

ANALISIS ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM SEBAGAI METODE KENDALI PADA MESIN PENCAMPUR ZAT CAIR

ANALYSIS ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM AS CONTROL METHOD ON LIQUID MIXING MACHINE

Marzuqi Faladina Wibowo¹, Agung Nugroho Jati ST, MT.², Denny Darlis S.Si, MT.³

Prodi S1 Sistem Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom

¹marzuqi_fw@icloud.com, ²agungnj@telkomuniversity.ac.id, ³denny.darlis@tass.telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Penelitian mengenai teknik kontrol ANFIS telah banyak dilakukan, umumnya digunakan untuk mendapatkan kestabilan motor. Pada penelitian ini telah dilakukan pengujian penggunaan ANFIS sebagai metode kendali buka tutup keran pada mesin pencampur zat cair. ANFIS merupakan pengembangan lebih lanjut dari metode kendali *Fuzzy* yang digabungkan *neural network* sebagai proses pembelajaran dan pengambilan keputusan. Tujuan penggunaan ANFIS pada penelitian ini adalah untuk membuat mesin pencampur zat cair ini bisa melakukan proses kendali buka tutup keran dengan tingkat akurasi yang tinggi. Dari hasil implementasi metode kendali ANFIS sebagai metode kendali mesin, dapat diambil kesimpulan bahwa kendali buka tutup keran pada mesin berhasil dilakukan dengan baik pada saat dilakukan pengujian dengan satu tabung, dua tabung, dan tiga tabung.

Kata kunci: ANFIS, fuzzy, mesin, pencampur, air.

Abstract

The research of ANFIS as control technique has been done many times, generally it used for obtaining the stability of motor. In this research has been done a test of ANFIS as control method for controlling the valve of liquid mixing machine. ANFIS is a further development from *Fuzzy* that combined with *neural network* for learning process and decision making. The purpose of using ANFIS in this reseach was to make this liquid mixing machine can do the control process of the valve with a high degree of accuracy. From the results of the implementation of ANFIS as a control method of the machine, can be obtained a conclusion that controlling the valve of the liquid mixing machine have been done properly when doing test with one tube, two tube, and three tube process.

Keyword : ANFIS, machine, mixing, liquid.

1.1 Pendahuluan

Dalam kurun waktu beberapa tahun terakhir ini persoalan teknik kendali menjadi persoalan yang menarik untuk diteliti lebih dalam, karena banyak hal yang bisa didapat dari penelitian tentang teknik kendali dalam sebuah sistem. Salah satu metode pengontrolan yang dapat digunakan untuk menunjang kerja sistem adalah dengan menggunakan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* [1]. Pada beberapa penelitian terkait secara umum ANFIS bekerja lebih baik bila digunakan untuk peramalan dan pengambilan keputusan dibandingkan dengan *Fuzzy*[2]. Sedangkan dalam persoalan teknik kendali penggunaan ANFIS biasanya digunakan untuk mengatur kestabilan motor[3][4]. Pada penelitian ini telah dilakukan pengujian teknik kendali ANFIS sebagai penngendali buka tutup keran pada mesin pencampur zat cair. Salah satu metode pengontrolan yang dapat digunakan untuk menunjang kerja sistem adalah dengan menggunakan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*. [1]. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk membuat mesin pencampur zat cair ini bisa melakukan proses pencampuran dengan tingkat akurasi yang tinggi. Ide dasar di balik teknik pembelajaran neuro-adaptif ini adalah untuk menyediakan metode untuk prosedur pemodelan fuzzy untuk mempelajari informasi tentang kumpulan data, untuk secara otomatis menghitung parameter fungsi keanggotaan yang terbaik sehingga memungkinkan anggota FIS terkait untuk melacak input dan output data yang diberikan[4]. Diharapkan hasil pengujian pada penelitian ini bisa digunakan sebagai acuan penelitian lebih lanjut tentang sistem kendali ANFIS sebagai metode kontrol. Pada penelitian ini akan digunakan ANFIS sebagai metode kendali proses pencampuran cairan agar hasil akhir proses pencampuran dapat lebih presisi.

