

MEMBANGUN TOOLBOX ALGORITMA EVOLUSI FUZZY UNTUK MATLAB

Syafiul Muzid¹, Sri Kusumadewi²

¹Sekolah Pascasarjana Magister Ilmu Komputer, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
e-mail: aakzid@yahoo.com

²Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
e-mail: cicie@fti.uui.ac.id

ABSTRAKSI

Algoritma evolusi fuzzy adalah sebuah teknik komputasi hasil perpaduan antara algoritma genetika dengan sistem fuzzy. Dalam algoritma evolusi fuzzy, tahapan proses sebuah masalah dapat diselesaikan seperti tahapan yang ada dalam algoritma genetika. Namun untuk penentuan parameter-parameter genetika seperti halnya nilai probabilitas rekombinasi (crossover) dan nilai probabilitas mutasi dihasilkan melalui sistem fuzzy. Algoritma evolusi fuzzy diharapkan menghasilkan hasil yang lebih optimal.

MATLAB adalah sebuah perangkat lunak yang mempunyai beberapa toolbox yang menerapkan konsep algoritma genetika dan logika fuzzy. Sedangkan toolbox yang menerapkan konsep algoritma evolusi fuzzy sampai saat ini belum tersedia.

Diharapkan dengan adanya toolbox yang menerapkan konsep algoritma evolusi fuzzy dapat membantu pengguna untuk mempelajari dan memanfaatkan dari algoritma evolusi fuzzy..

Kata kunci: Algoritma genetika, fuzzy, toolbox, Matlab, Evolusi, Algoritma evolusi fuzzy.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi informasi yang semakin pesat membuat manusia untuk memanfaatkan teknologi tersebut semakin tinggi. Konon, komputer hanya sebagai alat bantu untuk pekerjaan manusia. Namun sekarang tidak dapat dipungkiri bahwa komputer telah mampu menggantikan manusia untuk melakukan sebuah pekerjaan.

Hal itu semakin terbukti ketika mulai munculnya metode-metode komputasi yang dapat dikerjakan oleh komputer. *Soft Computing* adalah suatu model pendekatan untuk melakukan komputasi dengan meniru akal manusia dan memiliki kemampuan untuk menalar dan belajar pada lingkungan yang penuh dengan ketidakpastian [JAN97]. *Soft Computing* dimanfaatkan untuk memecahkan masalah dengan menggunakan pendekatan dalam melakukan penalaran. Proses pendekatan tersebut dapat dilakukan dengan fungsional maupun melalui pencarian random.

Diantara komponen pembentuk *soft computing* adalah sistem fuzzy, komputasi evolusioner atau algoritma genetika, dan penalaran dengan probabilitas. Setiap komponen dapat berdiri sendiri dalam implementasinya. Penerapan suatu komponen dalam suatu masalah akan menghasilkan suatu hasil yang dapat diterima, akan tetapi belum tentu maksimal.

Dengan bermunculannya metode-metode komputasi tersebut, terdapat beberapa perangkat lunak yang memberikan kemudahan bagi pengguna untuk memanfaatkan metode-metode tersebut dengan fasilitas *toolbox*. MATLAB merupakan salah satu perangkat lunak yang memberikan fasilitas tersebut.

Toolbox dalam perangkat lunak MATLAB merupakan perpustakaan fungsi yang membantu pengguna untuk memecahkan suatu kelompok permasalahan dengan perangkat lunak MATLAB sesuai dengan konsep penyelesaian yang diinginkannya. Penggunaan *toolbox* tersebut bersifat dinamis yang mana dapat menyelesaikan beberapa jenis masalah yang berbeda. Pada *toolbox* tersebut dapat ditambahkan fungsi-fungsi baru yang akan lebih membantu pengguna dalam menyelesaikan suatu masalah dengan cepat.

Pada MATLAB sudah ada beberapa *toolbox* yang sudah ter-generate didalamnya. *Toolbox* tersebut antara lain adalah *Fuzzy Logic Toolbox* yang menerapkan konsep algoritma logika fuzzy dan *Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox* yang menerapkan konsep algoritma genetika.

Seiring berjalannya waktu, karena penerapan suatu komponen dalam suatu masalah akan menghasilkan suatu hasil yang dapat diterima, akan tetapi belum tentu maksimal. Akhirnya muncul sebuah ide yang menggabungkan antar metode yang ada, antara lain muncul metode Evolusi Fuzzy, yaitu gabungan dari metode algoritma genetika dan sistem fuzzy. Dimana parameter-parameter yang biasanya ada dalam algoritma genetika didapatkan dari sistem fuzzy.

