

---

# PENENTUAN KONDISI LINGKUNGAN FISIK KERJA YANG OPTIMAL MENGGUNAKAN PEMBELAJARAN ANFIS (*ADAPTIVE NEURO-FUZZY INFERENCE SYSTEM*)

**Ratih Setyaningrum dan M Khoirun Nadjmudin**

Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro, Semarang 50131

e-mail: ratihindustri@dosen.dinus.ac.id

## **Abstrak**

*Industri mempunyai potensi besar dalam menekan angka pengangguran di Indonesia. Sebagian besar masyarakat bekerja di industri besar maupun kecil. Pertumbuhan perekonomian di Indonesia didominasi oleh kegiatan industri lokal, oleh sebab itu industri lokal harus dikembangkan agar mampu bersaing di era globalisasi. Namun kebanyakan industri belum memperhatikan lingkungan kerja sehingga kesehatan dan keselamatan pekerja nyaris terabaikan. Pekerja sering mengeluh nyeri/sakit saat bekerja atau sesudah bekerja. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk menentukan kondisi lingkungan fisik kerja yang berpengaruh terhadap kinerja manusia. Penelitian diawali dengan membandingkan melakukan percobaan lingkungan fisik kerja di laboratorium ergonomi, Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro. Lingkungan fisik yang diuji meliputi temperatur, kebisingan, pencahayaan, dan vibrasi / getaran. Data lingkungan fisik digunakan sebagai input dalam proses pembelajaran dan pelatihan Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS). Metode Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System menggunakan algoritma subtractive clustering dan algoritma pembelajaran hybrid. Data pelatihan sebanyak 81 data, data testing sebanyak 81 data dan data checking sebanyak 81 data. Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System mampu melakukan pembelajaran/pelatihan dengan hasil galat pembelajaran sebesar 0,0157, dengan range of influence sebesar 0,3 dan epoch sebesar 30. Tingkat keberhasilan mendekati target mencapai 98%.*

**Kata Kunci :** *Lingkungan Fisik, Optimal, ANFIS.*

## **1. PENDAHULUAN**

Industri mempunyai potensi besar dalam menekan angka pengangguran di Indonesia. Sebagian besar masyarakat bekerja di industri besar maupun kecil. Namun kebanyakan industri menitikberatkan perhatian dalam upaya mengatasi masalah manajemen dan pemasaran, sedangkan kenyamanan pekerja kurang diperhatikan. 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 lingkungan kerja yang tidak nyaman akan menurunkan kinerja bahkan menimbulkan kecelakaan kerja. Faktor lingkungan kerja yang mempengaruhi *performance* antara lain temperatur, pencahayaan, kebisingan dan vibrasi / getaran. Penelitian ini akan merumuskan kondisi lingkungan fisik kerja yang optimal sehingga mampu meningkatkan produktivitas dan *performance* pekerja.

### **Tujuan Penelitian**

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

1. Mensimulasikan kondisi lingkungan fisik kerja menggunakan ANFIS (adaptive Neuro Fuzzy Inference System)
2. Menentukan kondisi lingkungan fisik kerja yang optimal sehingga mampu meningkatkan produktivitas

## **2. LANDASAN TEORI**

### **2.1. Vibrasi**

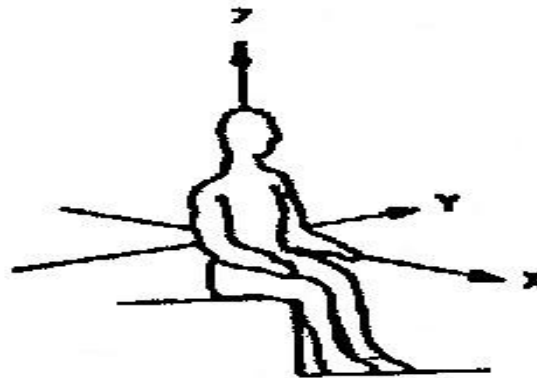
Getaran dapat didefinisikan dalam beberapa arti, seperti : osilasi mekanik, gerakan partikel disekitar equilibrium (salah satu bagian otak) yang memberikan efek pada kesehatan,

kenyamanan, dan performa dari seseorang. Getaran dipengaruhi oleh frekuensi dan intensitas getaran itu sendiri. Frekuensi diukur dengan herz (Hz) dan intensitas getaran dapat diukur dengan berbagai cara, misalnya : jarak perpindahan (Displacement), percepatan (Akselerasi), kecepatan (Velocity).

