

## ALAT BANTU SISTEM INFERENSI FUZZY METODE SUGENO ORDE SATU

Lizda Iswari dan Fathul Wahid

Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Jl. Kaliurang Km. 14 Yogyakarta 55501

Telp. (0274) 895287 ext. 122, Faks. (0274) 895007 ext. 148

E-mail: dimarahin@yahoo.com, fathulwahid@fti.uii.ac.id

### ABSTRAKSI

*Sugeno's Fuzzy Inference System is a toolbox for building fuzzy logic system based on Sugeno's Method. The main system characteristic is on its flexibility which means system facilitate user to modify the data system (dynamic system), can be used in any kinds of platforms (portability), and also work for multi operating system. For the portability and multiplatform purpose, sytem was created with C programming languange, following the principle of ANSI C. There are 4 kinds of variable that should be entered to the system so that it can work properly, those are: input variable data, input association data, output function data, and rules data. The Sugeno's characteristic can be seen from the form of output function data as linear equation. The output of the system is defuzzification.*

*Keywords: Fuzzy Logic, Fuzzy Inference System, Sugeno's Method, Defuzzification*

## 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Salah satu bidang kajian *Artificial Intelligence* (AI) yang mengalami perkembangan pesat adalah logika fuzzy. Aplikasi dalam kehidupan nyata banyak yang telah mengaplikasikan logika fuzzy sebagai dasar teknologinya. Dunia otomotif, transportasi, industri, bahkan peralatan rumah tangga seperti mesin cuci, kamera, dan penyedot debu telah mengaplikasikan logika fuzzy. Sejalan dengan pemakaian yang semakin luas, masyarakat terutama bidang pendidikan juga semakin tertarik untuk mempelajari dan mengaplikasikannya.

Program aplikasi untuk membangkitkan sistem fuzzy dengan metode penalaran tertentu, disebut juga aplikasi sistem inferensi fuzzy, sebenarnya telah tersedia dan cukup dikenal oleh dunia pendidikan. Namun, program aplikasi tersebut hanya tersedia untuk sebuah sistem operasi tertentu. Selain itu, program aplikasi yang telah tersedia ternyata cukup rumit bagi *user* pemula. Seringkali program aplikasi tersebut membutuhkan parameter yang terlalu banyak dan matematis untuk membangun sebuah sistem fuzzy yang sederhana. Bahkan untuk dunia *open source*, aplikasi berbasis pada teknologi *artificial intelligence* masih sangat terbatas. Penelitian yang diangkat untuk menghasilkan solusi aplikasi *open source* berbasis AI masih tergolong sedikit.

Keterbatasan tersedianya perangkat lunak sistem inferensi fuzzy inilah yang mendorong pembangunan aplikasi sistem inferensi fuzzy yang dititikberatkan pada aspek fleksibilitasnya. Diharapkan penelitian yang memadukan aplikasi perangkat lunak berbasis *open source* dengan program aplikasi sistem inferensi fuzzy dapat dijadikan salah satu solusi *open source* di bidang teknologi berbasis AI.

### 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dilaksanakannya penelitian adalah membangun sistem inferensi fuzzy yang fleksibel. Fleksibel memiliki artian bahwa sistem inferensi fuzzy dapat digunakan oleh berbagai *platform* sistem operasi (*multiplatform*), mudah untuk dilakukan perubahan (*dynamic*) serta memiliki portabilitas untuk berbagai mesin, media penyimpan data elektronik, dan berbagai media transfer data (*portability*).

## 2 DASAR TEORI

### 2.1 Penalaran Fuzzy Metode Sugeno

Dalam membangun sebuah sistem fuzzy dikenal beberapa metode penalaran antara lain : Metode Mamdani, Metode Sugeno, Metode Tsukamoto, dan sebagainya. Penalaran dengan Metode Sugeno hampir sama dengan penalaran Mamdani, hanya saja output (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan fuzzy melainkan berupa konstanta atau persamaan linier. Metode ini diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985.

Sistem fuzzy Sugeno memperbaiki kelemahan yang dimiliki oleh sistem fuzzy murni untuk menambah suatu perhitungan matematika sederhana sebagai bagian THEN. Pada perubahan ini, sistem fuzzy memiliki suatu nilai rata-rata tertimbang (*Weighted Average Values*) di dalam bagian aturan fuzzy IF-THEN.

