

ABSTRAKSI

Dalam sistem kontrol, kebutuhan untuk pengendali yang optimal dan handal menjadi pilihan yang penting. Pengendali dengan sistem kontrol konvensional tidak lagi menjadi pilihan yang tepat. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu pengendali yang optimal dan handal dengan mengintegrasikan sistem kendali cerdas. Penelitian ini bertujuan merancang pengendali suhu *furnace* berbasis jaringan syaraf tiruan pada proses *pyrolysis* untuk bahan baku organik. Implementasi algoritma kontrol jaringan syaraf tiruan (JST) tipe *backpropagation* menggunakan mikrokontroler AVR ATMEGA 32 dengan *compiler* BASCOM AVR. Proses pelatihan dan pengujian dilakukan dengan menggunakan *software* MATLAB 2009. Pengujian dilakukan pada beberapa tipe JST yang dihasilkan dari tipe data pelatihan yang berbeda. JST terbaik dihasilkan pada data pelatihan dengan *sampling* data 10 menit, susunan neuron [10,1] dengan fungsi aktivasi logsig dengan target *error* sebesar 0,01, target *epoch* sebesar 20.000, dan *learning rate* sebesar 0,9. Performa terbaik ditunjukkan oleh JST dengan nilai *overshoot* 0,4444%, *rise time* sebesar 566,6667 detik, *settling time* sebesar 2.168 detik, dan *peak time* sebesar 4.310 detik. Pada pengujian suhu referensi naik, pengendali JST yang telah dirancang memiliki respon yang cukup cepat, relatif stabil dan konstan, serta mampu bekerja secara optimal pada rentang suhu 400° – 500°C.

Kata kunci: Jaringan syaraf tiruan, *furnace*, *pyrolysis*, mikrokontroler

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Pembimbing	ii
Lembar Pernyataan Keaslian	iii
Lembar Pengesahan Penguji	iv
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto	vi
Kata Pengantar	vii
Abstraksi	x
Daftar Isi	xi
Daftar Gambar	xv
Daftar Tabel	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Metodologi Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 <i>Pyrolysis</i>	10
2.3 Jaringan Syaraf Tiruan	14

2.3.1	Dasar-dasar Jaringan Syaraf Tiruan	15
2.3.2	Metode Pembelajaran	20
2.3.3	Jaringan Syaraf Tiruan <i>Backpropagation</i>	21
2.4	<i>Microcontroller</i> AVR ATMEGA 32	26
2.4.1	Fitur ATMEGA 32	26
2.4.2	Konfigurasi Pin AVR ATMEGA 32	28
2.4.3	Arsitektur AVR RISC	29
2.4.4	Struktur Memori	30
2.4.5	Register I/O	31
2.5	Termokopel	32
2.6	<i>Operational Amplifier</i> LM 358	34
2.7	TRIAC BT 139	36
2.8	IC TCA 785	37
2.9	BASCOM AVR 1.11.9.5	41
2.9.1	Tipe Data	41
2.9.2	Variabel	42
2.9.3	Konstanta	43
2.9.4	Penulisan Bilangan	43
2.9.5	Alias	43
2.9.6	Array	44
2.9.7	Operator	44
2.9.8	Struktur Pemilihan	45
2.9.9	Struktur Perulangan	46
2.9.10	Struktur Lompatan	47

BAB III PERANCANGAN SISTEM

3.1	Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	50
3.1.1	Rangkaian Sistem Minimum	50
3.1.2	Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Termokopel	52
3.1.3	Rangkaian Penguat Tegangan Kontrol	53
3.1.4	Rangkaian Pengontrol Sudut Fasa Tegangan AC	54
3.1.5	Rangkaian Saklar Elektronik	57
3.2	Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	58
3.2.1	Program Pengambilan Data JST	58
3.2.2	Program Pelatihan Data JST	60
3.2.3	Program Pengujian Data JST	66
3.2.4	Program Utama Blok Kontrol JST	68

BAB IV PENGUJIAN, ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1	Pengujian Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	71
4.1.1	Pengujian Rangkaian Sistem Minimum	71
4.1.2	Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Termokopel	78
4.1.3	Pengujian Rangkaian Penguat Tegangan Kontrol	80
4.1.4	Pengujian Rangkaian Driver AC	82
4.2	Pengujian Sistem Pengendali Jaringan Syaraf Tiruan	85
4.2.1	Pengujian Sistem Kalang Terbuka (<i>Open Loop</i>)	85
4.2.2	Pengujian pada Variasi Tipe Data Pelatihan JST	87
4.2.3	Pengujian pada Referensi Naik	91
4.2.4	Pengujian Sistem Dengan Pemberian Gangguan	93

