

## KEMAMPUAN EXPERT SYSTEM - ANFIS UNTUK DIAGNOSA KESEHATAN PEKERJA INDUSTRI DAN Mencari SOLUSINYA

Ratih Setyaningrum

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro  
Jln. Nakula I No.5-11 Semarang  
e-mail: ratih\_tmi00@yahoo.com, inuyasa81@yahoo.com

### ABSTRAKSI

Pekerja di industri kecil maupun besar sering mengeluh sakit pada bagian tubuhnya saat atau setelah bekerja. Keluhan sakit/nyeri terjadi pada bagian otot leher, bahu, lengan, tangan, punggung, pinggang dan otot bawah. Kesehatan dan keselamatan pekerja akan sangat berpengaruh pada produktivitas yang dihasilkan. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mendiagnosa penyebab sakit pekerja dan menemukan solusinya dengan aplikasi kecerdasan buatan (Expert System dan ANFIS). Penelitian ini akan menghasilkan tampilan interface untuk memudahkan user mengakses informasi tersebut. Penelitian dilakukan di perusahaan garmen (penjahit di Yogyakarta) dan non garmen (PT. Harapan Jaya Machinery Sukaraja). Pengumpulan data dengan kuisioner tentang keluhan sakit pekerja. Data tersebut digunakan sebagai input dalam pembuatan basis knowledge di sistem pakar. Kemudian dilanjutkan sebagai input dalam proses pembelajaran dan pelatihan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS). Metode ANFIS menggunakan algoritma subtractive clustering dan algoritma pembelajaran hybrid. Dengan data pelatihan sebanyak 200 data dan data testing sebanyak 110 data sebagai input program ANFIS, maka ANFIS mampu melakukan pembelajaran/pelatihan dengan hasil galat pembelajaran sebesar 0,35235, dengan range of influence sebesar 0,4 dan epoch sebesar 30.

**Kata kunci:** Expert System, ANFIS, Subtractive Clustering, Kesehatan Pekerja.

### 1. PENDAHULUAN

Laporan dari the Beureau of Labour Statistik (LBS), Departemen Tenaga Kerja Amerika Serikat yang dipublikasi pada tahun 1982 menunjukkan bahwa hampir 20% dari semua kasus sakit akibat kerja dan 25% biaya kompensasi yang dikeluarkan sehubungan dengan adanya keluhan/sakit pinggang. Menurut NIOSH (1996), biaya kompensasi untuk keluhan otot skeletal sudah mencapai 13 milyar US dolar setiap tahun. Sementara itu, Nasional Safety Council melaporkan bahwa sakit akibat kerja yang frekuensi kejadiannya paling tinggi adalah sakit punggung, yaitu 22% dari 1.700.000 kasus (Waters, et al, 1996). Kondisi pekerja yang tidak optimal dapat menurunkan kinerja bahkan menimbulkan kecelakaan kerja.

Kecerdasan buatan mampu berperan sebagai *problem solving* di segala bidang. Di bidang teknologi, jaringan saraf tiruan mampu mengenali tulisan tangan dan objek 3 dimensi dengan akurasi tinggi (Kusumoputro, 2001). ANFIS juga mampu mengembangkan sistem prediksi curah hujan (Rahmad, 2001). Dibidang kesehatan, diaplikasikan untuk menganalisis kondisi ginjal (Subekti, 1999). Gabungan Fuzzy dan jaringan saraf tiruan mampu mengenali aroma pada sistem penciuman elektronik (Jatmiko, 2001). Pada tahun 2004 oleh Trisna diaplikasikan untuk identifikasi keluhan penjahit. Mengingat berbagai keberhasilan mampu dihasilkan oleh kecerdasan buatan, maka sudah selayaknya *expert system* dan fuzzy diaplikasikan pada penelitian ini.

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan pada latar belakang, tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Melakukan diagnosa penyebab sakit pekerja dan mencari dicari solusinya.

2. Membuat software berbasis sistem pakar (expert system) dengan ANFIS untuk diagnosa kesehatan pekerja dan menemukan solusi.