Metode yang digunakan adalah untuk menetapkan efek dari getaran mekanis yaitu pengukuran secara objektif dan pengukuran secara subjektif.

Gerakan dapat dibagi dalam tiga komponen orthogonal, yaitu:

- X : dari depan ke belakang (lateral)
- Y : dari samping ke samping (horisontal)
- Z : naik dan turun (vertikal)



**Gambar 1.** Komponen Ortogonal Getaran

Sumber. "Engineering Physiology Bases of Human/Ergonomics", Kroemer. K.H.E, dkk.

Tubuh manusia ketika duduk bereaksi terhadap getaran secara vertikal sebagai berikut:

- 3-4 Hz : resonansi kuat di tulang belakang rahim
- 4 Hz : Puncak resonansi diruas tulang belakang
- 5 Hz : Resonansi yang sangat kuat ditulang belakang bahu
- 20-30 Hz : Resonansi diantara kepala dan bahu
- 60-90 Hz : resonansi dibola mata
- 100-120 Hz : resonansi ditulang belakang bawah

## 2.2. Pencahayaan

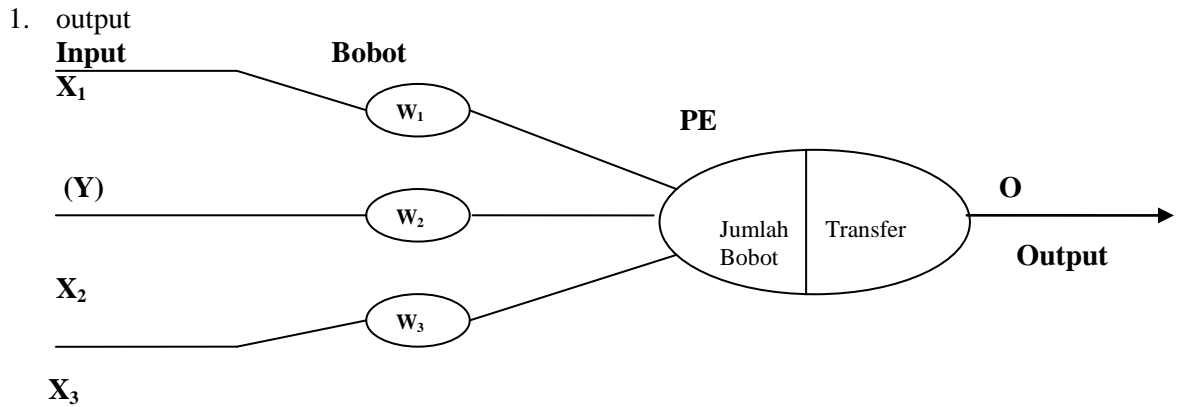
Salah satu faktor yang mungkin berpengaruh dari lingkungan kerja yang dapat memberikan produktivitas adalah adanya penerangan yang baik. Penerangan yang baik akan memberikan suasana lingkungan kerja yang aman, nyaman, dan sehat dimana manusia mampu melihat objek-objek dengan jelas.

## 2.3. Kecepatan Reaksi

Kecepatan reaksi adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan yang mendadak, misalnya kecepatan satpam dalam membunyikan alarm pada saat lampu tanda bahaya berwarna merah. Sedangkan ketelitian menunjukkan jumlah kesalahan yang dilakukan per satuan waktu, ini berhubungan dengan gerakan pada saat pencarian jejak.

## 2.4. Sistem Jaringan Saraf Tiruan

Sistem ini merupakan suatu model komputasi yang mengambil prinsip kerja saraf otak manusia. Jaringan tersusun dari sejumlah besar elemen yang melakukan kegiatan analog dengan fungsi-fungsi biologis neuron yang paling elementer. Elemen-elemen ini terorganisir sebagaimana layaknya anatomi otak, walaupun tidak sama. Jaringan saraf tiruan dapat belajar dari pengalaman, melakukan generalisasi dari contoh-contoh yang diperolehnya dan mengabstraksikan karakter esensial input yang bahkan berisikan data yang tidak relevan [Fausset, 1994].



Gambar 2 Informasi pemrosesan pada jaringan saraf tiruan

## 2.5. Sistem Fuzzy

### 2.5.1. Subtractive Clustering

Algoritma subtractive clustering digunakan untuk menentukan basis aturan fuzzy. Algoritma ini menentukan jumlah aturan, fungsi keanggotaan anteseden, dan kemudian akan digunakan untuk menentukan persamaan konsekuen tiap-tiap aturan [Sri Kusumadewi, 2000].

