

- Perbandingan Penggunaan Kayu Bakar dan Briket Batu Bara pada Proses Penyulingan Minyak Nilam
(*Comparison Use of Fuel Wood and Coal Briquettes to Distillation Process the Patchouli Oil*)
- Biosintesa Senyawa Antioksidan pada Fermentasi Substrat Cair Kulit Pisang dengan Bantuan *Aspergillus Niger*
(*Biosynthesis of Antioxidant Compounds in Banana Skin Liquid Substrate Fermentation by Aspergillus Niger Help*)
- Implementasi Adaptive Neuro Fuzzy Inference System sebagai Kontrol Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Mikrokontroler AVR ATMEGA 16
(*Implementation of Adaptive Neuro Fuzzy Inference System for Induction Motor Speed Control of Three Phase Using AVR Microcontroller ATMEGA 16*)
- Pengukuran Gaya Potong Pahat pada Mesin Bubut
(*Measurement of Tool Cutting Force at Turning Machine*)
- Aplikasi Kamera Pengawas untuk Deteksi dan Tracking Objek
(*Surveillance Camera Application for Detecting and Tracking Object*)
- Kajian Fisik dan Ekonomi Fungsi Hutan Tangkapan Air di Lereng Gunung Argopuro
(*Physical and Economy Tangkapan Air Jungle Function Study at Mount Argopuro*)
- Water Quality Examination Based on Benthic Macroinvertebrates on River of Prono Probolinggo as Indicators of Paper Manufactured Polution Leces Probolinggo
(*Pemeriksaan Kualitas Air Berdasarkan Makroinvertebrata Bentik di Sungai Prono Probolinggo as Indikator Pencemaran Produksi Kertas Leces Probolinggo*)
- Optimalisasi Penggunaan Limbah Batu Kapur sebagai Pengganti Agregat Kasar terhadap Kuat Tekan Beton 17,5 Mpa dan Pengaruhnya terhadap Analisis Waktu dan Biaya di Banyuwangi
(*Optimizing the Use of Waste Limestone as Coarse Aggregate Substitute for Concrete Strength 17.5 MPa Press and Its Effect on Time and Cost Analysis in Banyuwangi*)

Koordinasi Perguruan Tinggi Swasta (KOPERTIS) Wilayah VII - Jawa Timur

J. Saintek	Vol. 8	No. 2	Hal. 47-96	Surabaya Des 2011	ISSN 1693-8917
------------	--------	-------	------------	----------------------	-------------------

SAINTEK

Jurnal Ilmiah Ilmu-ilmu Teknik dan Rekayasa

Volume 8, Nomor 2, Desember 2011

Diterbitkan oleh Kopertis Wilayah VII Jawa Timur sebagai terbitan berkala yang menyajikan informasi dan analisis persoalan ilmu-ilmu Teknik dan Rekayasa.

Kajian ini bersifat ilmiah populer sebagai hasil pemikiran teoretik maupun penelitian empirik. Redaksi menerima karya ilmiah/hasil penelitian atau artikel, termasuk ide-ide pengembangan di bidang ilmu-ilmu Teknik dan Rekayasa. Untuk itu SAINTEK mengundang para intelektual, ekspertis, praktisi, mahasiswa serta siapa saja berdialog dengan penuangan pemikiran secara bebas, kritis, kreatif, inovatif dan bertanggung jawab. Redaksi berhak menyingkat dan memperbaiki karangan itu sejauh tidak mengubah tujuan isinya. Tulisan-tulisan dalam artikel SAINTEK tidak selalu mencerminkan pandangan redaksi. Dilarang mengutip, menterjemahkan atau memperbanyak kecuali dengan ijin redaksi.