Metode yang baru muncul ini belum dapat difasilitasi oleh MATLAB sebagai salah satu perangkat lunak yang menerapkan teknik komputasi.

1.2 Rumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang masalah yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat dirumuskan permasalahannya, yaitu: Bagaimana merancang dan membangun serta

mengimplementasikan sebuah *toolbox* yang menggunakan konsep algoritma evolusi fuzzy?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan memiliki beberapa tujuan, antara lain:

1. Membantu pengguna untuk memahami teori algoritma evolusi fuzzy dengan mudah.
2. Membuat *toolbox* dalam MATLAB untuk penerapan konsep algoritma evolusi fuzzy.
3. Membuat fungsi baru dalam MATLAB untuk penerapan konsep algoritma evolusi fuzzy yang bisa digunakan secara dinamis oleh pengguna.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian yang dilakukan ini diharapkan dapat memberi manfaat antara lain:

1. Menambah perbendaharaan perangkat lunak, terutama di bidang sistem cerdas dengan MATLAB.
2. Sistem yang dibuat dapat digunakan untuk mengimplementasikan *toolbox* algoritma evolusi fuzzy dengan mudah.
3. Menghasilkan fungsi-fungsi baru yang menerapkan algoritma evolusi fuzzy yang dapat digunakan oleh pengguna.

1.5 Metodologi Penelitian

Adapun metode-metode yang akan digunakan adalah dengan menggunakan metode *flow chart* (diagram alir), karena dirasa paling cocok untuk menyelesaikan masalah yang akan dihadapi.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Algoritma Evolusi Fuzzy (Fuzzy Evolutionary Algorithm)

Algoritma evolusi fuzzy adalah sebuah teknik komputasi gabungan antara algoritma genetika dan logika fuzzy. Metode ini hampir sama dengan metode algoritma genetika, namun parameter-parameter yang dipakai dihasilkan dari sebuah sistem fuzzy.

Dalam algoritma evolusi fuzzy, proses yang terjadi atau alur proses sama seperti dengan algoritma genetika, yang dikenalkan oleh John Holland dari Universitas Michigan (1975), dimana algoritma genetika merupakan teknik pencarian heuristik berdasar mekanisme evolusi biologis yang meniru dari teori Darwin dan operasi genetika pada kromosom.

Dalam algoritma evolusi fuzzy terdapat enam tahap utama, yaitu:

1. Representasi kromosom.
2. Inisialisasi Populasi.
3. Fungsi evaluasi.
4. Seleksi.
5. Operator genetika, meliputi operator rekombinasi (*crossover*) dan mutasi.
6. Penentuan parameter, yaitu parameter kontrol algoritma genetika, yaitu: ukuran populasi (*popsiz*), peluang *crossover* (*pc*), dan peluang mutasi (*pm*). Dalam penentuan

parameter ini dilakukan proses sistem fuzzy untuk mendapatkan nilai yang akan digunakan sebagai parameter.

2.2 Algoritma Fuzzy Evolusi Model Xu

Pada algoritma evolusi fuzzy terdapat berbagai metode yang digunakan dalam perpaduan antara algoritma genetika dan sistem fuzzy.

Diantaranya adalah model yang dikemukakan oleh Xu, yaitu algoritma evolusi fuzzy yang sistem fuzzy digunakan pada penentuan parameter adalah menggunakan sistem inferensi fuzzy metode mamdani. Metode mamdani ini juga dikenal dengan metode Max-Min. Metode ini dikenalkan oleh Ebrahim Mamdani (1975). Metode mamdani yang digunakan oleh Xu untuk algoritma evolusi fuzzy adalah menggunakan dua (2) buah masukan dan dua (2) buah keluaran.

Dua buah masukan yang digunakan adalah:

1. Jumlah Populasi yang digunakan.
2. Jumlah generasi yang akan diproses.

Sedangkan dua buah keluaran yang akan dihasilkan adalah:

1. Nilai probabilitas rekombinasi (*crossover*).
2. Nilai probabilitas mutasi.

Dalam menentukan nilai yang dihasilkan melalui sistem fuzzy perlu dibuat aturan-aturan fuzzy yang digunakan untuk penentuan hasil.