Sistem fuzzy Sugeno juga memiliki kelemahan terutama pada bagian THEN, yaitu dengan adanya perhitungan matematika sehingga tidak dapat menyediakan kerangka alami untuk merepresentasikan pengetahuan manusia dengan sebenarnya. Permasalahan kedua adalah tidak adanya kebebasan untuk menggunakan prinsip yang berbeda dalam logika fuzzy, sehingga ketidakpastian dari

sistem fuzzy tidak dapat direpresentasikan secara baik dalam kerangka ini. [KUS02]

## 2.2 Model Fuzzy Sugeno Orde-Nol

Secara umum bentuk model fuzzy Sugeno Orde-Nol adalah:

IF  $(x_1 \text{ is } A_1) \bullet (x_2 \text{ is } A_2) \bullet (x_3 \text{ is } A_3) \bullet \dots \bullet (x_n \text{ is } A_n)$  THEN  $z = k$

Dengan  $A_i$  adalah himpunan fuzzy ke- $i$  sebagai anteseden dan  $k$  adalah suatu konstanta (tegas) sebagai konsekuen.

## 2.3 Model Fuzzy Sugeno Orde-Satu

Secara umum bentuk model fuzzy Sugeno Orde-Satu adalah:

IF  $(x_1 \text{ is } A_1) \bullet \dots \bullet (x_n \text{ is } A_n)$  THEN  $z = p_1 * x_1 + \dots + p_2 * x_2 + q$

Dengan  $A_i$  adalah himpunan fuzzy ke- $i$  sebagai anteseden dan  $p_i$  adalah suatu konstanta (tegas) ke- $i$  dan  $q$  juga merupakan konstanta dalam konsekuen. [KUS02]

## 2.4 Sistem Inferensi Fuzzy

Dalam sistem inferensi fuzzy ada beberapa komponen utama yang dibutuhkan. Komponen tersebut meliputi data variabel input, data variabel output, dan data aturan. Untuk mengolah data masukan dibutuhkan beberapa fungsi meliputi fungsi fuzzifikasi yang terbagi 2, yaitu fungsi untuk menentukan nilai jenis keanggotaan suatu himpunan dan fungsi penggunaan operator. Fungsi fuzzifikasi akan mengubah nilai *crisp* (nilai aktual) menjadi nilai fuzzy (nilai kabur). Selain itu, dibutuhkan pula fungsi defuzzifikasi, yaitu fungsi untuk memetakan kembali nilai fuzzy menjadi nilai *crisp* yang menjadi output/nilai solusi permasalahan.

# 3 PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

## 3.1 Kebutuhan Masukan Sistem

Input atau masukan dari user untuk membangun sistem meliputi:

1. Data variabel input:
  - a. Nama variabel input, himpunan fuzzy, dan fungsi output
  - b. Nilai yang dicari dari setiap variabel input
  - c. Jumlah himpunan dan jenis himpunan fuzzy untuk setiap variabel input
  - d. Jenis fungsi keanggotaan untuk setiap variabel input dan output, yaitu:
    - i. Kurva Linier: Linier naik dan Linier turun
    - ii. Kurva Segitiga
    - iii. Kurva Trapesium
    - iv. Kurva Bahu: Bahu kiri dan Bahu kanan
    - v. Kurva S: S-penyusutan dan S-pertumbuhan

- vi. Kurva Lonceng: PI, Beta, dan Gauss
2. Jumlah fungsi output beserta data masukan fungsi output
  3. Data aturan sistem beserta pilihan operator yang digunakan: AND atau OR

## 3.2 Kebutuhan Fungsional

Adapun fungsi-fungsi yang dibutuhkan dalam membangun sistem inferensi fuzzy metode Sugeno meliputi:

- a. fungsi pembacaan data variabel input
- b. fungsi pembacaan data fungsi output
- c. fungsi pembacaan data aturan
- d. fungsi penentuan nilai keanggotaan himpunan
- e. fungsi penentuan nilai konsekuen
- f. fungsi pengaplikasian operator / penentuan nilai *alpha*
- g. fungsi defuzzifikasi