PELINDUNG

Koordinator Kopertis Wilayah VII Jawa Timur

PENASEHAT

Sekretaris Pelaksana Kopertis Wilayah VII Jawa Timur

PEMIMPIN REDAKSI

Dra. Ec. Purwo Bekti, M.Si

SEKRETARIS REDAKSI

Drs. Supradono, MM

PENYUNTING

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

Dr. Ir. Achmadi Susilo, M.S

Dr. Ir. Hj. Retno Hastijanti, M.S

Dr. Yulfiah

PENYUNTING TAMU

Drs. Antok Supriyanto, M.MT

Ir Achmad Cholillurrahman, MT

REDAKSI PELAKSANA

Suyono S.Sos., M.Si

TATA USAHA/SIRKULASI/IKLAN

Hj. Anik Nuryani, SE., Supadi, SH., Tri Puji Rahayu, S.Sos., Arlimah, Josep Sandy Sutejo, ST.,
Doni Ardianto, ST., Sulaksono, SH., Sutinah, Syamsuwarsono, Siswanto

Alamat Redaksi:

Kantor Kopertis Wilayah VII (Sub Bagian Kelembagaan) Jawa Timur

Jl. Kertajaya Indah Timur No. 55

Telp. (031) 5925418-19, 5947473, Fax. (031) 5947479

Situs Web: <http://www.kopertis7.go.id>, E-mail: ksbkl@kopertis7.go.id

SURABAYA

SAINTEK

Jurnal Ilmiah Ilmu-ilmu Teknik dan Rekayasa

Volume 8, Nomor 2, Desember 2011

DAFTAR ISI (CONTENTS)

	Halaman (Page)
1. Perbandingan Penggunaan Kayu Bakar dan Briket Batu Bara pada Proses Penyulingan Minyak Nilam (<i>Comparison Use of Fuel Wood and Coal Briquettes to Distillation Process the Patchouli Oil</i>) Urip Prayogi, dan Bagiyo Suwasono	47-51
2. Biosintesa Senyawa Antioksidan pada Fermentasi Substrat Cair Kulit Pisang dengan Bantuan <i>Aspergillus Niger</i> (<i>Biosynthesis of Antioxidant Compounds in Banana Skin Liquid Substrate Fermentation by Aspergillus Niger Help</i>) Gwynne Tjitradjaja, Kevin Yangga, Ery Susiany Retnoningtyas, dan Antaresti	52-55
3. Implementasi Adaptive Neuro Fuzzy Inference System sebagai Kontrol Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Mikrokontroler AVR ATMEGA 16 (<i>Implementation of Adaptive Neuro Fuzzy Inference System for Induction Motor Speed Control of Three Phase Using AVR Microcontroller ATMEGA 16</i>) Suryadhi	56-61
4. Pengukuran Gaya Potong Pahat pada Mesin Bubut (<i>Measurement of Tool Cutting Force at Turning Machine</i>) Mochamad Mas'ud	62-65
5. Aplikasi Kamera Pengawas untuk Deteksi dan Tracking Objek (<i>Surveillance Camera Application for Detecting and Tracking Object</i>) Gembong Edhi Setyawan, Meivi Kartikasari, dan Mukhlis Amien	66-73
6. Kajian Fisik dan Ekonomi Fungsi Hutan Tangkapan Air di Lereng Gunung Argopuro (<i>Physical and Economy Tangkapan Air Jungle Function Study at Mount Argopuro</i>) Sofia Ariyani dan Teguh Hari Santosa	74-82
7. Water Quality Examination Based on Benthic Macroinvertebrates on River of Prono Probolinggo as Indicators of Paper Manufactured Pollution Leces Probolinggo (<i>Pemeriksaan Kualitas Air Berdasarkan Makroinvertebrata Bentik di Sungai Prono Probolinggo as Indikator Pencemaran Produksi Kertas Leces Probolinggo</i>) Rohatin and Umi Nurjanah	83-89
8. Optimalisasi Penggunaan Limbah Batu Kapur sebagai Pengganti Agregat Kasar terhadap Kuat Tekan Beton 17,5 Mpa dan Pengaruhnya terhadap Analisis Waktu dan Biaya di Banyuwangi (<i>Optimizing the Use of Waste Limestone as Coarse Aggregate Substitute for Concrete Strength 17.5 MPa Press and Its Effect on Time and Cost Analysis in Banyuwangi</i>) Heri Sujatmiko	90-96

Implementasi Adaptive Neuro Fuzzy Inference System Sebagai Kontrol Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Mikrokontroler AVR ATMEGA 16

(Implementation of Adaptive Neuro Fuzzy Inference System for Induction Motor Speed Control of Three Phase Using AVR Microcontroller ATMEGA 16)

Suryadhi

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan,
Universitas Hang Tuah Surabaya, Jl. Arief Rachman Hakim 150 Surabaya 60111
E-mail: soerjaa@yahoo.com