Dalam model Xu aturan fuzzy yang digunakan didasarkan dari masukan jumlah populasi yang diinginkan serta jumlah maksimum generasi. Dari dua masukan tersebut akan menghasilkan nilai untuk probabilitas rekombinasi dan probabilitas mutasi. Aturan yang ditentukan oleh Xu dapat dilihat dalam tabel 2.1 dan tabel 2.2.

Tabel 1. Aturan untuk nilai probabilitas rekombinasi (*crossover*)

<i>Pc</i>	<i>Population Size</i>		
Generation	small	medium	large
short	medium	small	small
medium	large	large	medium
long	very large	very large	large

Tabel 2. Aturan untuk nilai probabilitas mutasi.

<i>Pm</i>	<i>Population Size</i>		
Generation	small	medium	large
short	large	medium	small
medium	medium	small	very small
long	small	very small	very small

Dengan aturan diatas, jumlah populasi dan maksimum generasi yang dimasukkan akan dianalisa dengan metode Mamdani, sehingga didapatkan nilai probabilitas *crossover* dan probabilitas mutasi yang mana akan dipakai dalam iterasi.

Dalam algoritma evolusi fuzzy, aturan-aturan fuzzy yang telah dibuat harus sudah diimplementasikan terlebih dahulu sebelum proses iterasi dilakukan. Dari model Xu yang digunakan

sesuai tabel 2.1 dan tabel 2.2 didapatkan sebanyak sembilan (9) aturan, yaitu:

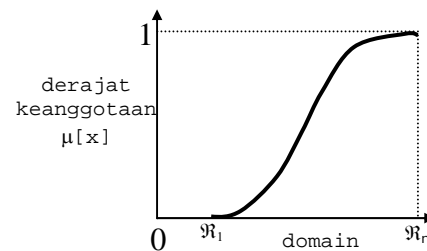
- IF (Populasi is SMALL) AND (Generasi is SHORT)
THEN (ProbCrossover is MEDIUM) AND (ProbMutasi is LARGE).
- IF (Populasi is MEDIUM) AND (Generasi is SHORT)
THEN (ProbCrossover is SMALL) AND (ProbMutasi is MEDIUM).
- IF (Populasi is LARGE) AND (Generasi is SHORT)
THEN (ProbCrossover is SMALL) AND (ProbMutasi is SMALL).
- IF (Populasi is SMALL) AND (Generasi is MEDIUM)
THEN (ProbCrossover is LARGE) AND (ProbMutasi is MEDIUM).
- IF (Populasi is MEDIUM) AND (Generasi is MEDIUM)
THEN (ProbCrossover is LARGE) AND (ProbMutasi is SMALL).
- IF (Populasi is LARGE) AND (Generasi is MEDIUM)
THEN (ProbCrossover is MEDIUM) AND (ProbMutasi is VERYSMALL).
- IF (Populasi is SMALL) AND (Generasi is LONG)
THEN (ProbCrossover is VERYLARGE) AND (ProbMutasi is SMALL).
- IF (Populasi is MEDIUM) AND (Generasi is LONG)
THEN (ProbCrossover is VERYLARGE) AND (ProbMutasi is VERYSMALL).
- IF (Populasi is LARGE) AND (Generasi is LONG)
THEN (ProbCrossover is LARGE) AND (ProbMutasi is VERYSMALL).

Aturan-aturan di atas akan diimplementasikan dalam sistem fuzzy mamdani, tetapi perlu diperhatikan supaya sistem fuzzy mamdani dapat menghasilkan hasil tentunya diperlukan semesta pembicaraan dan domain yang memberikan nilai batas untuk setiap himpunan yang ada pada tiap variabel. Misal nilai untuk semesta pembicaraan pada variabel populasi adalah [0 100], yang berarti dalam variabel populasi memiliki batas semesta pembicaraan mulai batas nilai nol (0) sampai nilai seratus (100). Sedangkan misal domain untuk himpunan SMALL pada variabel populasi adalah [20 50], yang berarti batas populasi dikatakan SMALL jika bernilai antara duapuluh (20) dan limapuluh (50).

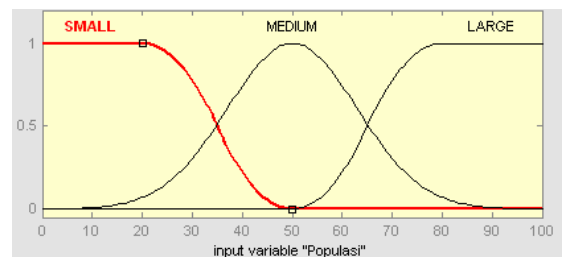
Selain itu, diperlukan juga fungsi keanggotaan yang menjelaskan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Misal fungsi keanggotaan untuk himpunan LARGE pada variabel populasi menggunakan fungsi kurva S seperti pada gambar 1.