Metode kendali yang umum dipakai sebagai pengendali sistem adalah menggunakan PID[5], tetapi pada penelitian ini, penggunaan ANFIS sebagai suatu metode kendali adalah sebuah penelitian yang diharapkan dapat

bekerja lebih baik dari pada sistem dengan metode kendali yang umum seperti PID[1][5]. Sistem fuzzy memiliki keunggulan dalam memodelkan aspek kualitatif dari pengetahuan manusia dan proses pengambilan keputusan (reasoning) sebagaimana dilakukan oleh manusia dengan menerapkan basis aturan atau basis kaidah[6]. Dengan menggunakan ANFIS yang sebenarnya adalah penggabungan dari sistem fuzzy dan jaringan neural[8][12], diharapkan sistem dapat bekerja lebih baik dan lebih presisi pada proses pencampuran cairan. Penggunaan ANFIS sebagai metode kendali biasanya dilakukan pada motor DC untuk mengatur kecepatan motor DC agar tetap stabil. [5]. Pada penelitian ini ANFIS akan digunakan sebagai pengatur buka tutup keran yang digerakkan dengan motor servo dengan sensor ultrasonik sebagai *input*.

Pada bagian pertama dari jurnal penelitian ini adalah penjelasan latar belakang penelitian dan beberapa info penelitian terkait. Pada bagian kedua dari jurnal ini akan dibahas berupa metodologi penelitian yang digunakan serta perancangan metode kendali ANFIS sebagai algoritma kendali pada mesin pencampur cairan ini. Penggunaan algoritma ANFIS ini akan disesuaikan dengan masukan yang dipakai oleh sistem yaitu berupa sensor ultrasonik, dan keluaran berupa nilai PWM untuk motor servo. Bagian ketiga dari penelitian ini adalah berupa pengujian yang dilakukan dengan mengukur performansi kontrol motor yang ditinjau dari tingkat *error*, waktu, serta utilitas memory yang digunakan ketika mesin pencampur cairan ini bekerja. ANFIS akan memproses masukan berupa ketinggian cairan pada tabung yang dideteksi dengan sensor ultrasonik yang kemudian akan menghasilkan nilai pwm yang digunakan untuk mengatur seberapa besar bukaan motor servo sehingga cairan yang dialirkan sesuai dengan target yang diinginkan.

2. Metodologi Penelitian

Penggunaan ANFIS pada mesin pencampur zat cair ini adalah sebagai algoritma kendali yang mengendalikan setiap proses buka tutup motor yang terhubung ke keran pada tabung utama. Input yang digunakan untuk algoritma ANFIS ini adalah berupa jarak ketinggian cairan yang dideteksi oleh sensor ultrasonik, sedangkan output dari algoritma ANFIS ini adalah berupa nilai PWM (*Pulse Width Modulation*) yang akan digunakan sebagai input untuk motor servo guna menggerakkan keran air sesuai dengan ketinggian yang dideteksi oleh sensor ultrasonik.

Proses pengolahan data oleh algoritma ANFIS dilakukan pada masing-masing lapisan ANFIS mulai dari lapisan 1 sampai lapisan 5. Penghitungan error juga dilakukan agar output yang dihasilkan benar-benar presisi. Konsep ANFIS yang digunakan pada penelitian ini menggunakan konsep ANFIS yang dikemukakan oleh Jang J.S.R.[7] pada bukunya. Namun dilakukan sedikit penyesuaian dari segi masukan dan keluaran agar sesuai dengan penelitian yang dilakukan. Penjelasan lebih detail untuk masing-masing lapisan adalah sebagai berikut.

Lapisan 1 :

Setiap simpul i pada lapisan pertama adalah simpul adaptif, artinya nilai pada simpul ini berasal dari input.[6]. Setiap simpul diberi label $o11$ dan $o12$. Pada penelitian ini, nilai input didapatkan dari sensor ultrasonik yang kemudian dilakukan proses fuzzy.

Lapisan 2:

Setiap simpul pada lapisan ini diberi label $o21$ dan $o22$. Simpul bersifat non adaptif karena nilai pada simpul ini didapat dari hasil pada lapisan 1. Karena pada sistem ini digunakan hanya satu input maka tidak ada proses AND, sehingga nilai output pada lapisan 2 adalah:

$$o21 = o11 \quad (1)$$

$$o22 = o12 \quad (2)$$

Lapisan 3 :

Setiap simpul pada lapisan ini diberi label $o31$ dan $o32$. Pada lapisan ini juga simpul bersifat non adaptif. Masing-masing simpul menampilkan derajat pengaktifan ternormalisasi dengan fungsi berikut;

$$o31 = o21 / ((o21 + o22)) \quad (3)$$

$$o32 = o22 / ((o21 + o22)) \quad (4)$$

Lapisan 4 :