ABSTRAK

Motor Induksi atau Motor AC asinkron merupakan motor yang banyak digunakan pada dunia industri dibanding motor jenis lain. Motor ini memiliki kemampuan yang baik pada kecepatan putar, di samping itu konstruksinya sederhana dan kokoh, harga yang relatif murah serta perawatan yang mudah. Adapun kelemahan dari motor ini adalah pada saat terjadinya perubahan torsi beban, kecepatan motor akan berubah. Untuk itu digunakan sistem pengaturan kecepatan motor induksi dengan metode kontrol Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) yang menggunakan mikrokontroler AVR sebagai sistem pemrosesan kontrol. Atmel AVR adalah jenis mikrokontroler yang banyak digunakan untuk aplikasi kendali maupun otomasi. Kontrol berbasis mikrokontroler dapat beradaptasi jika perubahan input secara tiba-tiba, karena dilengkapi dengan metode pembelajaran yang digunakan untuk parameter Fuzzy dalam metode ANFIS. Diharapkan dapat memberikan respons yang cepat dan akurat pada saat terjadinya perubahan torsi beban sehingga motor akan kembali pada kedudukan setpoint dengan cepat.

Kata kunci: motor induksi, ANFIS, mikrokontroler

ABSTRACT

Induction motors or AC motors asynchronous motors are widely used in industry compared to other types of motors. This motor has good ability on the rotational speed, in addition to simple and sturdy construction, the price is relatively cheap and easy maintenance. The weaknesses of this motor is at the time of the change in load torque, motor speed will change. For that use the system settings with the induction motor speed control method of Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) using AVR microcontroller as the control processing system. Atmel AVR microcontroller is a type that is widely used for control and automation applications. Microcontroller-based control can adapt if the changes to the input of a sudden, it comes with the learning methods used for fuzzy parameters in the ANFIS method. Expected to provide rapid response and accurate at the time of the change in load torque so the motor will return to the position setpoint quickly.

Key words: induction motors, ANFIS, microcontroller

PENDAHULUAN

Motor induksi merupakan motor arus bolak balik (AC) yang paling luas digunakan terutama pada industri-industri.⁵ Pada pemakaian di industri paling banyak motor induksi 3 fasa sedangkan pada rumah tangga paling banyak motor induksi 1 fasa. Faktor yang menyebabkan hal tersebut karena motor induksi memiliki beberapa kelebihan antara lain: harga lebih murah, mudah dalam perawatan, konstruksi sederhana dan kokoh.¹ Namun motor ini memiliki kelemahan yakni motor ini tidak dapat mempertahankan kecepatannya dengan konstan bila terjadi perubahan torsi beban.³

Seiring dengan perkembangan teknologi pengontrolan sistem atau yang disebut kontroler, semakin diperlukan penggunaannya dan dikembangkan sesuai dengan

kebutuhan. Salah satu metode pengontrolan yang dapat digunakan untuk menunjang kerja sistem adalah kontroler dengan metode Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS). Mungkin perkembangannya pada industri belum begitu menonjol untuk saat ini tetapi sesuai dengan perkembangan kebutuhan yang ada ANFIS dapat menjadi alternatif yang baik untuk dijadikan kontroler suatu sistem.

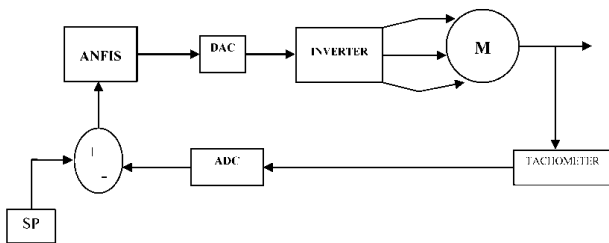
Pada penelitian ini akan menggunakan metode ANFIS untuk mengontrol kecepatan putaran motor induksi yang merupakan pengembangan dari sistem kontroler yang sebelumnya sehingga menjadi harapan agar sistem respon dari kinerja motor induksi yang dihasilkan akan semakin lebih baik.