### 2.5.2. Membentuk FIS dengan Subtractive Clustering

Sistem ini dibentuk dengan menggunakan metode penalaran Sugeno orde satu. Pada metode ini, kumpulan aturan terbentuk:

[R1] IF  $(x_1 \text{ is } A_{11}) \cdot (x_2 \text{ is } A_{12}) \cdot \dots \cdot (x_n \text{ is } A_{1m})$  THEN  $(z = k_{11} * x_1 + \dots + k_{1m} * x_m + k_{10})$ ;

[R2] IF  $(x_1 \text{ is } A_{21}) \cdot (x_2 \text{ is } A_{22}) \cdot \dots \cdot (x_n \text{ is } A_{2m})$  THEN  $(z = k_{21} * x_1 + \dots + k_{2m} * x_m + k_{20})$ ;

.....

[Rr] IF  $(x_1 \text{ is } A_{r1}) \cdot (x_2 \text{ is } A_{r2}) \cdot \dots \cdot (x_n \text{ is } A_{rm})$  THEN  $(z = k_{r1} * x_1 + \dots + k_{rm} * x_m + k_{r0})$ ;

dengan  $A_{ij}$  adalah himpunan fuzzy aturan ke- $i$  variabel sebagai anteseden,  $k_{ij}$  adalah koefisien persamaan output fuzzy aturan ke- $i$  variabel ke- $j$  ( $i = 1, 2, \dots, r$ ,  $j = 1, 2, \dots, m$ ), dan  $k_{i0}$  adalah konstanta persamaan output fuzzy aturan ke- $i$ ; tanda  $\cdot$  menunjukkan operator yang digunakan dalam anteseden.

### 2.5.3. Sistem Integrasi Neuro Fuzzy

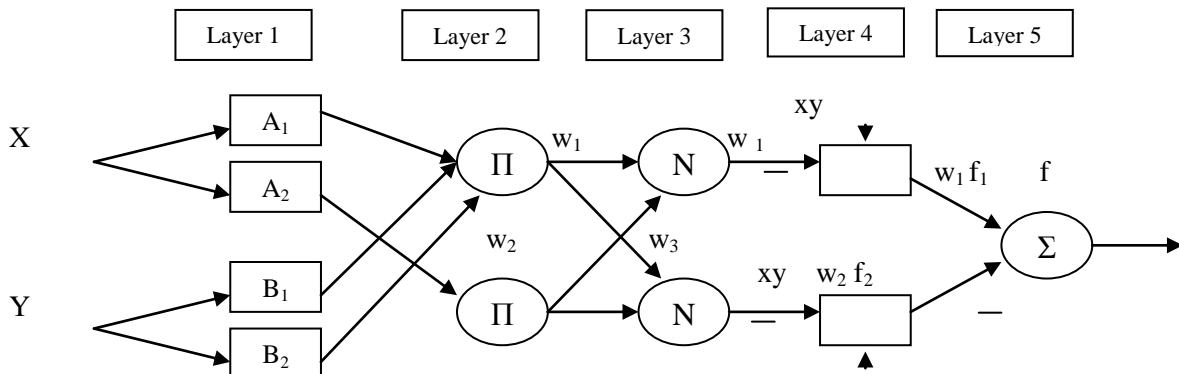
*Neuro Fuzzy* merupakan sebuah sistem terintegrasi yang terdiri dari jaringan saraf tiruan (*artificial neural network*) dan logika kabur (*fuzzy logic*). Dimana sistem fuzzy menggunakan algoritma pembelajaran/pelatihan dari teori jaringan saraf untuk menentukan parameter dari fuzzy tersebut (himpunan fuzzy dan aturan fuzzy) dengan memproses sampel data.

## 2.6. Arsitektur ANFIS

Secara sederhana, struktur ANFIS dapat dilihat sebagaimana pada gambar 2.4 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  $f_1 = p_1x + q_1y + r_1$

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



Gambar 3. Arsitektur ANFIS dengan 2 input ( $x$  dan  $y$ ) dan 1 output ( $z$ ).

