

IMPLEMENTASI ALGORITMA FUZZY EVOLUSI PADA PENJADWALAN PERKULIAHAN

Herny Wulandari Pangestu, Kartika Yulianti, Rini Marwati

Departemen Pendidikan Matematika FPMIPA UPI

*Surel: hernyw@ymail.com

ABSTRAK. Algoritma fuzzy evolusi merupakan perpaduan antara algoritma genetika dengan sistem fuzzy. Dalam algoritma fuzzy evolusi, tahapan-tahapannya dapat diselesaikan seperti tahapan yang terdapat pada algoritma genetika. Namun untuk penentuan parameter-parameter genetika seperti probabilitas *crossover* dan probabilitas mutasi dihasilkan melalui sistem inferensi fuzzy Tsukamoto. Aturan fuzzy yang digunakan didasarkan dari masukkan jumlah populasi dan jumlah generasi. Dari dua buah masukkan tersebut diperoleh sembilan aturan yang akan menghasilkan probabilitas *crossover* dan probabilitas mutasi. Salah satu permasalahan yang dapat diselesaikan oleh algoritma fuzzy evolusi adalah penjadwalan mata kuliah. Dalam penyusunan penjadwalan mata kuliah dibutuhkan waktu yang cukup lama dan ketelitian yang sangat tinggi. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah mengimplementasikan algoritma fuzzy evolusi pada permasalahan penjadwalan perkuliahan. Sehingga keakuratan dan kecepatan dalam menentukan jadwal kuliah dapat terpenuhi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan menerapkan sistem fuzzy pada algoritma genetika dapat mempercepat proses pencarian solusi optimal. Hal tersebut terlihat dari diperolehnya jadwal mata kuliah tanpa adanya benturan dalam satu kali proses iterasi dengan menggunakan jumlah populasi 100 dan jumlah generasi 200.

Kata kunci: Algoritma fuzzy evolusi, fuzzy Tsukamoto, algoritma genetika, penjadwalan mata kuliah

ABSTRACT. Fuzzy evolutionary algorithm is a combination of genetic algorithm with fuzzy system. In fuzzy evolutionary algorithm, phases can be completed as phase contained in genetic algorithm. However, for the determination of genetic parameters such as the probability of crossover and probability of mutation are generated by Tsukamoto fuzzy inference system. Fuzzy rules uses are based on the number of population and the number of generation. By that two input obtained nine rules will generate the probability of crossover and the probability of mutation. One of the problems that can be solved by fuzzy evolutionary algorithm is the scheduling of course. In the preparation of the course scheduling takes considerable time and very high accuracy. Therefore, the purpose of this research is implementation of fuzzy evolutionary algorithm in the course scheduling problem using. So, the accuracy and speed in determine the course schedule can be solved. The

result show that by applying the fuzzy system on genetic algorithm can speed up the process of finding the optimal solution. It is seen from obtaining a schedule of course without collisions in one iteration process by using 100 of population and 200 of generation.

Keywords: fuzzy evolutionary algorithm, fuzzy Tsukamoto, genetic algorithm, scheduling course

1. PENDAHULUAN

Menurut Jiupe (dalam tanpa nama, hlm.4) penjadwalan memiliki pengertian durasi waktu kerja yang dibutuhkan untuk melakukan serangkaian aktivitas kerja. Salah satu tujuan penjadwalan adalah untuk mengatur kegiatan supaya kegiatan tersebut berjalan lancar dan sesuai dengan perencanaan. Seperti sebuah instansi atau lembaga yang memiliki agenda-agenda penting yang harus diselesaikan secara teratur dan terlaksana dengan baik, salah satu contoh agenda tersebut adalah penjadwalan perkuliahan.

Sistem penjadwalan perkuliahan merupakan permasalahan penempatan jadwal aktivitas perkuliahan pada waktu, kelas, ruang dan dosen yang telah ditentukan (Lestari, dkk. 2014, hlm.A-419). Dalam pengaturan jadwal perkuliahan seringkali ditemukan kendala berupa benturan, baik benturan waktu, kelas ataupun ruangan. Terdapat banyak cara dan metode yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan benturan pada penjadwalan perkuliahan. Salah satu cara yang biasa digunakan adalah pengaturan secara manual namun cara tersebut membutuhkan ketelitian dan waktu yang cukup lama untuk mendapatkan hasil yang akurat. Terlebih lagi, apabila terdapat banyak batasan dan syarat yang harus dipenuhi agar diperoleh jadwal yang sesuai.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka dibutuhkan suatu sistem untuk membuat jadwal kuliah yang sesuai tanpa adanya benturan. Dalam kasus penjadwalan mata kuliah, salah satu algoritma pencarian yang tepat untuk penyelesaian permasalahan penjadwalan mata kuliah adalah algoritma genetika. Algoritma genetika pertama kali dikembangkan oleh John Holland dari Universitas Michigan (1975). Menurut Suyanto (dalam Syaiful Muzid, 2014, hlm. 471) dalam algoritma genetika terdapat tiga parameter penting yang harus didefinisikan yaitu ukuran populasi, probabilitas pindah silang (*crossover*), dan probabilitas mutasi.