Setiap simpul diberi label $o41$ dan $o42$. Simpul pada lapisan ini bersifat adaptif karena nilai simpul pada lapisan ini didapatkan dengan mengalikan output lapisan 3 dengan rule fuzzy yang telah dibuat.

$$o41 = o31 * \text{Rule 1} \quad (5)$$

$$o_{42} = o_{32} * \text{Rule 2} \quad (6)$$

Lapisan 5 :

Simpul pada lapisan ini diberi label Y. Nilai pada lapisan ini didapatkan dengan melakukan penjumlahan setiap simpul pada lapisan 4.

$$Y = o_{41} + o_{42} \quad (7)$$

Proses alur mundur atau proses pembelajaran dilakukan algoritma EBP (Error Back Propagation) dimana pada setiap layer dilakukan penghitungan error untuk melakukan update parameter-parameter ANFIS [9]. Pada lapisan 5 dilakukan penghitungan error dengan rumus berikut :

$$e_5 = \frac{[(y_d - y)]^2}{2} \quad (8)$$

Nilai y_d adalah nilai output aktual yang terjadi pada sistem, sedangkan y adalah nilai output ANFIS.

Pada lapisan 4 tidak dilakukan penghitungan error, hal ini dikarenakan pada alur mundur tidak terjadi update nilai parameter konsekuen yang terdapat pada lapisan 4 [9][10]. Penghitungan error di lapisan 3 dilakukan dengan rumus berikut:

$$e_{31} = e_{41} * o_{41} \quad (9)$$

$$e_{32} = e_{42} * o_{42} \quad (10)$$

pada lapisan 2 error di dapat dengan melibatkan error sebelumnya pada rumus berikut :

$$e_{21} = e_{31} * o_{32} / (o_{32} * o_{31})^2 \quad (11)$$

$$e_{22} = e_{32} * o_{31} / (o_{32} * o_{31})^2 \quad (12)$$

dan pada lapisan 1 error di hitung dengan rumus berikut ;

$$e_{11} = e_{21} * o_{11} \quad (13)$$

$$e_{12} = e_{22} * o_{12} \quad (14)$$

setelah dilakukan penghitungan error pada setiap lapisan, maka dilakukan update data parameter ANFIS dengan menghitung error rata-rata (mean) dan perubahan error rata-rata (delta mean).

$$\text{mean} = (e_{11} + e_{12}) / 2 \quad (15)$$

$$\Delta \text{mean} = \text{error rate} * \text{mean} \quad (16)$$

Nilai delta mean selanjutnya dijumlahkan dengan nilai mean sebelumnya untuk menghasilkan nilai mean baru yang akan digunakan untuk siklus ANFIS selanjutnya.

$$\text{mean_baru} = \Delta \text{mean} + \text{mean} \quad (17)$$

Nilai error rata-rata ini digunakan sebagai pembandingan, apabila kondisi saat ini memiliki error yang lebih besar dari error rata-rata, maka output yang digunakan adalah hasil output untuk kondisi saat itu juga [11]. Apabila kondisi saat ini memiliki nilai error yang lebih kecil dari error rata-rata, maka output yang digunakan adalah hasil output dari proses terbaru.

3. Pengujian ANFIS

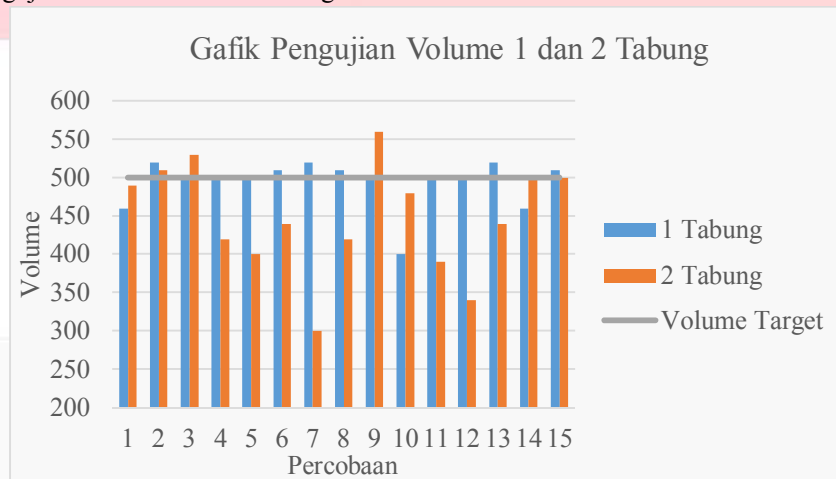
Untuk melakukan uji coba implementasi ANFIS pada mesin pencampur cat air ini, diambil contoh kasus pengujian dengan mencatat 15 kali percobaan yang berhasil yang kemudian dihitung rata-rata volume yang dikeluarkan, waktu, dan tingkat error nya. Contoh kasus pengujian seperti yang tertera pada tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Tabel Uji Coba