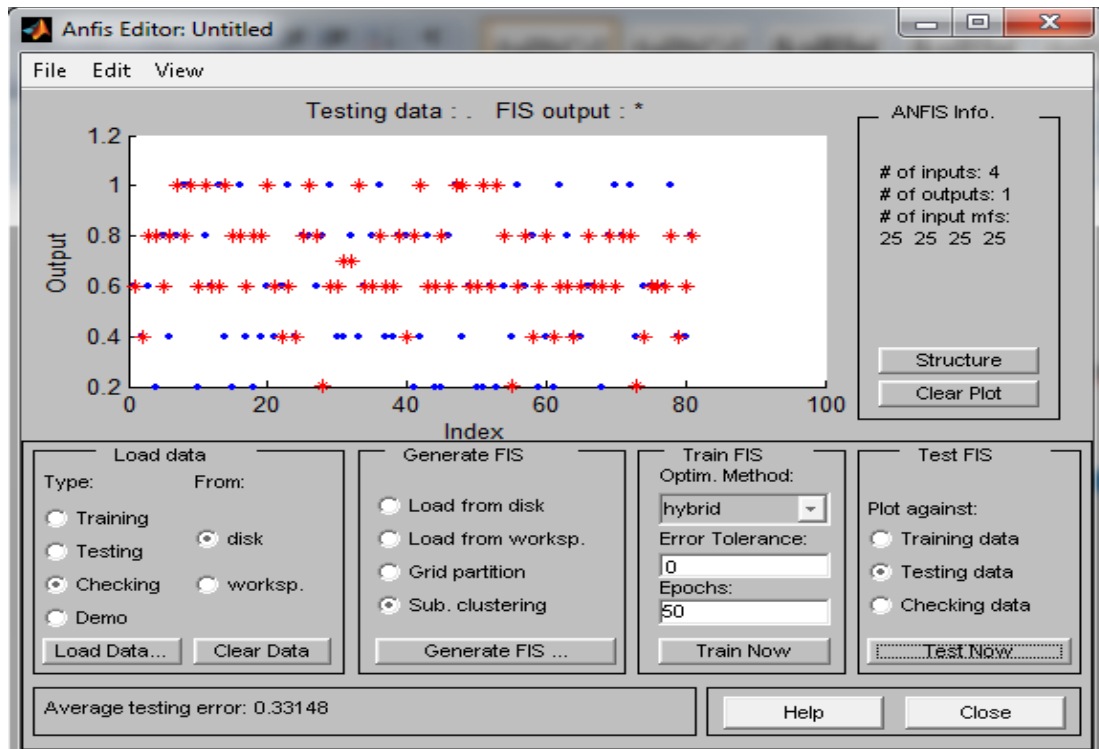
### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan cara mensimulasikan kondisi pencahayaan, temperatur, kebisingan dan percepatan getaran yang terjadi pada di Laboratorium Analisa Perancangan Kerja dan Ergonomi. Pengambilan data dilakukan di laboratorium lingkungan. Alat yang diperlukan yaitu : termometer, luxmeter, desiblemeter dan alat ukur vibrasi.

Kondisi Lingkungan kerja yang disimulasikan meliputi : pencahayaan 15 lux, 80 lux, 155 lux, Temperatur 20 °C , 25 °C dan 30 °C, kebisingan 60 dB, 80dB dan 100 dB, serta vibrasi dengan percepatan 2 ms<sup>2</sup>, 4 ms<sup>2</sup>, 6 ms<sup>2</sup>.

### 4. PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN

Plotting tampilan data train, testing dan checking seperti pada Gambar 4 berikut



**Gambar 4.** tampilan input data train, test dan check

Parameter konfigurasi ANFIS yakni

Range of influence = 0.8

Squash factor = 1.25

Accept ratio = 0.3

Reject ratio = 0.1

Simulasi dilakukan terhadap range of influence sehingga diperoleh nilai error yang terkecil.

Simulasi yang dilakukan adalah sebagai berikut

Range of influence = 0.8 tingkat error 0.015713

Dari hasil tersebut maka diambil error terkecil dengan ketentuan sebagai berikut

ANFIS info:

Number of nodes: 257

Number of linear parameters: 125

Number of nonlinear parameters: 200

Total number of parameters: 325

Number of training data pairs: 81

Number of checking data pairs: 81

Number of fuzzy rules: 25

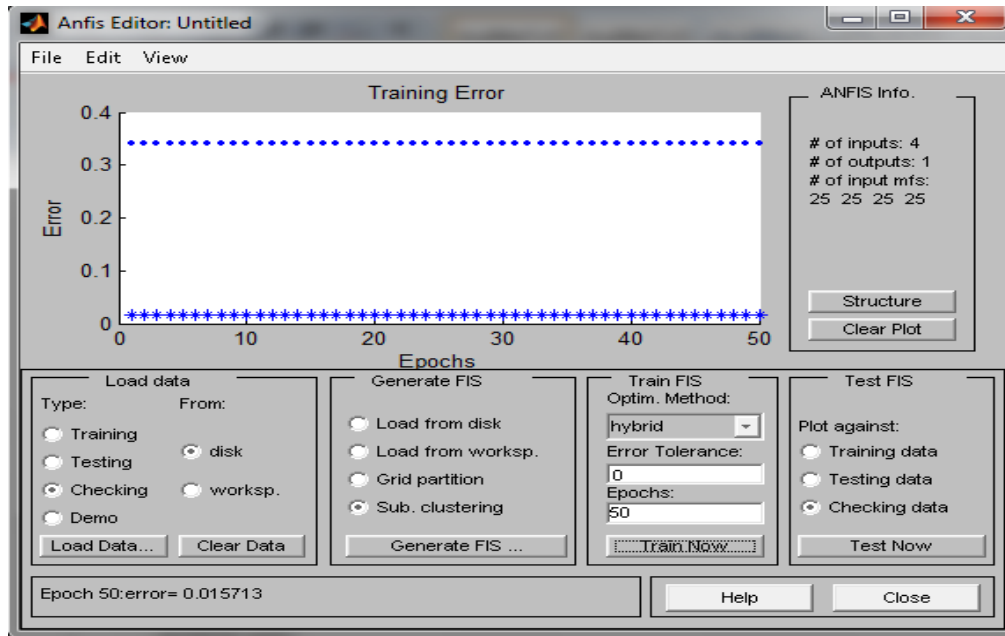
Start training ANFIS ...

1 0.0157135 0.341022

2 0.0157135 0.341022

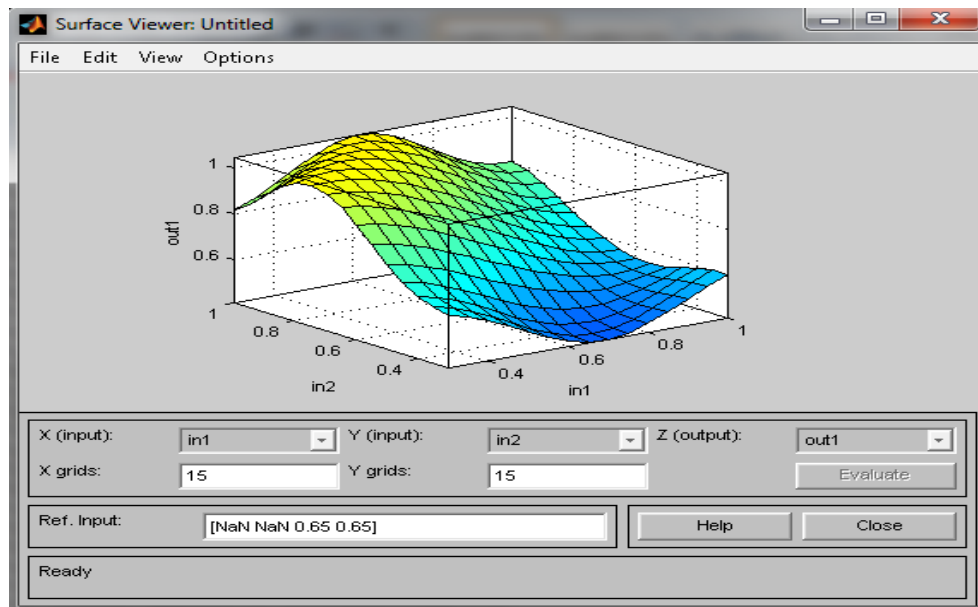
Designated epoch number reached --> ANFIS training completed at epoch 2.