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan 95

5.2 Saran 97

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jaringan Syaraf Tiruan Satu Lapis	16
Gambar 2.2 Fungsi Aktivasi Linier	17
Gambar 2.3 Fungsi Aktivasi Undak	17
Gambar 2.4 Fungsi Aktivasi <i>Sigmoid</i>	18
Gambar 2.5 Fungsi Aktivasi <i>Bipolar Sigmoid</i>	18
Gambar 2.6 Jaringan Syaraf Tiruan Multi Lapis	18
Gambar 2.7 Struktur Jaringan ART	20
Gambar 2.8 Jaringan Syaraf Rambat Balik dengan Satu Lapisan Tersembunyi	22
Gambar 2.9 Konfigurasi Pin ATMEGA 32	28
Gambar 2.10 Arsitektur Mikrokontroler AVR RISC	29
Gambar 2.11 Proses Pengambilan dan Pengeksekusian Instruksi Secara Paralel	30
Gambar 2.12 (a) Memori Program, (b) Memori Data	31
Gambar 2.13 Beda Potensial Pada Termokopel	32
Gambar 2.14 Termokopel Seri-K	34
Gambar 2.15 Penguat <i>Non-inverting</i>	35
Gambar 2.16 Konfigurasi pin LM 358	35
Gambar 2.17 (a) Rangkaian Ekuivalen TRIAC, (b) Simbol TRIAC	36
Gambar 2.18 Bentuk Fisik IC TCA 785	37
Gambar 2.19 Konfigurasi Pin IC TCA 785	38
Gambar 2.20 Diagram Pulsa IC TCA 785	40
Gambar 2.21 Proses Pemrograman Mikrokontroler	41
Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Kendali Suhu <i>Furnace</i>	48

Gambar 3.2	Blok Diagram Sistem Pengendali Jaringan Syaraf Tiruan	49
Gambar 3.3	Rangkaian Sistem Minimum AVR ATmega 32	51
Gambar 3.4	(a) Rangkaian <i>Low Pass Filter</i> Analog	53
	(b) Rangkaian Op-Amp	53
Gambar 3.5	Rangkaian Penguat Tegangan Kontrol	54
Gambar 3.6	Rangkaian Pengontrol Sudut Fasa Tegangan AC	55
Gambar 3.7	Rangkaian Saklar Elektronik	57
Gambar 3.8	<i>Flowchart</i> Program Pengambilan Data JST	59
Gambar 3.9	Potongan Listing Program Utama Pengambilan Data JST	60
Gambar 3.10	<i>Flowchart</i> Program Data Pelatihan JST	61
Gambar 3.11	Tampilan Performa Pelatihan Data JST	63
Gambar 3.12	Grafik Performa Pelatihan JST Berdasarkan <i>Target Error</i>	63
Gambar 3.13	<i>Flowchart</i> Program Pengujian Data JST	66
Gambar 3.14	Arsitektur JST Menggunakan <i>Simulink</i> MATLAB 2009	67
Gambar 3.15	<i>Flowchart</i> Program Kontrol JST	68
Gambar 3.16	<i>Flowchart</i> Program Kontroler <i>Hardware</i>	69
Gambar 4.1	Program Pengujian LCD	72
Gambar 4.2	Tampilan Karakter di LCD	72
Gambar 4.3	Program Pengujian Port Analog Input (ADC)	73
Gambar 4.4	Tampilan Nilai ADC Sensor di LCD	73
Gambar 4.5	Program Pengujian PortD.4 Sebagai Port PWM	74
Gambar 4.6	Grafik hubungan PWM dengan Tegangan Output <i>Port</i> PWM	76
Gambar 4.7	Program Pengujian Komunikasi Serial	77
Gambar 4.8	Konfigurasi Pada <i>Hyper Terminal</i>	77

Gambar 4.9 Karakter atau Tulisan Yang Ditampilkan Di <i>Hyper Terminal</i>	78
Gambar 4.10 Grafik hubungan V_{out} Sensor Dengan V_{out} Op-Amp	80
Gambar 4.11 Grafik Hubungan Antara V_{out} PWM dengan V_{out} Op-Amp	82
Gambar 4.12 Grafik Hubungan PWM dengan V_{load} (AC)	84
Gambar 4.13 Grafik Respon Sistem Dengan Pengujian Kalang Terbuka	86
Gambar 4.14 Grafik Respon Sistem Pada Pengujian Beberapa Tipe Data JST	89
Gambar 4.15 Grafik Respon Sistem Pada Suhu Referensi Naik	91
Gambar 4.16 Grafik Respon Sistem Dengan Pemberian Gangguan	93

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan Produk Cair, Padat, dan Gas Pada Berbagai Jenis <i>Pyrolysis</i>	10
Tabel 2.2 <i>Fraksi Bio Oil</i>	12
Tabel 2.3 Tabel Register I/O	31
Tabel 2.4 Tabel Karakteristik BT 139	36
Tabel 2.5 Deskripsi Fungsi Pin IC TCA 785	38
Tabel 2.6 Tipe Data Bascom AVR	42
Tabel 2.7 Operator Aritmatika di Bascom AVR	44
Tabel 2.8 Operator Relasional di Bascom AVR	44
Tabel 3.1 Parameter Arsitektur JST	61
Tabel 4.1 Hubungan Nilai PWM dengan Tegangan Output <i>Port PWM</i>	75
Tabel 4.2 Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Termokopel	79
Tabel 4.3 Pengujian Rangkaian Penguat Tegangan Kontrol	81
Tabel 4.4 Pengujian Rangkaian Driver AC	83
Tabel 4.5 Sebagian Data Pengujian Sistem Kalang Terbuka	86
Tabel 4.6 Variasi Tipe Data Pelatihan JST	87
Tabel 4.7 Hasil Pelatihan JST	88
Tabel 4.8 Karakteristik Respon Sistem Pada Beberapa Tipe Data JST	89