## 3.3 Kebutuhan Hasil Keluaran Sistem

Hasil keluaran sistem diharapkan akan berbentuk:

1. Perangkat lunak yang memiliki kemampuan untuk membangun sebuah sistem inferensi fuzzy yang baru. Sistem mampu menghasilkan file teks (.txt) yang dapat digunakan untuk mengubah/mengupdate data sistem yang telah ada.
2. Output sistem berupa nilai defuzzifikasi yang menjadi solusi permasalahan.
3. Hasil keluaran sistem juga memberikan laporan data masukan yang dapat dimodifikasi (pengubahan parameter fuzzy) tanpa harus memulai implementasi dari awal.

## 3.4 Asumsi-asumsi yang Digunakan

Pada pengembangan sistem inferensi fuzzy metode Sugeno terdapat beberapa asumsi yang digunakan, yaitu:

1. Pengguna telah mengetahui perbedaan karakteristik masing-masing sistem inferensi fuzzy, baik yang menggunakan metode Sugeno, metode Mamdani, ataupun metode Tsukamoto.
2. Pengguna telah memiliki data yang dibutuhkan untuk membangun sistem logika fuzzy dengan metode Sugeno. Kebutuhan data tersebut meliputi data variabel input beserta himpunan fuzzy, data fungsi output, dan data aturan.

## 3.5 Batasan Pengembangan Aplikasi

Batasan pengembangan dari pembangunan alat bantu aplikasi sistem inferensi fuzzy tersebut adalah penggunaan sistem hanya dapat digunakan secara tunggal (*standalone*).

Batasan lain yang digunakan dalam pengembangan alat bantu aplikasi sistem inferensi fuzzy antara lain:

1. Perangkat lunak aplikasi tidak mengenal adanya *support set* (himpunan penyokong) dan *alpha-cut* (nilai ambang).

2. Sistem tidak menerima fungsi *hedges*.
3. Metode penalaran yang digunakan adalah Metode Sugeno orde satu.
4. Antarmuka sistem berbasis teks / *text-mode*.
5. Pemasukan nama variabel input dan himpunan hanya mampu menerima 1 kata dengan jumlah karakter maksimal 30 buah.
6. Jumlah data variabel input, himpunan, fungsi output, dan aturan maksimal 100 buah.
7. Metode penalaran yang digunakan adalah metode Sugeno Orde-Satu.

Secara umum bentuk model fuzzy Sugeno Orde Satu adalah:

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_1) \bullet \dots \bullet (x_n \text{ is } A_n) \text{ THEN } z = p_1 * x_1 + \dots + p_2 * x_2 + q$$

Dengan  $A_i$  adalah himpunan fuzzy ke-i sebagai anteseden dan  $p_i$  adalah suatu konstanta (tegas) ke-i dan  $q$  juga merupakan konstanta dalam konsekuen.

8. Penulisan tiap data fungsi output memiliki rumusan: **jumlah input + I**
9. Data fungsi output adalah suatu persamaan linear dengan format :

$$ax_1 + bx_2 + \dots + x_n + C$$

Keterangan:

- a, b : nilai koefisien tiap variabel input
- $x_1, x_2, x_n$  : nilai cari tiap variabel input
- n : jumlah input
- C : konstanta akhir

10. Sistem hanya menggunakan operator dasar Zadeh berupa operator AND dan OR.
11. Penulisan tiap data aturan memiliki rumusan : **jumlah input + 2**
12. Setiap data aturan hanya mampu menerima 1 jenis operator dengan pilihan operator And (seleksi nilai terkecil/minimum) atau Or (seleksi nilai terbesar/maksimum).
13. Metode defuzzifikasi yang digunakan adalah rata-rata terbobot (*averages weight*).
14. Tidak sembarang file teks dikenali oleh sistem inferensi fuzzy tersebut. Hanya file teks sesuai kaidah penulisan, yang telah ditetapkan penyusun, yang dapat dikenali oleh sistem.
15. File teks yang disimpan ataupun yang ingin dibaca harus berada dalam satu direktori dengan kode sumber program.