Kontroler ANFIS sebenarnya memiliki banyak keunggulan dalam penerapannya. Kontroler ini dapat

beradaptasi jika terjadi perubahan input sistem secara tiba-tiba, karena dilengkapi dengan metode pembelajaran. Metode pembelajaran ini adalah metode pembelajaran untuk parameter fuzzy, yang digunakan dalam metode ANFIS.² Dengan memanfaatkan mikrokontroler AVR sebagai alat untuk pemrosesan sistem kontrol utama. Atmel AVR adalah jenis mikrokontroler yang banyak digunakan untuk aplikasi kendali maupun otomasi, mulai dari sistem yang sederhana hingga sistem yang kompleks. Seperti halnya sistem pengaturan motor induksi, mikrokontroler akan mengontrol sistem dengan metode kontrol ANFIS.

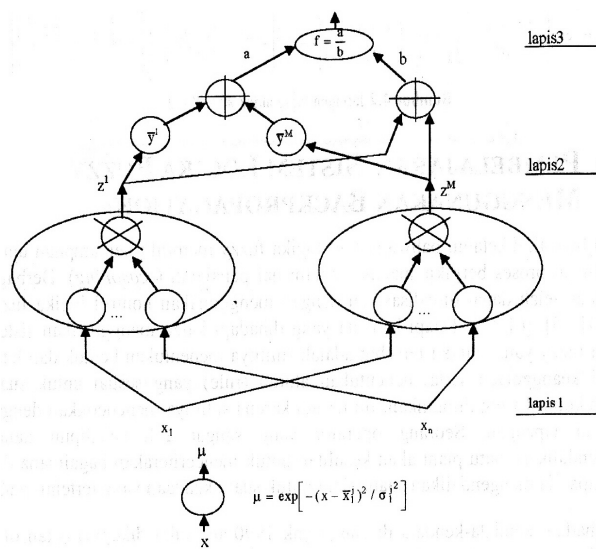
METODE PENELITIAN

Secara umum gambaran sederhana dari sistem kerja pengaturan motor induksi 3 fasa dengan menggunakan ANFIS adalah:



Gambar 1. Blok diagram konfigurasi sistem

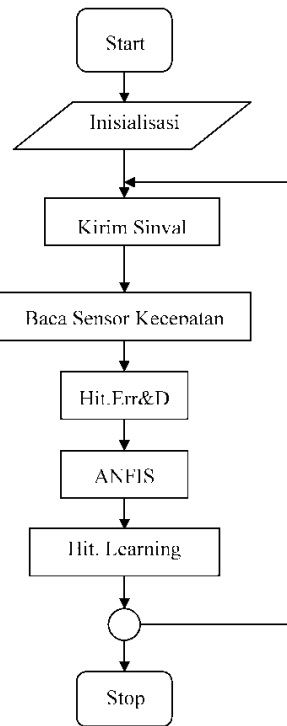
Pada prinsipnya dalam pengaturan motor induksi 3 fasa dengan menggunakan kontrol ANFIS yaitu memberikan penyulutan pada inverter agar dapat mengatur putaran motor induksi 3 fasa, di mana penyulutan inverter tersebut didapat dari nilai magnitude dari output kontrol ANFIS. Pertama kali, mikrokontroler memberikan sinyal ajar ke motor agar motor dapat



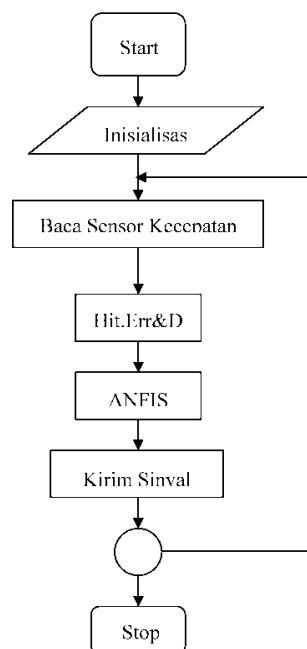
Gambar 2. Jaringan sistem fuzzy

berputar. Selanjutnya putaran motor tersebut disensor masuk ke dalam mikrokontroler dengan nama Present value (PV) dan nilai tersebut dibandingkan dengan setting point (SP), sehingga didapat nilai error dan delta error. Error dan delta error tersebut diproses pada ANFIS dalam sistem pembelajaran.