Namun tidak adanya aturan baku dalam pengaturan nilai dari ukuran populasi, probabilitas *crossover*, dan probabilitas mutasi membuat kesulitan dalam pemanfaatan algoritma genetika untuk menyelesaikan permasalahan. Salah satu cara untuk mengatasi kesulitan dalam penentuan probabilitas *crossover* dan

probabilitas mutasi adalah dengan memanfaatkan penerapan dari logika fuzzy. Berdasarkan permasalahan tersebut, pada tahun 1993 Xu dan Vukovich mengembangkan sebuah model mengenai algoritma fuzzy evolusi (Syaiful Muzid, 2014, hlm.472). Algoritma fuzzy evolusi merupakan penggabungan dari algoritma genetika dan logika fuzzy.

Dari penjelasan di atas, maka dalam skripsi ini penulis mencoba menyelesaikan permasalahan penjadwalan perkuliahan menggunakan algoritma fuzzy evolusi. Dengan dipilihnya metode tersebut, diharapkan akan diperoleh solusi dari permasalahan penjadwalan perkuliahan yang optimal dengan memperhatikan berbagai batasan dan syarat serta memiliki waktu proses yang lebih cepat dibandingkan pencarian manual.

2. PEMBAHASAN

1. Algoritma Fuzzy Evolusi

Algoritma fuzzy evolusi adalah sebuah teknik komputasi yang merupakan perpaduan antara algoritma genetika dengan sistem inferensi fuzzy. Tahapan-tahapan yang ada pada algoritma fuzzy evolusi sama dengan tahapan yang ada pada algoritma genetika, yaitu :

1. Representasi kromosom.
2. Inisialisasi populasi.
3. Fungsi evaluasi.
4. Seleksi.
5. Penentuan operator genetika, yaitu probabilitas *crossover* dan probabilitas mutasi. Untuk mendapatkan parameter tersebut digunakan sistem inferensi fuzzy.
6. Operator genetika, yaitu proses *crossover* dan mutasi.

2. Sistem Inferensi Fuzzy Tsukamoto

Parameter pada algoritma genetika yang harus ditentukan adalah probabilitas *crossover*, dan probabilitas mutasi. Untuk memperoleh nilai tersebut dibutuhkan dua buah masukkan yaitu jumlah populasi dan jumlah generasi. Aturan-aturan yang dapat digunakan untuk memperoleh probabilitas *crossover* dan probabilitas mutasi dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

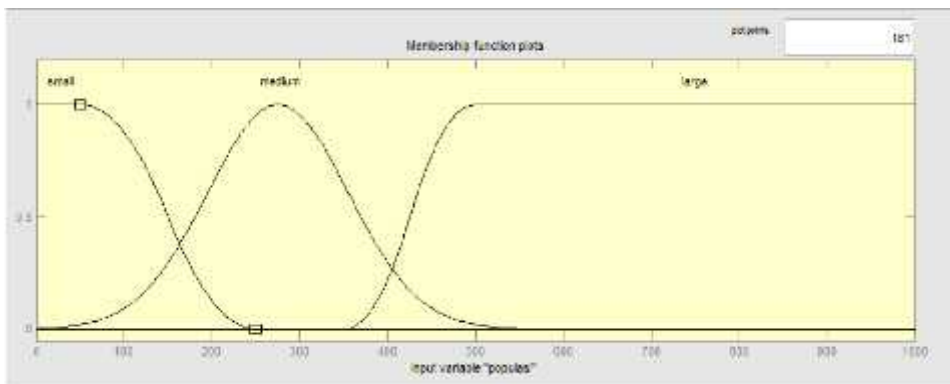
Tabel 1 Aturan untuk Nilai Probabilitas *Crossover*