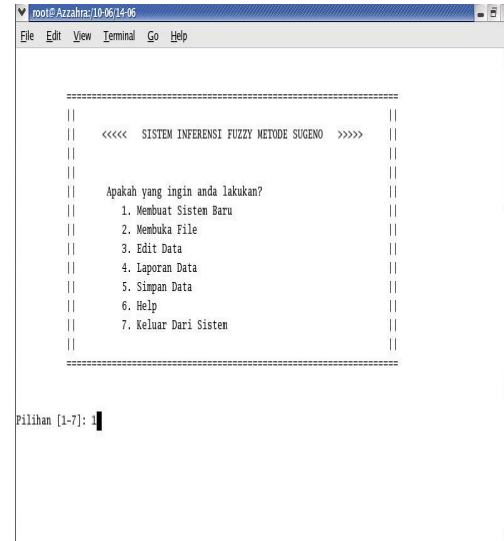
## 4 IMPLEMENTASI PERANGKAT LUNAK

### 4.1 Implementasi

Secara umum implementasi dari alat bantu sistem inferensi fuzzy adalah membangun, mengedit, dan mengobservasi sistem penalaran fuzzy menggunakan metode Sugeno.

Dalam membangun sistem penalaran fuzzy, dibutuhkan beberapa parameter masukan meliputi: data yang menjadi variabel input beserta data himpunan yang menyertai tiap data variabel input,

data yang berfungsi sebagai variabel output (dalam sistem inferensi fuzzy disebut sebagai data fungsi output), dan data aturan. Aturan pada suatu model fuzzy dibutuhkan untuk menunjukkan bagaimana suatu sistem beroperasi.



Gambar 4.1. Menu utama sistem

Sebagai contoh, diketahui suatu perusahaan makanan setiap hari mampu memproduksi 50.000 kaleng makanan dan juga menerima permintaan 50.000 kaleng. Dalam 3 bulan terakhir, diperoleh data bahwa permintaan tertinggi adalah 75.000 kaleng. Rata-rata persediaan di gudang adalah 7.500, sedangkan kapasitas maksimum gudang adalah 15.000 kaleng. Apabila sistem produksi menggunakan aturan fuzzy sebagai berikut:

- [R1] IF permintaan TURUN And persediaan BANYAK THEN produksi barang = 1000;
- [R2] IF permintaan NAIK And persediaan SEDIKIT THEN produksi barang = 1.25\*permintaan – persediaan;
- [R3] IF permintaan NAIK And persediaan BANYAK THEN produksi barang = permintaan – persediaan;

Apabila terdapat permintaan sebanyak 52.000 kaleng dan persediaan yang masih ada di gudang 8.000 kaleng maka cara mencari jumlah produksi barang berdasar logika fuzzy dapat diselesaikan melalui langkah-langkah sebagai berikut:

### Langkah 1: Memasukkan Jumlah Data Utama Sistem

- a) Jumlah variabel input = 2
- b) Jumlah data fungsi output = 3
- c) Jumlah data aturan = 3



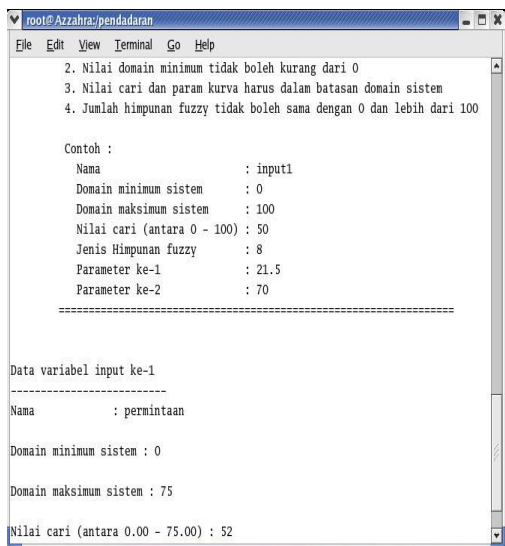
Gambar 4.2. Membuat sistem baru

**Langkah 2: Memasukkan Data Variabel Input**

Terdapat 2 variabel input fuzzy yang akan dimodelkan, yaitu:

- o Permintaan, terdiri atas 2 himpunan : NAIK dan TURUN.
- o Persediaan, terdiri atas 2 himpunan : BANYAK dan SEDIKIT.

