

ALAT BANTU SISTEM INFERENSI FUZZY DENGAN MENGGUNAKAN METODE SUGENO ORDE SATU

Astri Wuragil¹

¹as3kayla@gmail.com

Abstract

Sugeno Fuzzy Inference System is toolbox to build fuzzy logic system based on Sugeno Methode. The main system feature is on the flexibility which means that the system facilitates the user to modificate the data, the data is used in each platform, and also work for multy operation system. For the probability and multyplatforms, ssistem is created by language program. There four variables which must be involved to the system to operate well, such as: variabel data input, data accociation entry, output function data, sequence data. The feature of sugeno can be seen from function data form of output as linier equation. Output is fro deffuzzification.

Key words: Fuzzy Logic, Fuzzy Interference System, Sugeno Methode, Deffuzzification

Abstrak

Sugeno Fuzzy Inference System adalah toolbox untuk membangun sistem logika fuzzy berdasarkan Metode Sugeno. Karakteristik sistem utama adalah pada fleksibilitas yang berarti sistem memfasilitasi pengguna untuk memodifikasi sistem data, dapat digunakan dalam setiap jenis platform, dan juga bekerja untuk sistem operasi multi. Untuk portabilitas dan tujuan multiplatform, Sistem diciptakan dengan bahasa pemrograman. Ada 4 jenis variabel yang harus dimasukkan ke sistem sehingga dapat bekerjabenar, yaitu: input data variabel, data yang asosiasi masukan, data yang fungsi output, dan data aturan. Karakteristik Sugeno ini dapat dilihat dari bentuk data fungsi output sebagai persamaan linear. Output dari sistem defuzzifikasi.

Kata kunci: Fuzzy Logic, Fuzzy Inference System, Metode Sugeno, Defuzzifikasi

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 fleksibelitasnya.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membangun sistem inferensi fuzzy yang fleksibel, maksudnya sistem inferensi fuzzy dapat digunakan oleh berbagai *platform* system operasi (*multiplatform*), mudah untuk dilakukan perubahan (*dynamic*) serta memiliki portabilitas untuk berbagai mesin, media penyimpan data elektronis, dan berbagai media transfer data.

2. LANDASAN 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) system 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, system 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 berbedadalam logika fuzzy, sehingga ketidakpastian dari sistem fuzzy tidak dapat direpresentasikan secara baik dalam kerangka ini. (Sri Kusumadewi, 2002)

2.2 Model Fuzzy Sugeno Orde-Nol

Secara umum bentuk model fuzzy Sugeno Orde-Nol adalah:

IF ($1x$ is $1A$) $\cdot$ ($2x$ is $2A$) $\cdot$ ($3x$ is $3A$) $\cdot$... $\cdot$ (nx is nA) 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 ($1x$ is $1A$) $\cdot$... $\cdot$ (nx is nA) THEN $z = 1p \cdot 1x + \dots + 2p \cdot 2x + q$

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. (Sri Kusumadewi, 2002)

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:
 - 1) Kurva Linier: Linier naik dan Linier turun
 - 2) Kurva Segitiga
 - 3) Kurva Trapesium
 - 4) Kurva Bahu: Bahu kiri dan Bahu kanan
 - 5) Kurva S: S-penyusutan dan S-pertumbuhan

- 6) 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:

1. fungsi pembacaan data variabel input
2. fungsi pembacaan data fungsi output
3. fungsi pembacaan data aturan
4. fungsi penentuan nilai keanggotaan himpunan
5. fungsi penentuan nilai konsekuen
6. fungsi pengaplikasian operator / penentuan nilai α
7. 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:
$$\text{IF } (1 \text{ x is } 1 \text{ A}) \cdot \dots \cdot (n \text{ x is } n \text{ A}) \text{ THEN } z$$
$$= 1 \text{ p} * 1 \text{ x} + \dots + 2 \text{ p} * 2 \text{ x} + q$$
Dengan A_i adalah himpunan fuzzy ke- i sebagai anteseden dan p_i adalah suatu konstanta (tegaskan) ke- i dan q juga merupakan konstanta dalam konsekuen.
8. Penulisan tiap data fungsi output memiliki rumusan: **jumlah input + 1**
9. Data fungsi output adalah suatu persamaan linear dengan format :
$$a x_1 + b x_2 + \dots + x_n + C$$

Keterangan:

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

10. Sistem hanya menggunakan operator dasar 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 5.000 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;