Manfaat penelitian adalah sebagai berikut:

1. Bagi perusahaan, memberikan gambaran kondisi kesehatan pekerja, menemukan penyebab dan solusi keluhan sakit pekerja.
2. Bagi akademisi, menambah khasanah ilmu bidang ergonomi, perancangan kerja dan penerapan kecerdasan buatan.

### 2. METODOLOGI PENELITIAN

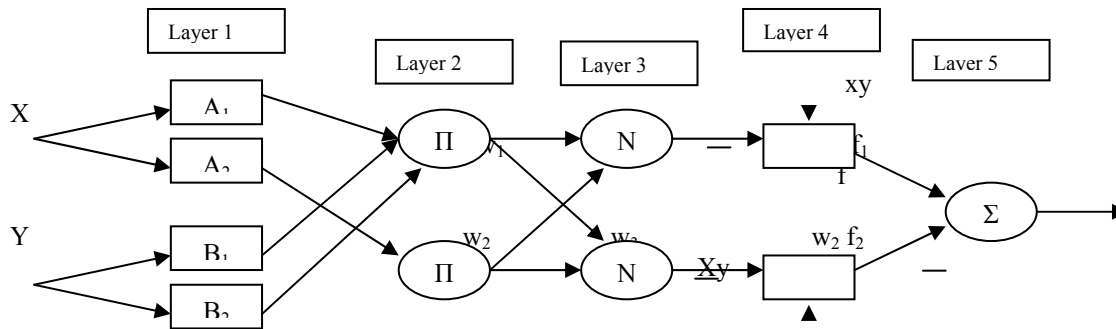
Subyek penelitian adalah karyawan PT. Harapan Jaya Machinery, Jl. Supardjo Rustam Sokaraja dan penjahit di Yogyakarta. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuisioner Nordic Body Map, alat ukur lingkungan (temperatur, hygrometer, SPL dan luxmeter) dan software matlab versi 6.0 dan Delphi 7.0. Data yang diperlukan adalah data tingkat keluhan sakit pada pekerja, data penyebab dan solusi dari *basic knowledge* dalam *expert system*. Pengolahan data meliputi:

- a. Data tingkat keluhan sakit pekerja sebagai input dalam pengolahan ANFIS.
- b. Data penyebab dan solusi dari *basic knowledge* sebagai target dalam pengolahan ANFIS.

Struktur ANFIS dapat dilihat sebagaimana pada gambar 1 yang terdiri dari 2 input x dan y serta satu output yaitu z [Jang, 1997]. Himpunan aturan umum untuk Sugeno satu order dengan dua input adalah sebagai berikut:

Aturan 1: If x is  $A_1$  and y is  $B_1$ , then  $f_1 = p_1x + q_1y + r_1$  dan

Aturan 2: If x is  $A_2$  and y is  $B_2$ , then  $f_2 = p_2x + q_2y + r_2$



Gambar 1. Arsitektur ANFIS dengan 2 input (x dan y) dan 1 output (z)

- **Layer 1.** Setiap node i pada lapisan ini adalah node adaptive dengan sebuah fungsi node.

$$\mu_{A_i}(x) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x - O_i}{a_i} \right|^{2b_i}} \quad (1)$$

dimana  $\{a_i, b_i, c_i\}$  adalah himpunan parameter. Bila nilai parameter tersebut berubah, fungsi bell berubah juga dengan sendirinya, kemudian menunjukkan bentuk variasi fungsi keanggotaan untuk himpunan fuzzy A.