Setelah nilai error antara hasil dari pembelajaran dan target mengecil atau waktu learning selesai maka sistem



Gambar 3. Flowchart proses learning



Gambar 4. Flowchart Proses Running

pada ANFIS masuk ke proses running. Nilai keluaran ANFIS adalah nilai out.

Algoritma Kontrol ANFIS

Secara diagramatik sistem fuzzy adaptif dapat ditunjukkan pada Gambar 2.

Flowchart Sistematika Kontrol ANFIS

Flowchart untuk proses Learning dan proses Running dari kontrol ANFIS dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Proses ini diawali dengan mengirim sinyal ke motor dengan nilai sembarang sebesar nilai dari sinyal ajar yang terdapat pada ANFIS. Kemudian sinyal tersebut akan memberikan suatu nilai tegangan ke Inverter untuk dapat menggerakkan rotor pada Motor Induksi. Untuk mendapatkan nilai error dan delta error sebagai masukan dari kontrol ANFIS maka dapat dicari dari persamaan sebagai berikut:

$$\text{Errorn} = \text{setpoint} - \text{Id}$$

$$\text{Derror} = \text{Errorn} - \text{Errorn} - 1$$

Setelah nilai error dan delta error didapatkan selanjutnya masuk ke nilai Parameter ANFIS, dilanjutkan dengan Learning Error. Learning error tersebut merupakan metode untuk mendapatkan Y, X, φ. Lama proses learning tergantung dari jumlah Epoch yang diinginkan, tergantung pada seberapa besar kemampuan memory mikrokontroler ATMEGA 16. Ketika proses pembelajaran selesai maka proses selanjutnya akan melakukan proses running. Proses running tersebut sama dengan proses learning akan tetapi tanpa memerlukan error dan learning Y, X, φ. Keluaran ANFIS sebagai Id yang terkontrol.

Algoritma Backpropagation

Teknik pembelajaran Back Propagation lebih sering digunakan untuk fungsi output sigmoid karena dinilai lebih mendekati cara kerja sistem syaraf manusia. Metode ini mampu memperbaiki hasil keluaran hingga didapatkan kesesuaian dengan harga set point.

Cara kerja teknik pembelajaran ini adalah sinyal masukan dari lapisan input setelah diboboti maka akan diteruskan ke lapisan keluaran sebagai output jaringan. Apabila hasil keluaran output jaringan ini ternyata tidak sesuai dengan nilai set point, maka sinyal akan menyebar ke belakang menuju lapisan-lapisan tersembunyi dan kembali ke lapisan input. Di sini dilakukan perbaikan terhadap proses pembobotan. Proses ini berlangsung terus-menerus hingga didapatkan hasil keluaran jaringan yang sesuai dengan set point.

Pada sistem logika fuzzy menggunakan pendefuzzifikasian rata-rata tengah (*Center of Average*), aturan penalaran produk (*Product Inference Rule*), fuzzifikasi singleton dan fungsi keanggotaan gaussian yang dinyatakan dalam bentuk:

$$f(x) = \frac{\sum_{l=1}^M \bar{y}^l \left[\prod_{i=1}^N a_i^l \exp \left(- \left(\frac{x_i - \bar{x}_i^l}{\sigma_i^l} \right)^2 \right) \right]}{\sum_{l=1}^M \left[\prod_{i=1}^N a_i^l \exp \left(- \left(\frac{x_i - \bar{x}_i^l}{\sigma_i^l} \right)^2 \right) \right]}$$

Di mana :

M = Banyaknya aturan fuzzy

N = Banyaknya Masukan

\bar{x}_i^l = Titik tengah fungsi keanggotaan

σ_i^l = Lebar fungsi keanggotaan

\bar{y}^l = Titik tengah fungsi keanggotaan di keluarannya

\bar{a}_i^l = Diasumsikan sama dengan 1

f(x) = Keluaran system fuzzy tersebut

Proses penurunan teknik propagation bentuk fungsi Gaussian digunakan:

$$\bar{y}^l(k+1) = \bar{y}^l(k) - \alpha \frac{\partial e}{\partial \bar{y}^l} \Big|_k \dots \dots \dots (1)$$

Di mana 1 = 1,2,3...M, k=0,1,2...α = konstanta pembelajaran.