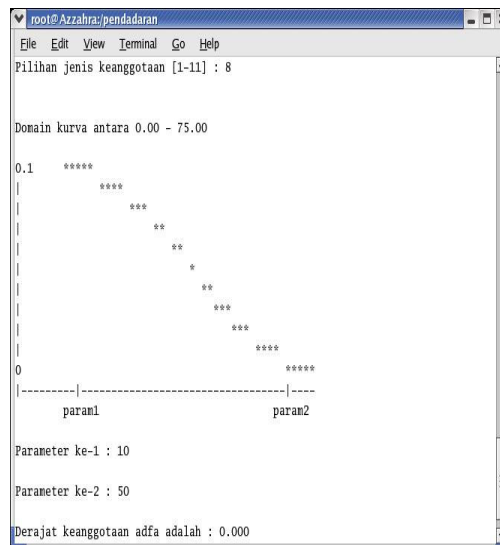
Variabel Permintaan direpresentasikan menggunakan kurva berbentuk S pada domain/batasan 10.000 (asumsi: permintaan minimum) sampai dengan 75.000 (permintaan maksimum).



Gambar 4.3. Pengisian data variabel input

**Langkah 3: Memasukkan Data Himpunan**

Himpunan TURUN menggunakan kurva S-Penyusutan dan himpunan NAIK menggunakan kurva S-Pertumbuhan.



Gambar 4.4. Pengisian data himpunan TURUN

**Langkah 4: Memasukkan Data Fungsi Output**

Dari data aturan diperoleh data output:

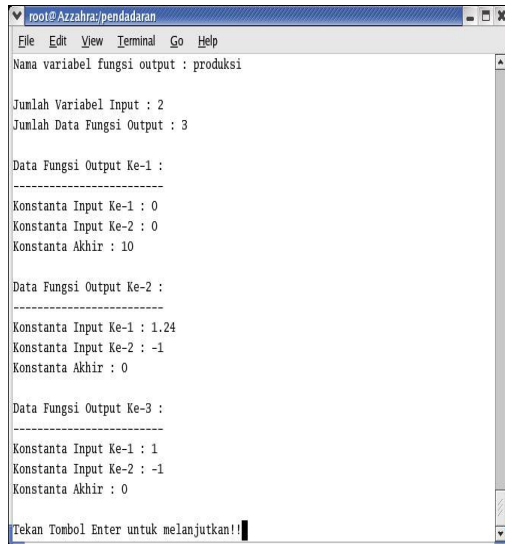
- [R1] produksi barang = 1.000;
  - [R2] produksi barang = 1.25\*permintaan – persediaan;
  - [R3] produksi barang = permintaan – persediaan;
- Misal, dari data ke-2 berisi pernyataan :  
**1.25\*permintaan – persediaan**  
 direpresentasikan dalam bentuk angka menjadi :  
**1.25 -1 0**  
 atau dalam bentuk perhitungan matematis menjadi :  
**(1.25)\*(52) + (-1)\*(8) + 0 = 57**

Sehingga cara pengisian data di dalam sistem menjadi :

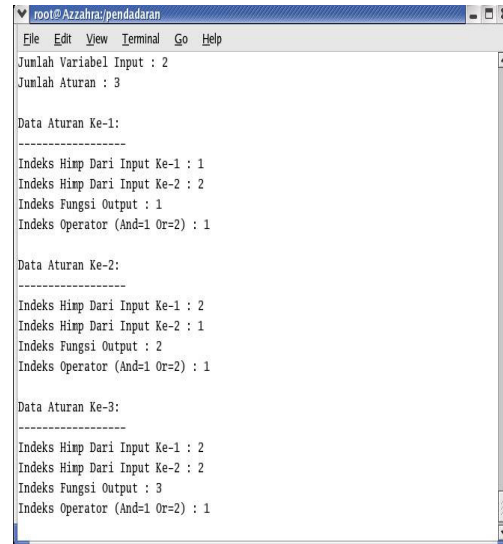
- Data Fungsi Output Ke-2
- Koefisien Var Input Ke-1 : 1.25
- Koefisien Var Input Ke-2 : -1
- Konstanta Akhir : 0