- **Layer 2.** Setiap node pada lapisan ini merupakan node yang berisi bobot sudah tetap, disimbolkan dengan  $\Pi$ , dimana outputnya adalah hasil dari semua sinyal yang masuk.  
 $O_{2,i} = w_i(x) \mu_{1,i}(y), i = 1,2$   
Setiap node output merepresentasikan kekuatan mengirim dari aturan.
- **Layer 3.** Setiap node pada lapisan ini adalah node tetap disimbolkan dengan N. Node lapisan ini menghitung perbandingan kekuatan

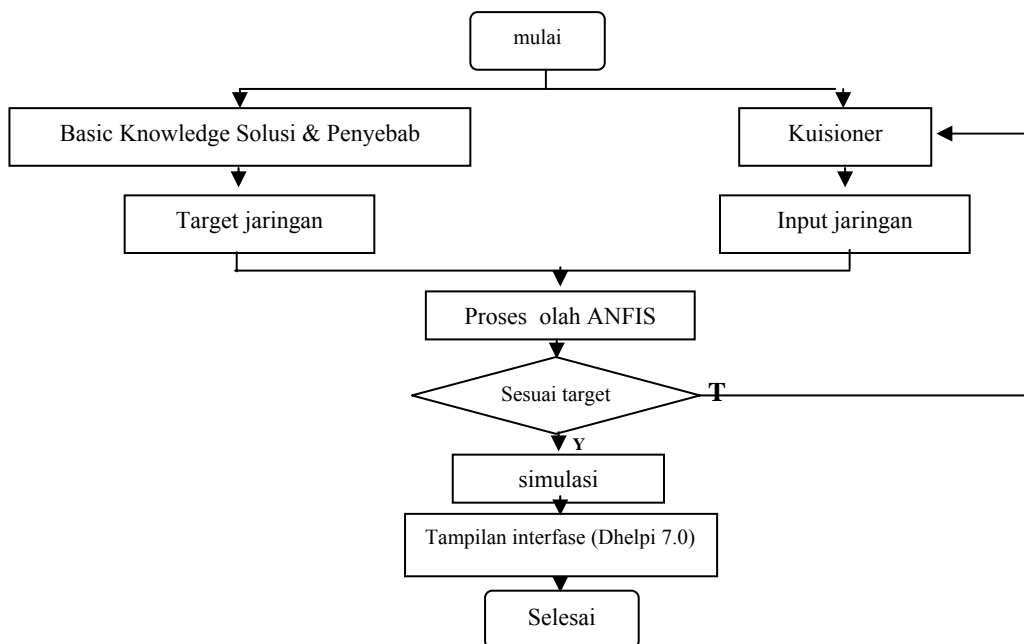
mengirim aturan ke-i dengan total dari kekuatan mengirim aturan secara keseluruhan.

$$O_{3,i} = \omega_i = \frac{\bar{\omega}_i}{\bar{\omega}_1 + \bar{\omega}_2}, i=1,2 \quad (3)$$

Output pada lapisan ini disebut *normalized firing strengths*.

- **Layer 4.** Setiap node pada lapisan ini adalah node adaptive dengan fungsi node.  
 $O_{4,i} = \bar{\omega}_i f_i = \bar{\omega}_i (p_i x + q_i y + r_i)$   
dimana  $\bar{\omega}$  adalah kekuatan mengirim yang sudah dinormalisasikan dari lapisan ke-3 dan  $\{p_i, q_i, r_i\}$  adalah himpunan parameter.
- **Layer 5.** Node tunggal pada lapisan ini adalah node tetap disimbolkan dengan  $\Sigma$ , dimana memperhitungkan keseluruhan output sebagai hasil akhir dari sinyal yang masuk.

$$\text{Output} = O_{5,i} = \sum \omega_{if_i} = \frac{\sum_i \bar{\omega}_i f_i}{\sum_i \bar{\omega}_i} \quad (5)$$



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian.