Adapun semesta pembicaraan dan domain yang digunakan dalam model Xu, ditentukan oleh peneliti karena hal ini belum ditemukan studi literatur yang menjelaskan tentang hal ini. Gambar 1 sampai gambar 4 adalah gambar yang

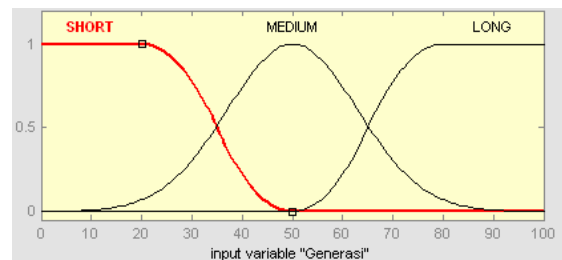
menjelaskan tentang semesta pembicaraan dan domain yang digunakan peneliti.



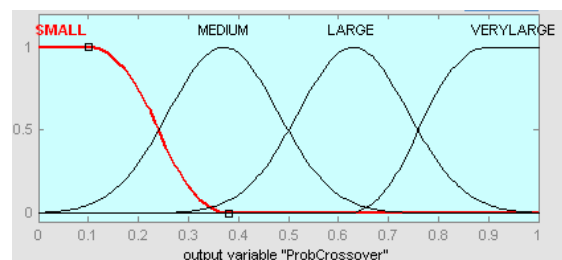
Gambar 1. Fungsi keanggotaan himpunan LARGE pada variabel populasi.



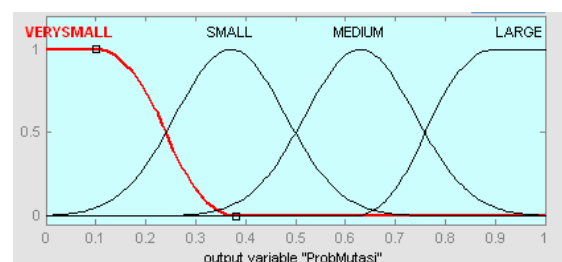
Gambar 1. Semesta pembicaraan dan domain untuk variabel populasi.



Gambar 2. Semesta pembicaraan dan domain untuk variabel generasi.

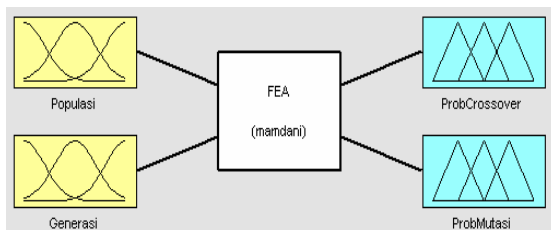


Gambar 3. Semesta pembicaraan dan domain untuk variabel probabilitas crossover.



Gambar 4. Semesta pembicaraan dan domain untuk variabel probabilitas mutasi.

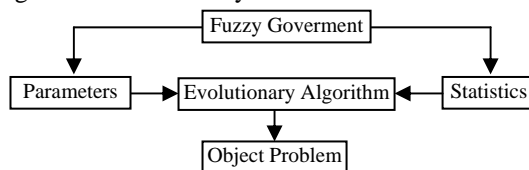
Dibawah ini ini adalah gambar proses sistem fuzzy mamdani yang digunakan di atas.



Gambar 5. Alur proses sistem fuzzy mamdani.

2.3 Arsitektur Algoritma Evolusi Fuzzy

Gambar 6 adalah gambar arsitektur dari algoritma evolusi fuzzy.



Gambar 6. Arsitektur algoritma evolusi fuzzy

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa proses yang digunakan dalam algoritma evolusi fuzzy bahwa nilai statistik dari populasi dan generasi yang ada dimasukkan dalam proses fuzzy sehingga menghasilkan parameter yang kemudian akan digunakan dalam proses algoritma genetika sehingga akan menghasilkan keluaran akhir.