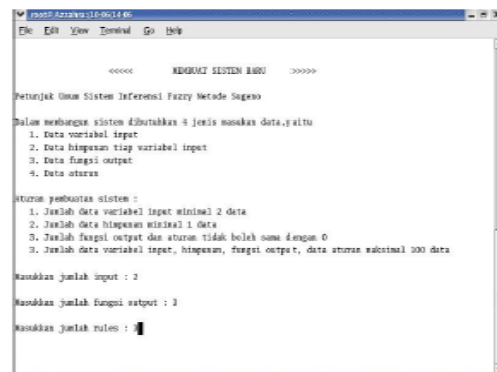
[R2] IF permintaan NAIK AND persediaan SEDIKIT THEN produksi barang = $1.25 \times \text{permintaan} - \text{persediaan}$;

[R3] IF permintaan NAIK AND persediaan BANYAK THEN produksi barang = $\text{permintaan} - \text{persediaan}$;

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:

4.2 Langkah 1: Memasukkan Jumlah Data Utama Sistem

1. Jumlah variabel input = 2
2. Jumlah data fungsi output = 3
3. Jumlah data aturan = 3



Gambar 4.2. Membuat sistem baru

4.3 Langkah 2: Memasukkan Data Variabel Input

Terdapat 2 variabel input fuzzy yang akan dimodelkan, yaitu:

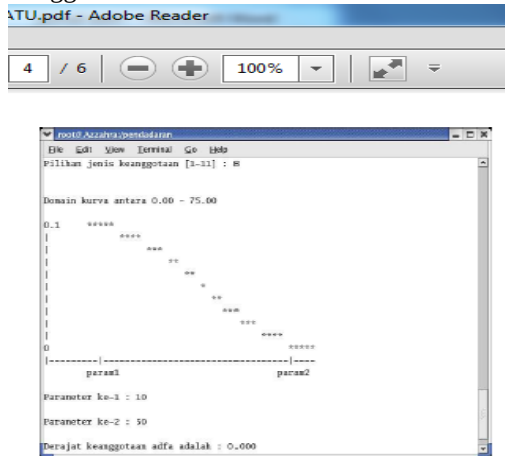
1. Permintaan, terdiri atas 2 himpunan : NAIK dan TURUN.
2. Persediaan, terdiri atas 2 himpunan : BANYAK dan SEDIKIT.

Variabel permintaan direpresentasikan menggunakan kurva berbentuk S pada domain/batasan 10.000 (asumsi:

permintaan minimum) sampai dengan 75.000 (permintaan maksimum).

4.4 Langkah 3: Memasukkan Data Himpunan

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



Gambar 4.3. Pengisian data himpunan TURUN

4.5 Langkah 4: Memasukkan Data Fungsi Output

Dari data aturan diperoleh data output:

- [R1] produksi barang = 1.000;
- [R2] produksi barang = $1.25 * \text{permintaan} - \text{persediaan}$;
- [R3] produksi barang = $\text{permintaan} - \text{persediaan}$;

Misal, dari data ke-2 berisi pernyataan :

$1.25 * \text{permintaan} - \text{persediaan}$
dipresentasikan 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 system 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:
 $(\text{koef } 1) * (\text{nilai cari var})$

$\text{input } 1) + (\text{koef } 2) * (\text{nilai cari var input } 2) + \dots + (\text{koef } n) * (\text{nilai cari var } n) + C$

4.6 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 = $1.25 * \text{permintaan} - \text{persediaan}$;
- [R3] IF permintaan NAIK AND persediaan BANYAK THEN produksi barang = $\text{permintaan} - \text{persediaan}$;

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

Data Aturan Ke-1

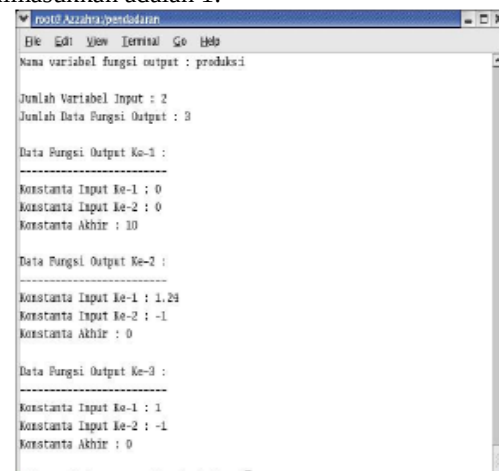
Indeks Himp Dari Var Input Ke-1 : 1

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.



Gambar 4.4. Pengisian data aturan

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.

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

5. Kesimpulan

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

1. Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan sistem operasi Windows XP. 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.

6. Saran

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. Letak penyimpanan file sebaiknya lebih fleksibel. Sistem diharapkan menyediakan fasilitas bagi pengguna untuk menentukan sendiri letak direktori penyimpanan data sistem.

Daftar Pustaka

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