Generation	Population size		
	Small	Medium	Large
Short	Medium	Small	Small
Medium	Large	Large	Medium
Long	Very large	Very large	Large

Tabel 2 Aturan untuk Nilai Probabilitas Mutasi

Generation	Population size		
	Small	Medium	Large
Short	Large	Medium	Small
Medium	Medium	Small	Very small
Long	Small	Very small	Very small

Aturan-aturan tersebut akan diimplementasikan dalam sistem inferensi fuzzy, tetapi perlu diperhatikan agar sistem inferensi fuzzy dapat menghasilkan hasil maka diperlukan semesta pembicaraan dan domain yang memberikan nilai batas untuk setiap himpunan yang ada pada setiap variabel. Semesta pembicaraan dan domain yang digunakan adalah sebagai berikut :



Gambar 1 Semesta Pembicaraan dan Domain untuk Variabel Populasi

Pada semesta pembicaraan domain untuk populasi, aturan nilai yang digunakan sebagai berikut :

- Semesta pembicaraan : $\{x: x \in \mathbb{R} | 0 \leq x \leq 1000\}$
- Domain Small : $\{x: x \in \mathbb{R} | 50 \leq x \leq 250\}$

Fungsi keanggotaan

$$s(x; 50,150,250) = \begin{cases} 1, & x \leq 50 \\ 1 - 2 \left(\frac{x - 50}{250 - 50} \right)^2; & 50 \leq x \leq 150 \\ 2 \left(\frac{250 - x}{250 - 50} \right)^2; & 150 \leq x \leq 250 \\ 0; & x \geq 250 \end{cases}$$

- Domain Medium : $\{x: x \in \mathbb{R} | 80 \leq x \leq 750\}$

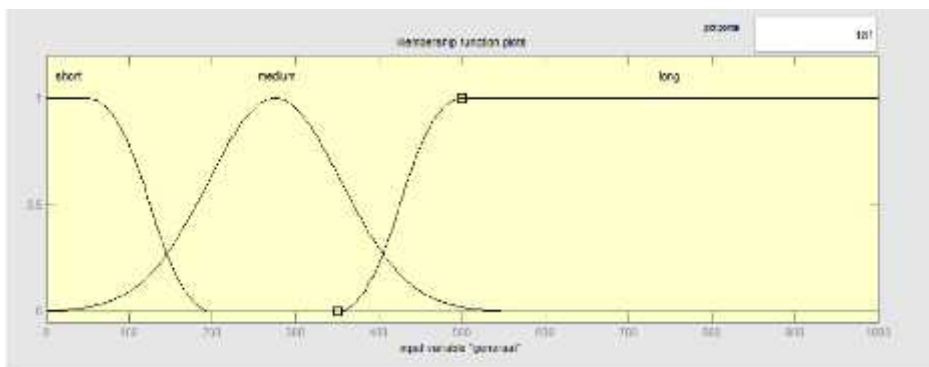
Fungsi keanggotaan

$$s(x; 80,275) = e^{-\left(\frac{x - 275}{2(80)} \right)^2}$$

- Domain Large : $\{x: x \in \mathbb{R} | 350 \leq x \leq 500\}$

Fungsi keanggotaan

$$s(x; 350,425,500) = \begin{cases} 0, & x \leq 350 \\ 2 \left(\frac{x - 350}{500 - 350} \right)^2; & 350 \leq x \leq 425 \\ 1 - 2 \left(\frac{500 - x}{500 - 350} \right)^2; & 425 \leq x \leq 500 \\ 1; & x \geq 500 \end{cases}$$



Gambar 2 Semesta Pembicaraan dan Domain untuk Variabel Generasi

Aturan nilai yang digunakan untuk semesta pembicaraan dan domain untuk variabel generasi adalah sebagai berikut :

- Semesta pembicaraan : $\{x: x \in \mathbb{R} | 0 \leq x \leq 1000\}$
- Domain Short : $\{x: x \in \mathbb{R} | 50 \leq x \leq 200\}$

Fungsi keanggotaan

$$s(x; 50,125,250) = \begin{cases} 1, & x \leq 50 \\ 1 - 2 \left(\frac{x-50}{200-50} \right)^2; & 50 \leq x \leq 125 \\ 2 \left(\frac{200-x}{200-50} \right)^2; & 125 \leq x \leq 200 \\ 0, & x \geq 200 \end{cases}$$