Pengumpulan data diawali dengan pembuatan *basic knowledge* penyebab keluhan pekerja dan *basic knowledge* solusi yang direkomendasikan, seperti Tabel 1 dan 2 sebagai berikut:

**Tabel 1.** Data penyebab keluhan sakit pekerja.

IF		THEN
Bagian Tubuh	Score	Penyebab
Mata	3 – 5	Mata monoton, jarak & bidang visual melebihi interval
Leher	3 – 5	Postur kerja menunduk, sudut melebihi 20 derajat
Punggung	2 3 4 - 5	Repetitif gerakan tubuh Postur membungkuk melebihi 20 derajat Postur kerja dan repetitif gerakan
Lengan Atas	2 3 4 - 5	Repetitif gerakan tubuh Postur fleksi dengan bahu melebihi 20 derajat (depan & samping) Postur kerja dan repetitif gerakan
Lengan Bawah	2 3 4 - 5	Repetitif gerakan tubuh Postur bent & wrist melebihi 15 derajat Postur kerja dan repetitif gerakan
Pinggang & Pantat	2 3 4 - 5	Repetitif gerakan tubuh Postur membungkuk & duduk yang salah Postur kerja dan repetitif gerakan
Kaki	2 3 4 - 5	Repetitif gerakan tubuh Postur fleksi & ekstensi ke depan, belakang, samping Postur kerja dan repetitif gerakan

**Tabel 2.** Solusi keluhan subyektif pekerja

IF	THEN
Mata selalu monoton	1. Mengedipkan mata secara berkala 2. Tatapan mata usahakan santai tidak tegang & sesekali melepaskan pandangan 3. Penerangan cukup ( 300 lux) 4. Pengaturan tinggi meja kerja dan kursi sesuaikan pandangan operator.
Repetitif Gerakan	1. Untuk mencapai kekuatan otot maksimal, lakukan pergerakan tubuh dengan <i>slowly</i> . 2. Bila bekerja dengan kedua tangan , usahakan bergerak secara simultan. 3. Gunakan pergerakan balistik untuk pekerjaan yang butuh kecepatan. 4. Gunakan gerakan dengan ritme tubuh yang alami
Postur kerja	1. Untuk mencapai kekuatan otot maksimal lakukan pergerakan dengan keseimbangan tubuh (mid range of motion). 2. Usahakan memulai dan akhiri kerja dengan gerakan tangan simultan. 3. Lakukan pergerakan tangan dengan simetris & simultan dari postur center tubuh. 4. Usahakan postur leher & punggung saat membungkuk kurang dari 20 derajat. 5. Hindari tubuh yang membungkuk lebih dari 45 derajat 6. Hindari postur <i>bent &amp; twist</i> punggung & leher secara berlebihan. 7. Postur lengan saat fleksi & ekstensi jangan melebihi 20 derajat. 8. Postur telapak tangan saat <i>bent &amp; twist</i> jangan melebihi 15 derajat. 9. Postur saat duduk harus tegak, punggung jangan melengkung, bersandar pada sandaran kursi. 10. Bila sering bekerja dengan berdiri, lakukan <i>reflesing</i> pada otot kaki atau dengan jalan-jalan.
Repetitif dan postur kerja	1. Meliputi kedua solusi pada repetitif & postur kerja. 2. Perbaiki kursi & meja kerja.

Hasil kuisioner yang dibagikan di perusahaan garmen (penjahit) dan perusahaan non garmen (PT. harapan Jaya) ditampilkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Tingkat Keluhan Sakit Pekerja Garmen dan Non Garmen

Bagian tubuh pekerja	Garmen	Non Garmen
Mata	13,3%	6%
Leher	23,3%	10%
Punggung	20%	26%
Lengan atas kanan	20%	26%
Lengan atas kiri	23,3%	20%
Lengan bawah kanan	10%	30%
Lengan bawah kiri	3,3%	20%
Pinggang & pantat	36,67%	10%
Kaki kanan	20%	46,7%
Kaki kiri	20%	50%

Pengolahan dengan ANFIS menggunakan sebanyak 310 data, meliputi data pelatihan 200 data dan data testing 110 data. Contoh tampilan data pelatihan seperti pada Tabel 4 dan data testing seperti pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Data Keluhan Pekerja sebagai Data Pelatihan.

No	Mt	Lhr	Pgg	LAKn	LAKr	LBKn	LBKr	Pt,Pgl	KkKn	KkKr	Target
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	5
9	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	5
10	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	5

Hasil pengolahan data diperoleh dengan sistem *trial & error*. Sebelumnya input disimulasi dengan parameter seperti Tabel 5. Maka mencoba melakukan input data dengan range influence yang berbeda-beda sehingga akan diperoleh galat pembelajaran yang berbeda, seperti Tabel 6.