Isi data fungsi output tersebut memiliki rumusan:

$$(koef_1)*(nilai\ cari\ var\ input_1) + (koef_2)*(nilai\ cari\ var\ input_2) + \dots + (koef_n)*(nilai\ cari\ var_n) + C$$



Gambar 4.5. Pengisian data fungsi output



Gambar 4.6. Pengisian data aturan

### Langkah 5: Memasukkan Data Aturan

Data aturan:

- [R1] IF permintaan TURUN And persediaan BANYAK THEN produksi barang = 1000;
- [R2] IF permintaan NAIK And persediaan SEDIKIT THEN produksi barang = 1.25\*permintaan – persediaan;
- [R3] IF permintaan NAIK And persediaan BANYAK THEN produksi barang = permintaan – persediaan;

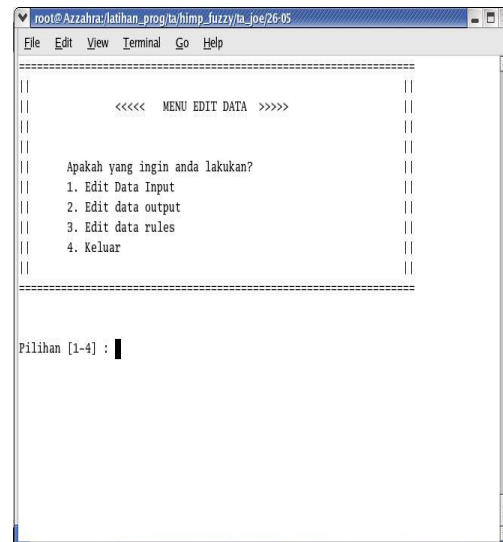
Aplikasi data aturan tersebut di atas ke dalam perangkat lunak akan berbentuk:

Data Aturan Ke-1

Indeks Himp Dari Var Input Ke-1 : 1  
 Indeks Himp Dari Var Input Ke-2 : 2  
 Indeks Fungsi Output : 1  
 Indeks Operator (And=1 Or=2) : 1

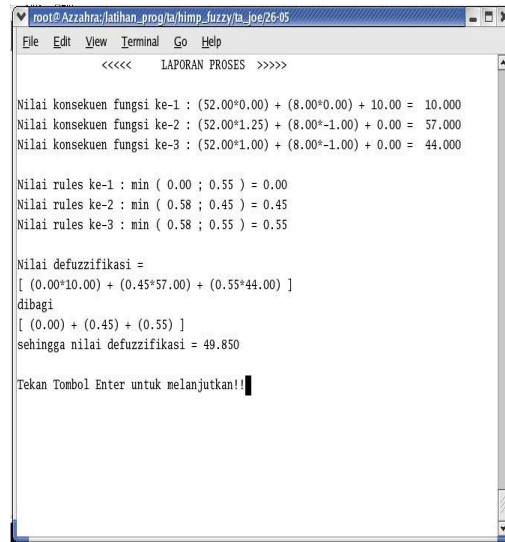
Indeks himpunan ke-1 dari input ke-1 merujuk pada kata **permintaan TURUN**, indeks himpunan ke-2 dari input ke-2 merujuk pada kata **persediaan BANYAK**. Sedangkan indeks fungsi output = 1 karena merujuk pada **produksi barang = 1000**. Data aturan tersebut jenis operator yang digunakan adalah **And** maka indeks yang dimasukkan adalah 1.

Selain membangun sistem, perangkat lunak sistem inferensi fuzzy juga menyediakan fasilitas editing. Editing berfungsi untuk mengedit data masukan. Terdapat 3 fungsi utama editing, yaitu untuk mengubah, menambah, dan menghapus data masukan.