- Domain Medium : $\{x: x \in \mathbb{R} | 80 \leq x \leq 275\}$

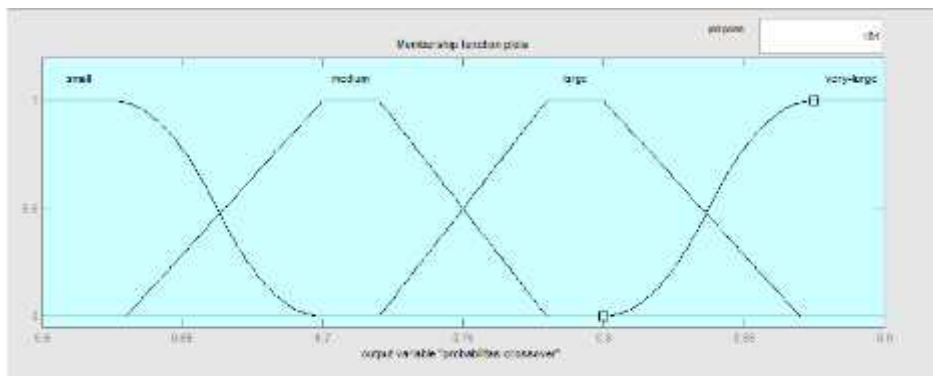
Fungsi keanggotaan

$$s(x; 80,275) = e^{-\left(\frac{-(x-275)^2}{2(80)^2} \right)}$$

- Domain Long : $\{x: x \in \mathbb{R} | 350 \leq x \leq 500\}$

Fungsi keanggotaan

$$s(x; 350,425,500) = \begin{cases} 0, & x \leq 350 \\ 2 \left(\frac{x-350}{500-350} \right)^2; & 350 \leq x \leq 425 \\ 1 - 2 \left(\frac{500-x}{500-350} \right)^2; & 425 \leq x \leq 500 \\ 1, & x \geq 500 \end{cases}$$



Gambar 3 Semesta Pembicaraan dan Domain untuk Variabel Probabilitas *Crossover*

Pada umumnya probabilitas *crossover* adalah 0,6 sampai 0,9 sehingga pada semesta pembicaraan dan domain untuk hasil output yaitu nilai probabilitas *crossover*, aturan nilai yang digunakan sebagai berikut :

- Semesta pembicaraan : $\{x: x \in \mathbb{R} | 0,6 \leq x \leq 0,9\}$
- Domain Small : $\{x: x \in \mathbb{R} | 0,625 \leq x \leq 0,7\}$

Fungsi keanggotaan

$$s(x; 0,625, 0,6225, 0,7) = \begin{cases} 1, & x \leq 0,625 \\ 1 - 2 \left(\frac{x - 0,625}{0,7 - 0,625} \right)^2; & 0,625 \leq x \leq 0,6225 \\ 2 \left(\frac{0,7 - x}{0,7 - 0,625} \right)^2; & 0,6625 \leq x \leq 0,7 \\ 0; & x \geq 0,7 \end{cases}$$

- Domain Medium : $\{x: x \in \mathbb{R} | 0,63 \leq x \leq 0,78\}$

Fungsi keanggotaan

$$s(x; 0,63, 0,7, 0,72, 0,78) = \begin{cases} 0, & x \leq 0,63 \text{ \& } x \geq 0,78 \\ \frac{x - 0,63}{0,7 - 0,63}; & 0,63 \leq x \leq 0,7 \\ 1; & 0,7 \leq x \leq 0,72 \\ \frac{0,78 - x}{0,78 - 0,72}; & 0,72 \leq x \leq 0,78 \end{cases}$$