**Tabel 5.** Parameter model ANFIS

Parameter ANFIS	Nilai
Range of Influence	0,5
Squash factor	1,25
Accept Ratio	0,5
Reject Ratio	0,15

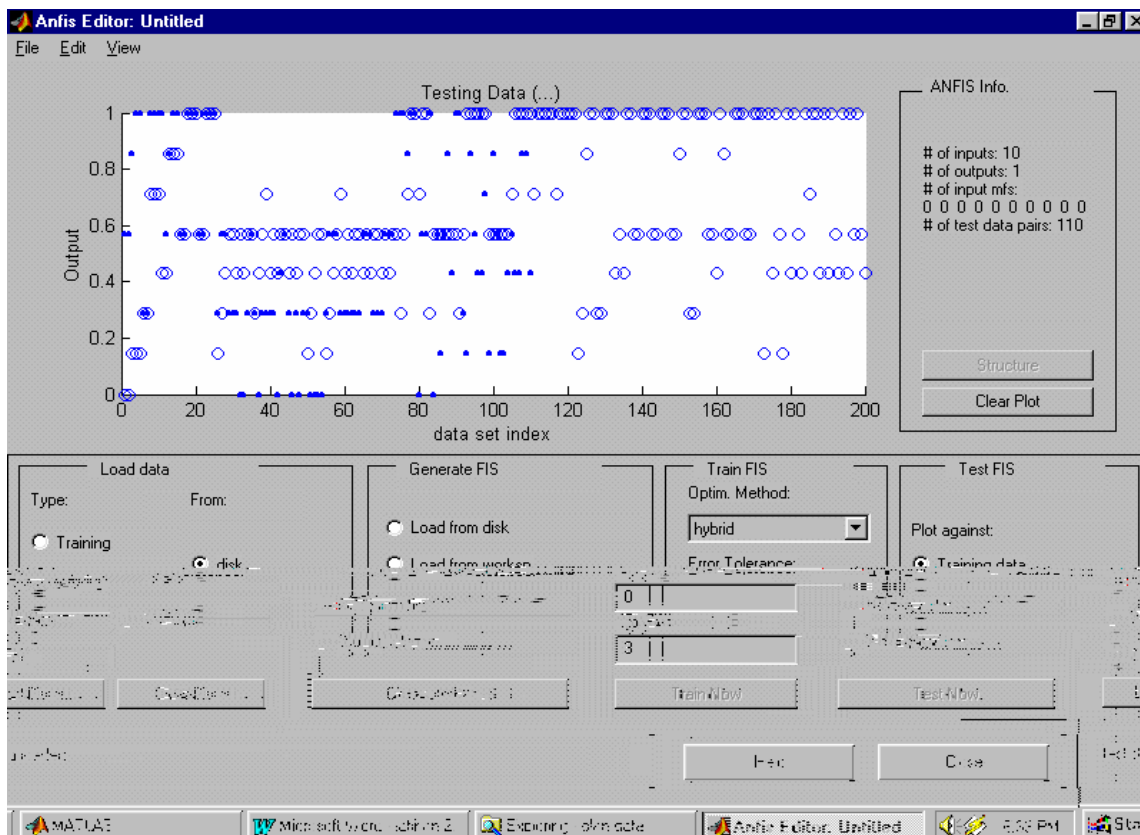
**Tabel 6.** Galat Pelatihan 200 data pada beberapa range influence

No	Range of influence	Galat Pembelajaran
1	0,5	0,373
2	0,3	0,036
3	0,4	0,035
4	0,7	0,042