Dari persamaan dapat dilihat bahwa f (demikian pula e) tergantung pada \bar{y}^l hanya melalui a, di mana f = a/b dan a adalah sebagai berikut:

$$a = \sum_{l=1}^M (\bar{y}^l z^l) \dots \dots \dots (2)$$

Dan b adalah sebagai berikut:

$$b = \sum_{l=1}^M (z^l) \dots \dots \dots (3)$$

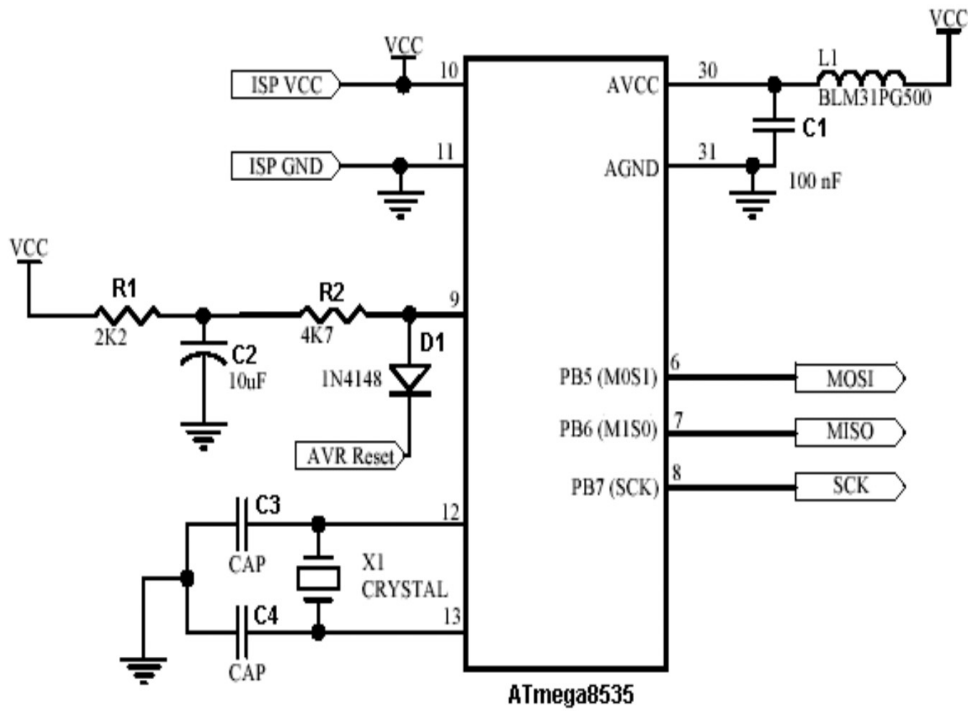
Dan

$$z^l = \prod \exp \left(- \left(\frac{x_i - \bar{x}_i^l}{\sigma_i^l} \right)^2 \right) \dots \dots \dots (4)$$