Pengujian	Volume Yang Dikeluarkan	Target	Percobaan
1 Tabung	500	500	15 Kali
2 Tabung	250	500	15 Kali
	250		
3 Tabung	150	450	15 Kali
	150		
	150		

Berikut ini adalah data hasil pengujian volume yang dikeluarkan mesin pencampur cairan dengan metode kendali ANFIS.

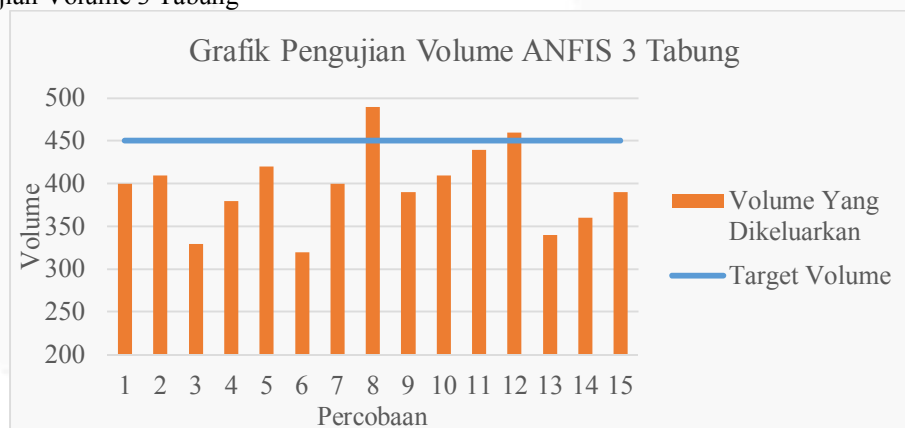
1) Hasil Pengujian Volume 1 dan 2 Tabung



Gambar 3.1 Grafik Pengujian Volume 1 dan 2 Tabung

Dari grafik dapat dilihat bahwa volume akhir yang dikeluarkan mesin untuk pengujian dengan 1 tabung cukup baik jika dibandingkan dengan volume target yang di inginkan. Volume rata-rata yang dikeluarkan sistem pada pengujian 1 tabung adalah sebesar 494 ml. Sedangkan untuk pengujian dengan 2 tabung, rata-rata volume yang dikeluarkan adalah sebesar 448 ml.

2) Pengujian Volume 3 Tabung



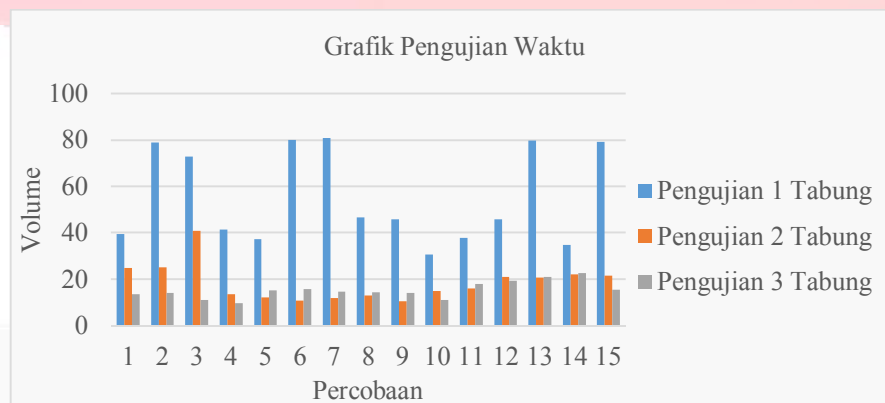
Gambar 3.2 Grafik Pengujian Volume 3 Tabung

Dari grafik dapat dilihat bahwa volume akhir yang dikeluarkan mirip dengan pengujian 2 tabung, dengan volume rata-rata yang dikeluarkan sistem pada pengujian 3 tabung adalah sebesar 396 ml, sangat jauh jika dibandingkan dengan volume targer yang diinginkan yaitu sebesar 450 ml.