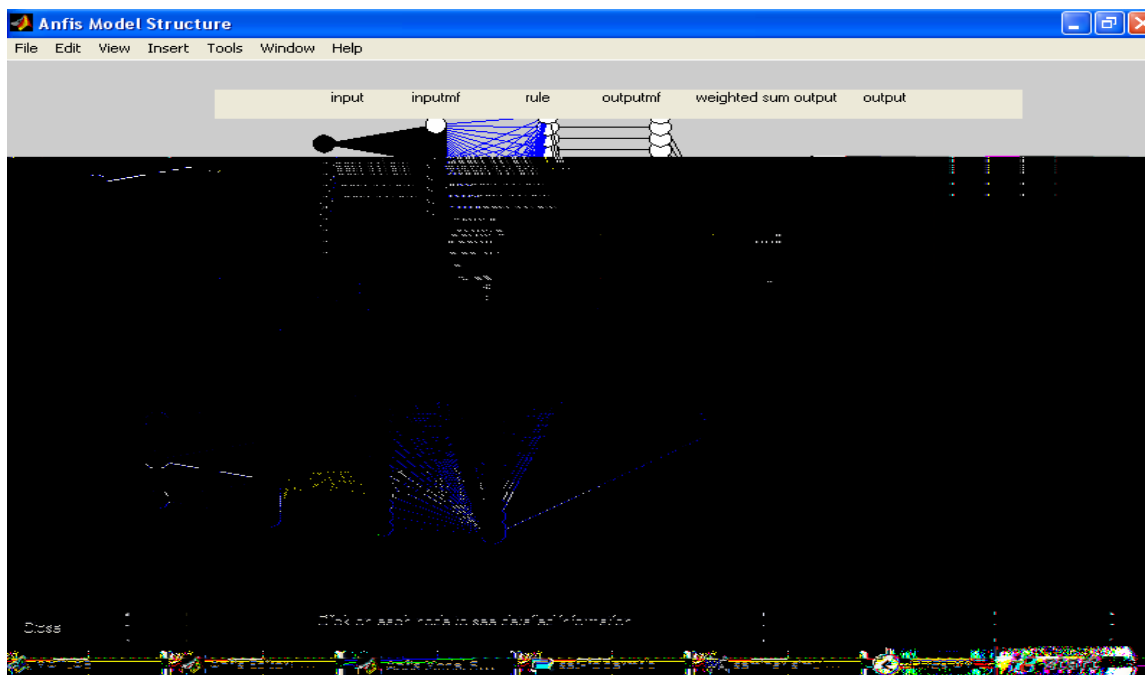
Number of node: 827  
 Number of linier parameter: 407  
 Number of nonlinier parameter: 740  
 Total number parameter: 1147  
 Number of training data pairs: 200  
 Number of Fuzzy rules: 37.

Pengolahan diawali dengan memasukkan input yang telah dinormalisasi dengan editor seperti Gambar 3 dan, struktur model seperti Gambar 4.