3. PEMBAHASAN

3.1 Analisis dan Perancangan Sistem

Perangkat lunak yang dikembangkan diberi nama FEA (*Fuzzy Evolutionary Algorithm*), yang dibangun menggunakan perangkat lunak MATLAB.

a. Masukan sistem

Masukan yang akan digunakan adalah:

1. Fungsi untuk pencarian nilai fitness.
2. Jumlah variabel.
3. Jumlah bit untuk setiap variabel.
4. File fuzzy yang akan digunakan untuk mencari nilai parameter probabilitas rekombinasi dan probabilitas mutasi.
5. Jumlah populasi.
6. Jumlah maksimum generasi.
7. Model representasi kromosom beserta parameter kromosom.
8. Model seleksi.
9. Model rekombinasi (*crossover*).
10. Model mutasi.
11. Jumlah kromosom yang akan dipertahankan (*elitisme*).
12. Model plot, yang mana akan menjadi keluaran sistem.

b. Keluaran sistem

Adapun keluaran dari sistem algoritma evolusi fuzzy adalah berupa grafik himpunan setelah melalui proses iterasi serta nilai fitness terbaik, nilai fitness terburuk, nilai fitness rata-rata

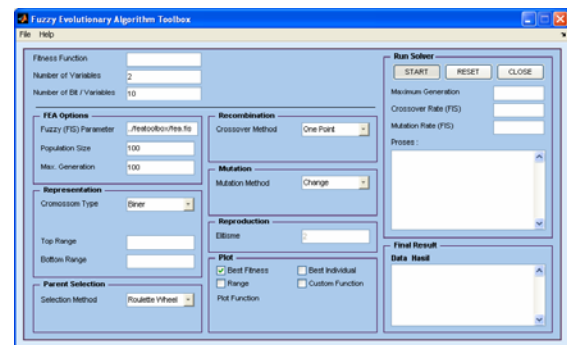
serta nilai terbaik untuk setiap individu yang ditampilkan pada *command windows*.

3.2 Implementasi Sistem

Dalam sistem yang dibangun hanya dibutuhkan satu (1) buah jendela utama sebagai pusat interaksi pengguna dengan sistem, dan satu (1) buah jendela keluaran sebagai hasil dari proses sistem.

a. Jendela utama

Dalam toolbox yang dibuat hanya menggunakan sebuah form yaitu halaman utama, sekaligus sebagai tempat pengguna berinteraksi dengan perangkat lunak ini. Pengguna dapat memasukkan model-model variabel input serta parameter-parameter yang akan digunakan dalam iterasi proses. Seperti gambar 7.



Gambar 7. Jendela utama

3.3 Hasil Pengujian

Pengujian program perangkat lunak *toolbox* algoritma evolusi fuzzy bertujuan untuk mengetahui apakah perangkat lunak tersebut sudah dapat berjalan sesuai dengan fungsi-fungsi yang diharapkan dan apakah sudah sesuai dengan tujuan dari pembuatan perangkat lunak tersebut. Dalam pengujian digunakan suatu masalah optimasi fungsi sederhana dimana menggunakan *toolbox* algoritma evolusi fuzzy untuk mencari nilai minimal dari sebuah fungsi h seperti dibawah ini dengan $x_1, x_2 \in [0; 1]$, karena hasil yang diinginkan adalah minimalisasi maka dalam pendeklarasian fungsi fitness adalah $1/h$.

$$h(x_1, x_2) = 1000(x_1 - 2x_2)^2 + (1 - x_1)^2 \dots (1)$$

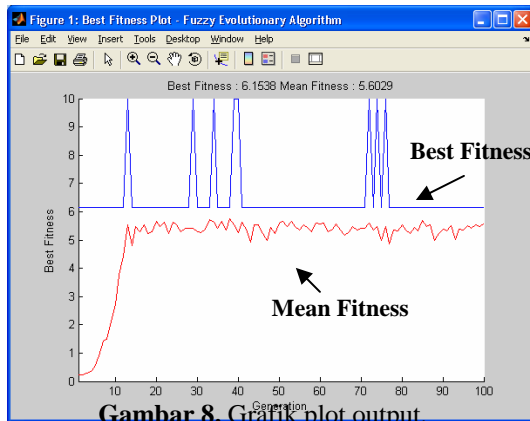
Diasumsikan fungsi diatas dibuat dalam bahasa MATLAB dengan nama fungsinya **FeaEvaluateFcn**.