- Domain Large : $\{x: x \in \mathbb{R} | 0,72 \leq x \leq 0,87\}$

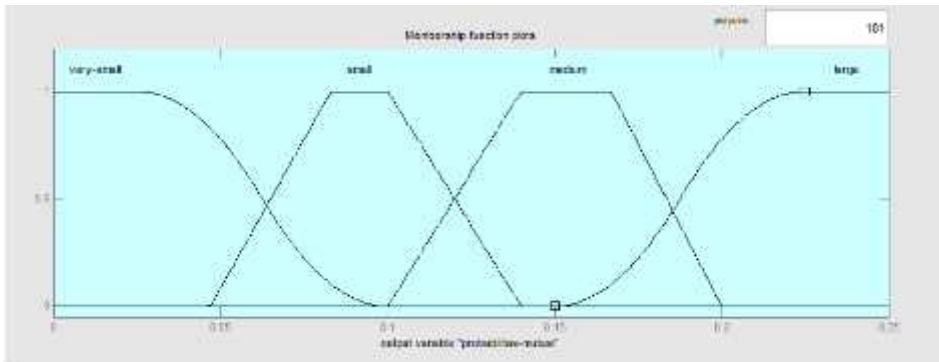
Fungsi keanggotaan

$$s(x; 0,72, 0,78, 0,8, 0,87) = \begin{cases} 0, & x \leq 0,72 \text{ \& } x \geq 0,87 \\ \frac{x - 0,72}{0,78 - 0,72}; & 0,72 \leq x \leq 0,78 \\ 1; & 0,78 \leq x \leq 0,8 \\ \frac{0,87 - x}{0,87 - 0,8}; & 0,8 \leq x \leq 0,87 \end{cases}$$

- Domain Very Large : $\{x: x \in \mathbb{R} | 0,8 \leq x \leq 0,875\}$

Fungsi keanggotaan

$$s(x; 0,8, 0,8375, 0,875) = \begin{cases} 0, & x \leq 0,8 \\ 2 \left(\frac{x - 0,8}{0,875 - 0,8} \right)^2; & 0,8 \leq x \leq 0,8375 \\ 1 - 2 \left(\frac{0,875 - x}{0,875 - 0,8} \right)^2; & 0,8375 \leq x \leq 0,875 \\ 1; & x \geq 0,875 \end{cases}$$



Gambar 4 Semesta Pembicaraan dan Domain untuk Variabel Probabilitas Mutasi

Untuk probabilitas mutasi pada umumnya sangat kecil yaitu sekitar 1 dibagi jumlah gen yang digunakan. Artinya peluang mutasi hanya terjadi pada kisaran satu gen saja pada tiap individu atau dengan kata lain probabilitas mutasi mendekati nol. Sehingga pada semesta pembicaraan dan domain untuk nilai probabilitas mutasi, aturan nilai yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Semesta pembicaraan : $\{x: x \in \mathbb{R} | 0 \leq x \leq 0,25\}$
- Domain Very Small : $\{x: x \in \mathbb{R} | 0,025 \leq x \leq 0,1\}$

Fungsi keanggotaan

$$s(x; 0,025, 0,0625, 0,1) = \begin{cases} 1, & x \leq 0,025 \\ 1 - 2 \left(\frac{x - 0,025}{0,025 - 0,1} \right)^2; & 0,025 \leq x \leq 0,0625 \\ 2 \left(\frac{0,1 - x}{0,1 - 0,025} \right)^2; & 0,0625 \leq x \leq 0,1 \\ 0; & x \geq 0,1 \end{cases}$$

- Domain Small : $\{x: x \in \mathbb{R} | 0,047 \leq x \leq 0,14\}$

Fungsi keanggotaan

$$s(x; 0,047, 0,083, 0,1, 0,14) = \begin{cases} 0, & x \leq 0,047 \text{ atau } x \geq 0,14 \\ \frac{x - 0,047}{0,083 - 0,047}; & 0,047 \leq x \leq 0,083 \\ 1; & 0,083 \leq x \leq 0,1 \\ \frac{0,14 - x}{0,14 - 0,1}; & 0,1 \leq x \leq 0,14 \end{cases}$$

- Domain Medium : $\{x: x \in \mathbb{R} | 0,1 \leq x \leq 0,2\}$

Fungsi keanggotaan

$$s(x; 0,1, 0,14, 0,167, 0,2) = \begin{cases} 0, & x \leq 0,1 \text{ atau } x \geq 0,2 \\ \frac{x-0,1}{0,14-0,1}; & 0,1 \leq x \leq 0,14 \\ 1; & 0,14 \leq x \leq 0,167 \\ \frac{0,2-x}{0,2-0,167}; & 0,167 \leq x \leq 0,2 \end{cases}$$