Perancangan Sistem Hardware

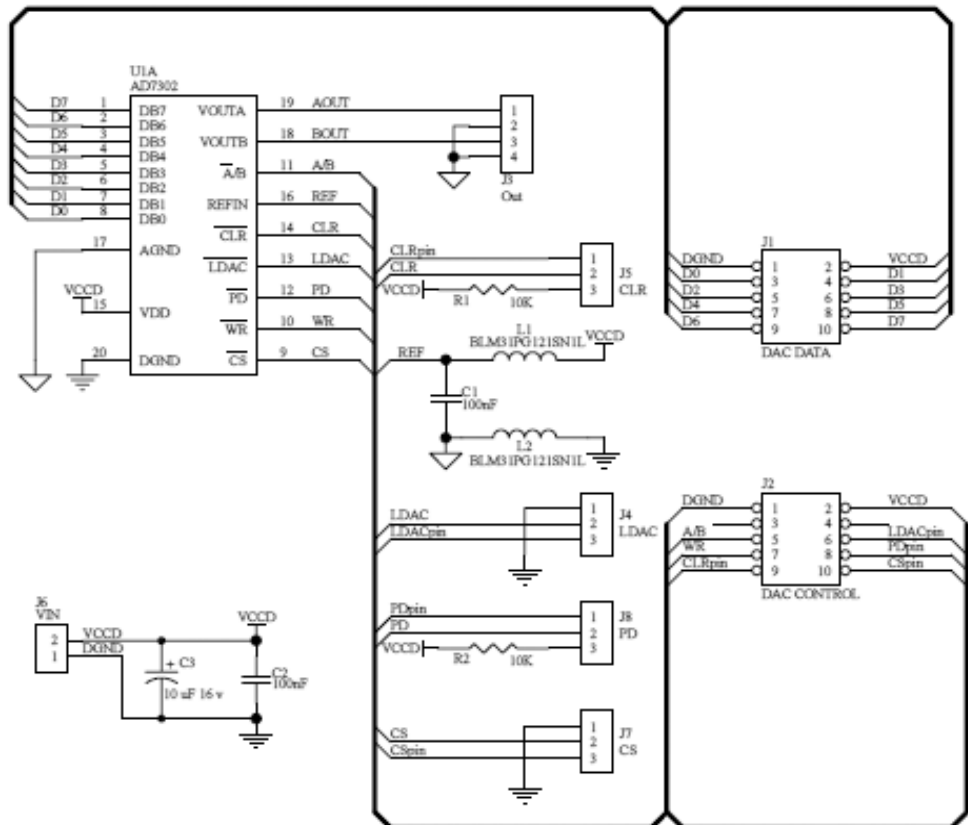
Mikrokontroler AVR ini memiliki arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computing*) 8 bit, di mana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit (16 bits word) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 (satu) siklus clock.⁴ Dalam perencanaan sistem kerja pengaturan motor induksi 3 phase yang menggunakan kontroler logika ANFIS, diperlukan perancangan sistem hardware sebagai penunjang kerja sistem kontrol, sistem hardware tersebut di antaranya:

1. Mikrokontroler AT MEGA16
2. ADC internal pada mikrokontroler ATMEGA16
3. DAC 08
4. Operational Amplifier (Op Amp) sebagai penguatan.
5. Inverter
6. Tachometer.
7. Motor Induksi 3 phase.
8. Beban.



Gambar 5. Rangkaian Minimum Sistem AVR

Rangkaian skematik DAC 08 adalah sebagai berikut:



Gambar 6. Rangkaian DAC 0808

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Motor Induksi 3 Fasa

Motor yang digunakan adalah motor Induksi 3 fasa. Dalam pengujian motor dilakukan dengan beberapa tahap yaitu Pengujian Motor dengan pengaturan Inverter, Pengujian Motor yang dihubungkan dari Mikrokontroler, kemudian pengujian motor yang dihubungkan dengan Komputer melalui komunikasi serial.

Pengaturan kecepatan putaran motor Induksi 3 fasa dilakukan dengan pengaturan frekuensi pada Inverter. Dari Tabel 1 dapat dianalisa bahwa semakin dinaikkan frekuensi Inverter maka kecepatan motor semakin bertambah.

Motor tersebut dalam kondisi tanpa beban dan tidak disambungkan dengan Generator AC sehingga kecepatan putarannya mencapai 1495 rpm atau maksimal.

Data hasil pengujian tersebut terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian

Data ADC (Hexa)	V DAC (V)	V Op Amp (V)	Inverter (Hz)	Motor (rpm)
5	0.8	0.15	0.8	-
53	1	1.88	10.0	230
109	2.08	3.9	20.6	560
132	2.52	4.73	25.0	693.2
158	3.02	5.68	30.0	848
184	3.54	6.63	35.2	1000
210	4.02	7.55	40.0	1142
236	4.52	8.99	44.9	1281
255	4.88	9.16	48.4	1065

Tabel 1 dapat dianalisa, masukan ADC yang berupa Hexa kemudian diubah menjadi tegangan analog oleh DAC dan dikuatkan agar bisa menyuplai Inverter serta menggerakkan motor. Hasil yang didapat ternyata linier dan sesuai dengan fungsi masing-masing blok dari *hardware* yang telah dibuat.

Pengujian Tachometer

Tachometer yang digunakan adalah sebagai pengganti sensor kecepatan serta sebagai pengumpan balik dari sistem. Nilai yang dihasilkan dari tachometer berupa nilai rpm motor dan tegangan analog. Karena memang tachometer ini didesain agar bisa mengkonversikan putaran rpm ke tegangan analog. Dengan nilai konversi

Tabel 2. Hasil pengujian

Kecepatan (Rpm)	Teg. out Tacho (V)
259	0.3
543	0.6
840	0.9
1001	0.10
1159	0.12
1065	0.11

20000 rpm menghasilkan tegangan sebesar 2 Volt. Hasil pengujian ini terlihat pada tabel 2.