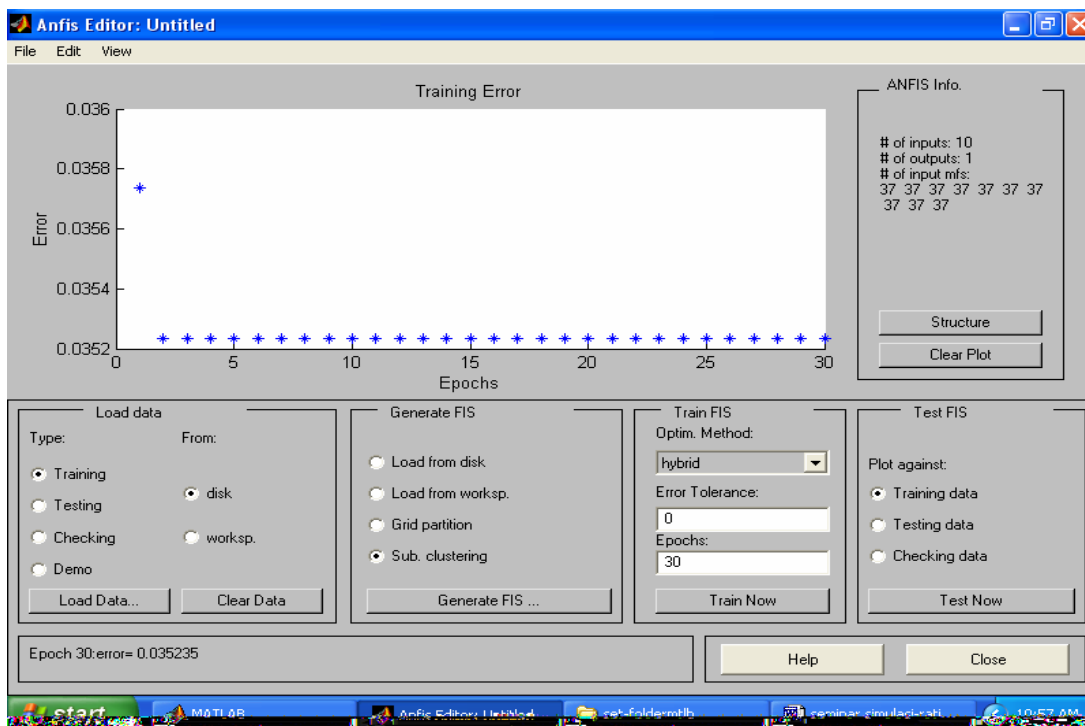
Hasil pelatihan data training pada Gambar 5 dan tampilan aturan ANFIS pada Gambar 6.



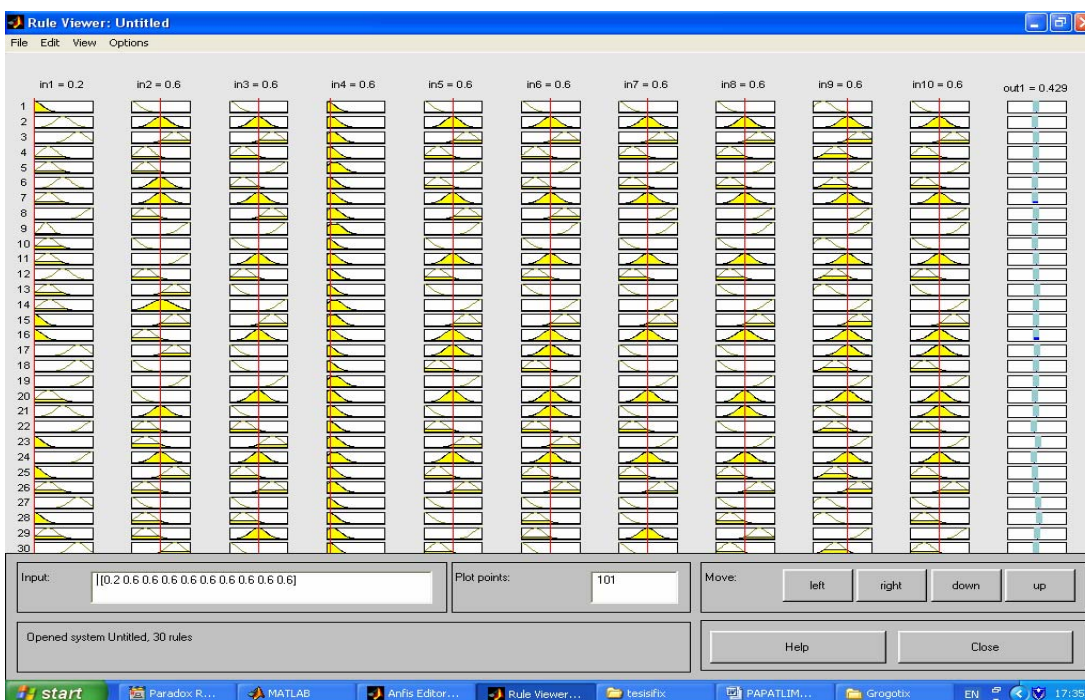
Gambar 3. Ploting traing data & testing data



Gambar 5. Struktur model ANFIS



Gambar 5. Hasil Pelatihan dengan Range influence = 0,4 epoch = 30 dengan error = 0,035