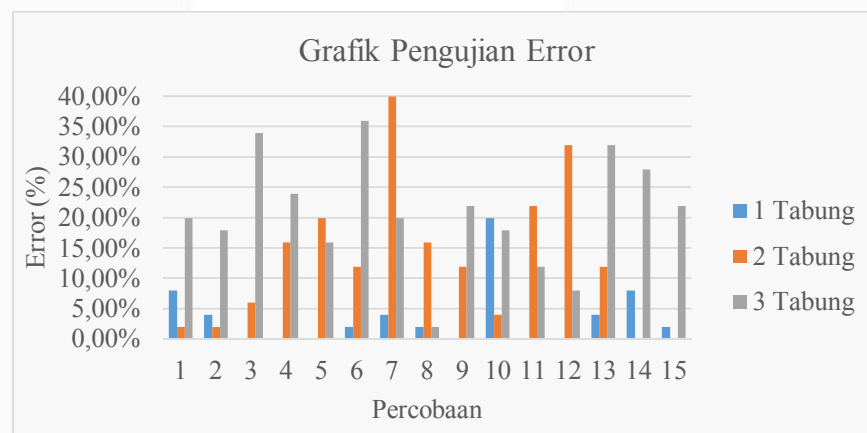
Perbedaan volume yang dikeluarkan diakibatkan karena penggunaan 2 tabung atau lebih pada saat yang bersamaan memerlukan daya yang lebih tinggi dari sistem, sehingga pada saat proses 2 tabung atau lebih dilakukan secara bersamaan terjadi penurunan kecepatan pada proses buka tutup keran. Oleh karena itu proses 1 tabung lebih stabil bila dibandingkan dengan proses 2 tabung dan 3 tabung.

3) Pengujian Waktu dan *Error*

Masing-masing pengujian dihitung waktu sejak mesin mulai bekerja, sampai ketiga tabung selesai melakukan proses pencampuran. Penghitungan nilai *error* pada semua pengujian adalah dengan membandingkan volume total yang dikeluarkan, dengan target volume yang telah ditentukan sebelumnya yaitu sebesar 500 ml untuk 1 dan 2 tabung, serta 450 ml untuk 3 tabung. Data yang didapatkan dapat dilihat dari grafik berikut ini.



Gambar 3.3 Grafik Pengujian Waktu



Gambar 3.4 Grafik Pengujian *Error*

Dari grafik dapat dilihat bahwa proses dengan 1 tabung justru menghasilkan waktu total yang lebih lama bila dibandingkan dengan 2 dan 3 tabung. Rata-rata waktu untuk masing-masing pengujian adalah 55,51 detik, 18,66 detik, dan 15,39 detik. Dari grafik pengujian *error*, dapat dilihat bahwa proses pencampuran 1 tabung memiliki *error* yang paling rendah dengan rata-rata 3,60%. Rata-rata *error* untuk 2 tabung 13,07% dan 20,80% untuk 3 tabung.

Penurunan performa disebabkan oleh keterbatasan sensor ultrasonik yang digunakan. Sensor ultrasonik terkadang mengalami kondisi *freeze* setelah dipakai beberapa kali, sehingga pembacaan data untuk masukan ANFIS menjadi tidak sempurna dan keluaran ANFIS pun akan terpengaruh. Pemakaian 2 buah motor servo atau lebih sebagai nilai keluaran sistem secara bersamaan pun menimbulkan masalah, yaitu kecepatan buka tutup motor servo melambat ketika dipakai bersamaan karena beban pada mikrokontroler pun bertambah ketika menjalankan 2

atau lebih motor servo secara bersamaan. Karena hal itulah performa kontrol sistem menurun ketika melakukan pengujian dengan 2 motor atau lebih.