Gambar 4.7. Menu edit data

Sistem juga menyediakan fasilitas observasi dalam bentuk laporan data masukan, meliputi laporan data variabel input dan himpunan, data fungsi output, data aturan, dan proses perhitungan tiap masukan data sehingga diperoleh nilai defuzzifikasi.



```
root@Azzahra:latihan_prog/ta/himp_fuzzy/ta_joe26-05
File Edit View Terminal Go Help
<<<<< LAPORAN PROSES >>>>>

Nilai konsekuen fungsi ke-1 : (52.00*0.00) + (8.00*0.00) + 10.00 = 10.000
Nilai konsekuen fungsi ke-2 : (52.00*1.25) + (8.00*-1.00) + 0.00 = 57.000
Nilai konsekuen fungsi ke-3 : (52.00*1.00) + (8.00*-1.00) + 0.00 = 44.000

Nilai rules ke-1 : min ( 0.00 ; 0.55 ) = 0.00
Nilai rules ke-2 : min ( 0.58 ; 0.45 ) = 0.45
Nilai rules ke-3 : min ( 0.58 ; 0.55 ) = 0.55

Nilai defuzzifikasi =
[ (0.00*10.00) + (0.45*57.00) + (0.55*44.00) ]
dibagi
[ (0.00) + (0.45) + (0.55) ]
sehingga nilai defuzzifikasi = 49.850

Tekan Tombol Enter untuk melanjutkan!!
```

Gambar 4.8. Laporan proses perhitungan dan hasil defuzzifikasi

#### 4.2 Keterbatasan Aplikasi

Secara keseluruhan sistem inferensi fuzzy metode Sugeno telah berjalan baik sesuai dengan kebutuhan yang ada. Tetapi masih ada beberapa kekurangan, antara lain:

1. Kemampuan sistem hanya dapat menerima satu kata (*string*) penamaan variabel.
2. Pemakaian array statis. Sistem hanya menyediakan 100 fuzzy set, yaitu hanya mampu membangun sistem dengan jumlah data variabel input, fungsi output, dan aturan maksimal 100 buah.
3. Antarmuka sistem hanya berbasiskan mode teks, sehingga kurang *user friendly* dibandingkan sistem berbasis GUI (*graphical user interface*).
4. Pengolahan data masukan hanya ditujukan kepada data bilangan (baik *integer* atau *float/real*). Sistem tidak memproses data masukan *string/character*.

### 5 PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan penjelasan cara kerja sistem dalam bab-bab sebelumnya, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengujian sistem telah dilakukan terhadap 2 buah sistem operasi, yaitu : Red Hat 9.0 dan Windows 98. Hasil pengujian menunjukkan, sistem dapat menjalankan semua fungsi program dengan baik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem inferensi fuzzy metode Sugeno merupakan salah satu aplikasi yang *multiplatform*.
2. Tersedianya fasilitas editing untuk mengubah, menambah, dan menghapus data menjadikan sistem bersifat dinamis.
3. Kemampuan sistem untuk menyimpan data agar dapat dibaca dan diedit kembali menjadikan

sistem inferensi fuzzy tergolong sistem yang fleksibel.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan paparan sub-bab 3.5 **Batasan Pengembangan Aplikasi** di atas, maka ada beberapa saran yang diajukan untuk pengembangan sistem agar menjadi sebuah sistem yang lebih baik, yaitu:

1. Pembangunan antarmuka berbasis GUI (*graphical user interface*) untuk memudahkan pengguna dalam mengoperasikannya, tanpa menghilangkan karakteristik utama sistem yang *portable* dan *multiplatform*.
2. Sistem diharapkan mampu untuk membaca dan mengolah data dari perangkat lunak lain yang menyediakan fasilitas sistem inferensi fuzzy metode Sugeno. Sebagai contoh, file teks *.fis* dari Matlab.
3. Sistem yang dikembangkan saat ini masih menggunakan *array* statis. Sehingga sangat disarankan untuk menggunakan *array* dinamis dalam pengembangan sistem selanjutnya.
4. Sistem juga diharapkan mampu mengolah data masukan berupa data *string* sangat membantu terutama pada saat pengguna memasukkan data aturan sistem.
5. Letak penyimpanan file sebaiknya lebih fleksibel. Sistem diharapkan menyediakan fasilitas bagi pengguna untuk menentukan sendiri letak direktori penyimpanan data sistem.

#### REFERENSI

- [COX93] Cox, Earl. *The Fuzzy Systems Handbook*. New York: AP Professional, 1993.
- [HAR04] Hartanto, Budi. *Memahami Logika Pembuatan Program C Secara Mudah*. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2004.
- [KUS02] Kusumadewi, Sri. *Analisis dan Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Tool Box Matlab*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2002.