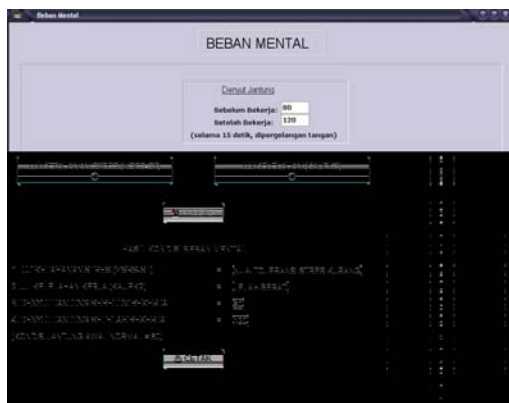


Gambar 6. Aturan ANFIS

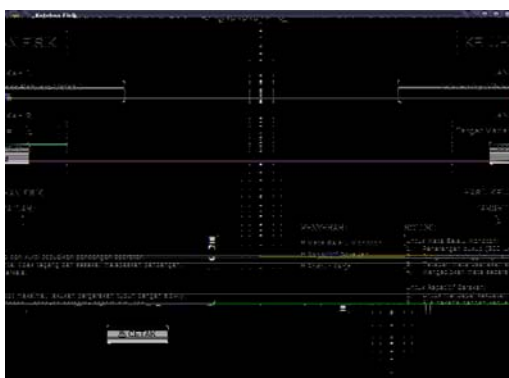
Tampilan interface yang memberikan kemudahan bagi pekerja (user) untuk meng-input data keluhan sakit pada tubuhnya dan mengetahui penyebab keluhan dan solusinya. Tampilan awal software seperti Gambar 7. Hasil uji beban mental pada Gambar 8 dan hasil uji keluhan fisik pada Gambar 9.



Gambar 7. Tampilan Awal



Gambar 8. Hasil Uji Beban Mental



Gambar 9. Hasil Uji Keluhan Fisik

### 3. KESIMPULAN

- a. Dengan data pelatihan sebanyak 200 data dan data testing sebanyak 110 data sebagai input program ANFIS, maka ANFIS mampu melakukan pembelajaran / pelatihan dengan hasil galat pembelajaran sebesar 0,035235 dengan range influence sebesar 0,4 dan epoch sebesar 30.
- b. Hasil kuisisioner menunjukkan bahwa pada penjahit keluhan sakit terjadi di bagian leher, lengan dan pinggang, sedangkan pada PT. Harapan Jaya Machinery (non garmen) keluhan sakit terjadi dibagian punggung, lengan dan kaki.
- c. Sistem pakar dan software delphi mampu menghasilkan interface yang informatif dan memberikan kemudahan bagi pengguna (user).

### PUSTAKA

Jang, J.S.R. 1994. *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*. Internasional Edition. New Jersey: Prentice Hall.

Kusumadewi, S. 2003. *Artificial Intelligence*, Teknik dan Aplikasinya. Graha Ilmu. Yogyakarta

Kusumoputro, B. dan Philipus, E. 2001. Pengenalan Huruf Tulisan Tangan Menggunakan Ekstraksi Ciri Berbasis Fuzzy dan Jaringan Saraf Tiruan. *Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi*. 1,1.

Subekti, M. R., Achmad, B dan Suyitno, G. 1999. Analisa Kondisi Ginjal Pasien Menggunakan Metode Jaringan Saraf Tiruan. *Proceding Lokakarya Komputasi dan Sains Nuklir X*, Batan.

Trisna, A. 2004. *Aplikasi Sistem Pakar untuk Mengidentifikasi Faktor ketidaknyamanan Pada Penjahit*. Tugas Akhir Fakultas Teknologi Industri. Yogyakarta. Unpublish.

Waters, T.S and Putz-Anderson, V. 1996. Revise NIOSH Lifting Equation. Edited by Bharattacharya, A and McGlothlin, J.D. 1996. *Occupational Ergonomics Theory and Applications*. Marcel Dekker Inc. New York. 329-350.