Meskipun ada penurunan performa pada sistem dengan menggunakan metode kendali ANFIS ketika penggunaan 2 buah motor secara bersamaan, seperti yang telah diketahui dari beberapa penelitian terkait masalah teknik kontrol ANFIS atau neural network, penggunaan ANFIS untuk pengendali secara umum lebih baik bila dibandingkan dengan penggunaan teknik kendali konvensional seperti PI, PD atau PID[1][5]. Begitu pula dalam penelitian ini, hasil percobaan menunjukkan bahwa tingkat *error* yang dihasilkan oleh sistem dengan menggunakan metode kendali ANFIS lebih rendah bila dibandingkan dengan sistem dengan metode kendali konvensional dari penelitian terkait.

4. Kesimpulan

Dari hasil uji coba untuk proses pencampuran 1 tabung, 2 tabung, dan 3 tabung, dengan dan tanpa metode kendali dapat diambil analisa dan kesimpulan bahwa :

1. Pengujian dengan 1 tabung memiliki tingkat akurasi volume yang paling tinggi bila dibandingkan dengan pengujian 2 dan 3 tabung. Dengan rata-rata volume sebesar 494 ml, 448 ml, dan 396 ml.
2. Kecepatan proses pencampuran dengan 1 tabung cenderung lebih lambat bila dibandingkan dengan pengujian 2 dan 3 tabung. Dengan rata-rata waktu selama 55,51 detik, 18,66 detik, dan 15,39 detik
3. Tingkat *error* yang dihasilkan pada pengujian 1 tabung adalah yang paling rendah. Dengan *error* sebesar 3,60% untuk pengujian 1 tabung, 13,07% untuk pengujian 2 tabung, dan 17,87% untuk pengujian 3 tabung.

Daftar Pustaka :

- [1] Harijanto B.. 2009. Implementasi Adaptive Neuro Fuzzy Inference System Pada Pengatur Kecepatan Motor Sistem Stabilized Peluncur roket Untuk Persenjataan TNI. Seminar Nasional Electrical, Informatics, And It's Educations.
- [2] Puja Arimbawa K.I.B.K, Jayanegara K., Nila Kencana I.P.E, 2013. Komparasi Metode ANFIS dan Fuzzy Time Series Kasus Peramalan Jumlah Wisatawan Australia ke Bali. E-jurnal Matematika Vol. 2 No.2 Mei 2013. Jurusan Matematika FMIPA, Universitas Udayana. Bali.
- [3] Abadi I., Aisjah A.S., Riftyanto N.S.. 2006. Aplikasi Metode Neuro-Fuzzy Pada Sistem Pengendalian Antisurge Kompresor. Surabaya. Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November.
- [4] Allauoa B., Lauofi A., Gasboui B. , and Abderrahmi A..2006. *Neuro-Fuzzy DC Motor Speed Control Using Particle Swarm Optimization*. Department of Electrical Engineering, Bechar University, B.P 417 BECHAR (08000) Algeria.
- [5] Pramidjianto J., Effendi N.I., Purnomo M. H. 2001. Implementasi Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) Pada Pengaturan Kecepatan Motor MS150DC. Teknik Elektro FTI, Institut Teknologi Sepuluh November.
- [6] Ardhinata T. H., Martiana E., Tjahjono A. 2010. Sistem Pengambilan Keputusan Persebaran Penyakit dan Distribusi Obat Dalam Kabupaten/Kotamadya. Institut Teknologi Sepuluh November
- [7] Jang J.S.R.. 1997, *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*, New Jersey : Prentice-Hall International.
- [8] Kusumadewi S., dan Hartati S.. 2010. *Neuro Fuzzy Integrasi Sistem Fuzzy & Jaringan Syaraf Edisi 2*. Yogyakarta: Graha Ilmu. BAB 6, pp. 377-402
- [9] Kuswadi S. 2007. *Kendali Cerdas Teori dan Aplikasi Praktisnya*. Yogyakarta : Penerbit Andi. BAB 4, pp. 119-162
- [10] Susanto, A. A. , 2000. *Studi dan Penerapan Model Neuro-Fuzzy Dalam Prakiraan Cuaca*, S1 Jurusan Teknik Fisika ITB.
- [11] Taufan M. 2010. *Prediksi Sisa Umur Pada Rotating Machinery Dengan Metode ANFIS*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh November.
- [12] Sujatha K.N., Vaisakh K..2009. *Implementation of Adaptive Neuro Fuzzy Inference System in Speed Control of Induction Motor Drives*. Department of Electrical Engineering, AU College of Engineering, Andhra University, Visakhapatnam, India.