Dalam pengujian ini karena putaran motor hanya berkisar sampai 1000 rpm, maka tegangan yang bisa dikeluarkan tachometer sangat kecil sekitar 0,10–0,11 Volt. Semakin besar putaran motor maka tegangan yang dihasilkan tachometer semakin besar pula.

Hasil Pengujian Motor Menggunakan Kontrol ANFIS

Kontrol ANFIS akan dimulai dengan pemberian harga set point sebesar 235 desimal atau dalam konversi tegangan sebesar 4,6 Volt yang dikirim ke Inverter melewati Penguatan untuk menjalankan motor. Frekuensi yang diterima oleh Inverter sebesar 48,4 Hz mampu menjalankan motor secara maksimal dengan kecepatan 1065 rpm. Waktu untuk mencapai set point cukup cepat sekitar 20 detik. Dengan kecepatan motor seperti itu mampu menggerakkan Generator AC sehingga menghasilkan tegangan AC sebesar 110 Volt.

Selama proses ANFIS berlangsung, maka kita akan mencoba kontrol ANFIS dengan pemberian beban. Beban yang pertama berupa lampu pijar dengan daya 25 watt yang dinyalakan ketika sistem berjalan. Hasilnya memang putaran motor turun yang semula dari 1065 rpm menjadi 1050 rpm, tetapi frekuensi di Inverter tetap konstan meskipun putaran motor turun akibat pembebanan lampu 25 watt.

Kemudian beban yang kedua berupa lampu pijar 25 watt dinyalakan selama proses kontrol ANFIS berjalan. Dan ternyata kecepatan motor turun lagi setelah dibebani lampu yang pertama, kecepatannya menjadi 1048 rpm. Tetapi frekuensi di Inverter masih tetap konstan 48,4 Hz, meskipun dibebani dengan 2 lampu yang masing-masing lampu berdaya 25 watt.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian pengaturan kecepatan motor induksi 3 fasa menggunakan metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) dalam aplikasi mikrokontroler AVR ATMEGA16 dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Dengan diberikan nilai setting point maksimum 255 atau FF H maka tegangan yang dikeluarkan oleh DAC sekitar 4,88 Volt dan menghasilkan kecepatan sebesar 1065 rpm.
- 2) Waktu yang diperlukan untuk mencapai setpoint sebesar 20 detik, baik ketika tanpa beban maupun dengan beban. Karena proses yang dilakukan membutuhkan waktu yang cukup panjang.
- 3) Dalam aplikasinya, kontroler ANFIS ternyata mempunyai keunggulan dalam memperbaiki suatu sistem kontrol, karena terdapat proses *Learning* atau pembelajaran oleh Neural Network.
- 4) Pemilihan type IC mikrokontroler menjadi salah satu faktor penentu dalam pengaplikasian suatu sistem

kontrol. Karena ANFIS memerlukan ruang yang cukup besar, maka harus memperhatikan kapasitas memory mikrokontroler.

DAFTAR PUSTAKA

1. Asy'ari Hasyim, Rakhmadi Aris, **Pengendalian kecepatan putar motor induksi satu fasa**, Jurnal Teknik Elektro dan Komputer Emitter, Vol. 4, No. 1, Maret 2004.
2. Pramudijanto Jos, Effendi Nurul Iman, Purnomo Mauridhi Hery, **Implementasi adaptive neuro fuzzy inference system (ANFIS) pada pengaturan kecepatan servomotor MSS0DC**, Prosiding EIS 2001.
3. Putri Ratna Ika, **Penerapan adaptive fuzzy pada pengaturan kecepatan motor induksi tiga fasa**, Jurnal Teknik Gelagar, Vol. 18, No. 1, April 2007.
4. Wardhana Lingga, **Mikrokontroler AVR seri atmega8535 simulasi, hardware, dan aplikasi**, CV ANDI OFFSET, Yogyakarta, 2006.
5. Zuhail, **Dasar teknik tenaga listrik dan elektronika daya**, PT Gramedia, Jakarta, 1999.