Banyaknya Epoch 30 dengan nilai error 0,015713 ditampilkan dalam Gambar 5 berikut

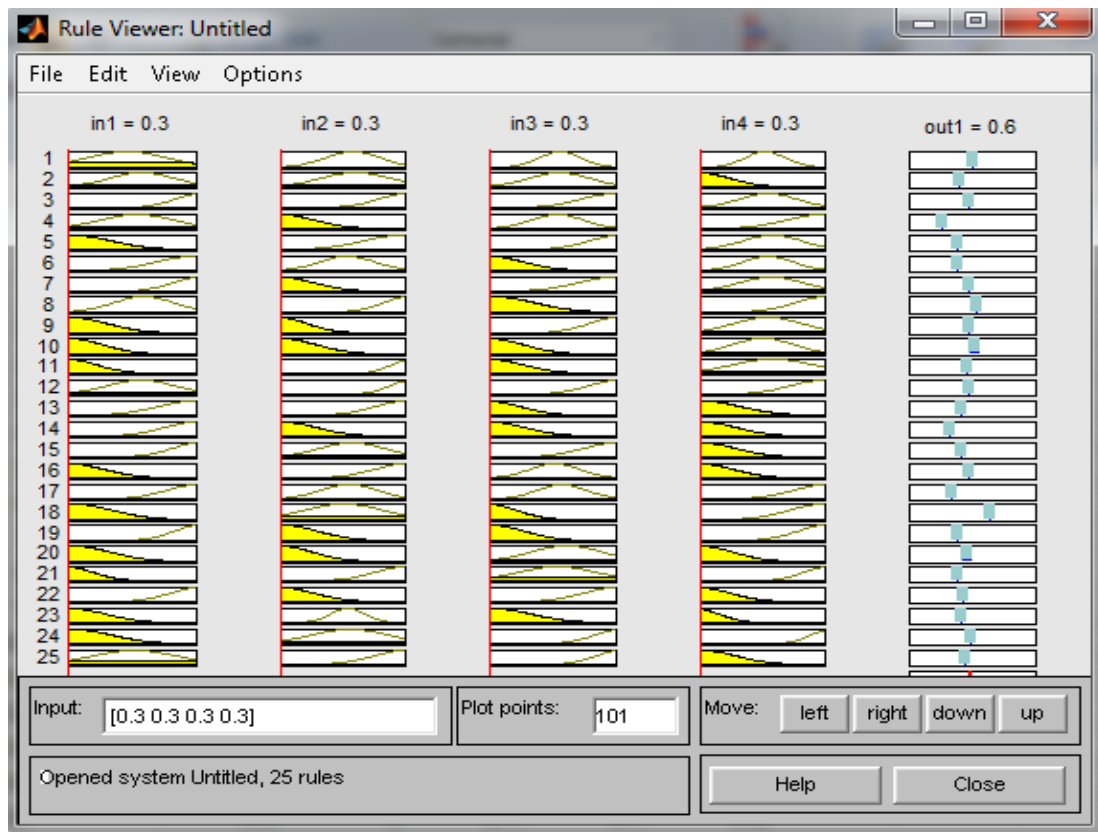


Gambar 5. pembelajaran data dengan error terkecil

Hasil tersebut menghasilkan aturan sebanyak 25 aturan ANFIS, dengan surface seperti pada Gambar 6, dan tampilan aturan seperti pada Gambar 7.



Gambar 6. Surface ANFIS



Gambar 7. Rule ANFIS

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

1. ANFIS mampu melakukan proses belajar dengan data input faktor-faktor lingkungan kerja yakni pencahayaan, temperatur, kebisingan, vibrasi dan waktu respon.
2. Data masukan dalam ANFIS yakni data training 81, data checking 81 dan data testing 81 dengan banyaknya aturan yang dibentuk 25
3. ANFIS mampu menghasilkan tingkat error 0,015713 , dengan Range of influence = 0.8, Squash factor =1.25, Accept ratio =0.3, Reject ratio = 0.1, epoch yang dilakukan sebanyak 30.
4. Tingkat keberhasilan yang dihasilkan sebesar 99%.

### 5.2. Saran

Lakukan pembelajaran lagi sehingga hasilnya memiliki tingkat error terkecil dan keberhasilan mendekati 100%. Dapat dikembangkan untuk penyelesaian kasus lain dibidang ergonomi dan bidang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fausset, Laurene, *Fundamental of Neural Network: Architecture, Algorithm, and Application*. New Jersey: Prentice-Hall, 1994.
- [2] Jang, J.S.R. *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*. International Edition. New Jersey: Prentice-Hall, 1997.
- [3] Kusumadewi, Sri. *Analisis & Desain Sistem Fuzzy*. Yogyakarta: UII, 2000.
- [4] Nurmiyanto, Eko. *Ergonomi, Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Jakarta: Guna Widya, 1996.