Contoh:

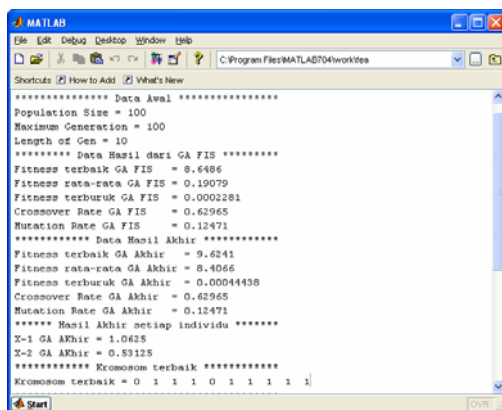
- Fitness Function : FeaEvaluateFcn
- Number of Variabel : 2
- Number of Bit : 5
- File FIS : default
- Population Size : 100
- Max. Generation : 100
- Cromossom Type : Biner
- Top Range : 1
- Bottom Range : 0
- Selection Method : Roulette Wheel

- Crossover Method : One Point
- Mutation Method : Change
- Plot Function : Best Fitness

Setelah pengguna memasukkan input, dan memilih tombol "START", maka grafik output akan keluar, seperti pada gambar 8. Sedang gambar 9 adalah contoh hasil keluaran proses algoritma evolusi fuzzy yang muncul pada command windows.



Gambar 8. Grafik plot output



Gambar 9. Hasil keluaran yang muncul pada command windows.

3.4 Hasil Analisis

Dari hasil pengujian diatas dapat diambil kesimpulan dari kinerja program toolbox algoritma evolusi fuzzy yaitu:

- a. Pengecekan kesalahan (*error handling*) yang bersifat masukan pengguna dapat dilakukan oleh sistem.
- b. Dapat menghasilkan hasil optimal dari iterasi.
- c. Fungsi yang dibuat dapat dipakai dalam versi *Command Windows*.

4. PENUTUP

4.1 Simpulan

Setelah melalui tahapan analisis, desain, pengkodean dan pengujian maka penulis dapat mengambil beberapa kesimpulan bahwa sistem *toolbox* algoritma evolusi fuzzy akan dapat membantu pengguna untuk menggunakan metode algoritma evolusi fuzzy, antara lain :

- a. Membantu pengguna untuk mempelajari algoritma evolusi fuzzy dengan mudah.

- b. Membantu pengguna untuk mengimplementasikan masalah yang ada dengan toolbox algoritma evolusi fuzzy.
- c. Membantu pengguna untuk menggunakan fungsi baru yang dibuat.
- d. Memberikan hasil yang lebih optimum dalam suatu permasalahan yang diselesaikan dengan metode algoritma evolusi fuzzy.

4.2 Saran

Saran untuk pengembangan algoritma evolusi fuzzy adalah:

- a. Diharapkan dalam pengembangan perangkat lunak selanjutnya dapat lebih dinamis dan fleksibel dengan data-data input.
- b. Diharapkan dalam pengembangan perangkat lunak selanjutnya menggunakan model-model yang lebih lengkap.
- c. Diharapkan dalam pengembangan perangkat lunak selanjutnya antarmuka bisa lebih *user friendly*.

PUSTAKA

- [AWA06] Away, G.A., *The Shortcut of MATLAB Programming*, Bandung, Informatika, 2006.
- [CHA98] Chanas, S., dan Kuchta, D. *Fuzzy Integer Transportation Problem*. *Journal in Fuzzy Set & System* 98 hlm. 291 – 298, 1998.
- [GEN97] Gen, M., dan Cheng, R., *Genetic Algorithms and Engineering Design*, New York, John Wiley & Sons, Inc, 1997.
- [JAN97] Jang, J.S.R., Sun, C.T., dan Mizutani, E., *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*. London, Prentice Hall, 1997.
- [KUS02] Kusumadewi, S, *Analisis Desain Sistem Fuzzy menggunakan Toolbox MATLAB*, Yogyakarta, Graha Ilmu, 2002.
- [KUS03] Kusumadewi, S. *Artificial Intelligence : Teknik dan Aplikasinya*. Yogyakarta , Graha Ilmu, 2003.
- [KUS05] Kusumadewi, S, dan Purnomo, H., *Penyelesaian Masalah Optimasi dengan Teknik-teknik Heuristik*, Yogyakarta, Graha Ilmu, 2005.
- [SUY05] Suyanto, *Algoritma Genetika dalam MATLAB*, Yogyakarta, ANDI Offset, 2005.
- [TET01] Tettamanzi, A., dan Tomassini, M., *Soft Computing*, New York, Springer, 2001.