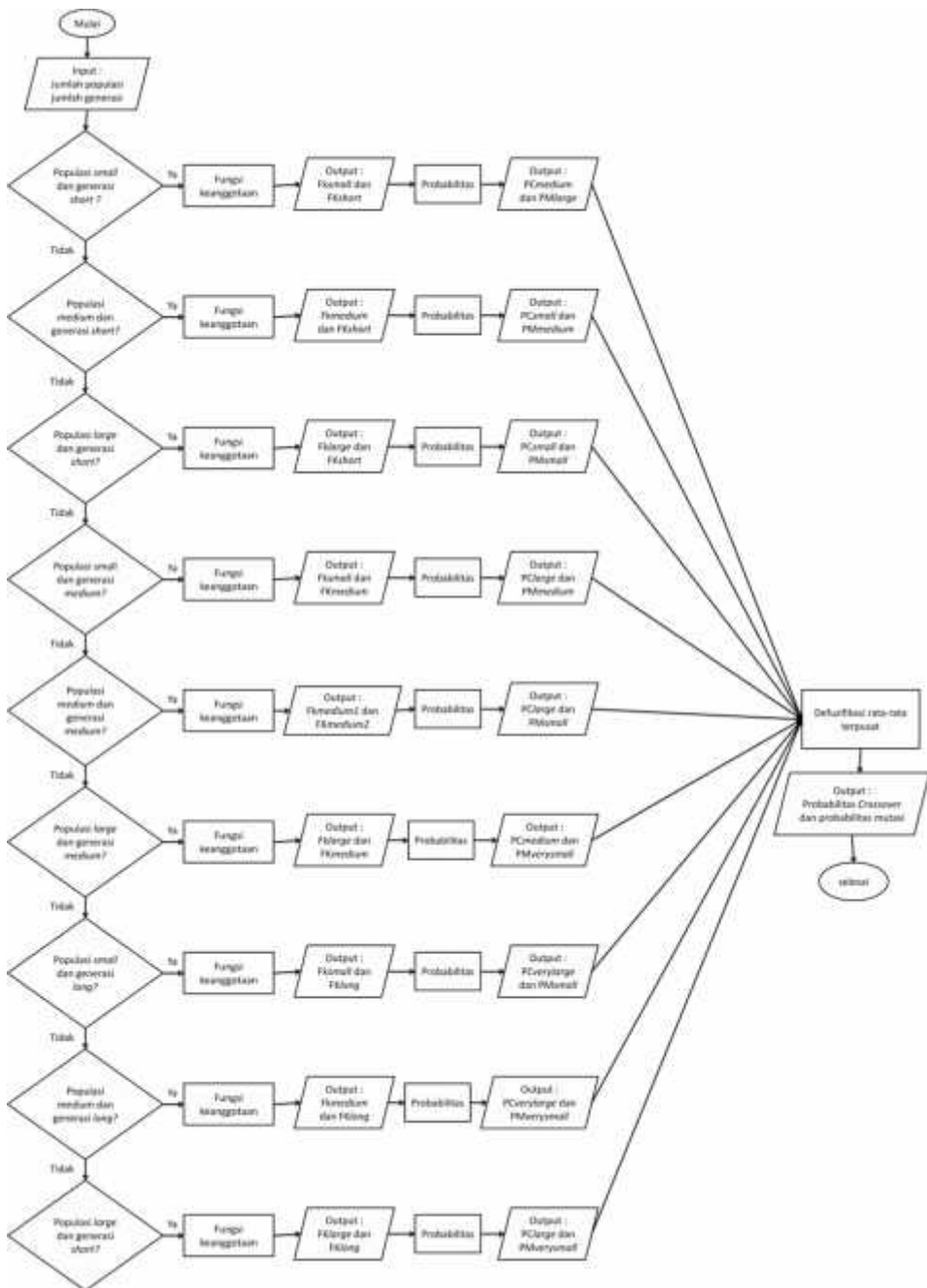
- Domain Large : $\{x: x \in \mathbb{R} | 0,15 \leq x \leq 0,225\}$

Fungsi keanggotaan

$$s(x; 0,15, 0,1875, 0,225) = \begin{cases} 0, & x \leq 0,15 \\ 2 \left(\frac{x-0,15}{0,225-0,15} \right)^2; & 0,15 \leq x \leq 0,1875 \\ 1 - 2 \left(\frac{0,225-x}{0,225-0,15} \right)^2; & 0,1875 \leq x \leq 0,225 \\ 1; & x \geq 0,225 \end{cases}$$

3. Implementasi sistem inferensi fuzzy Tsukamoto menggunakan Delphi7

Untuk mengimplementasikan sistem inferensi fuzzy Tsukamoto menggunakan Delphi7 adalah dengan cara menerjemahkan langkah-langkah sistem inferensi fuzzy Tsukamoto ke dalam diagram alir seperti berikut :



Kemudian langkah-langkah tersebut dituliskan ke dalam bahasa pemrograman Delphi7. Tampilan untuk mendapatkan probabilitas *crossover* dan probabilitas mutasi terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Tampilan Sistem Inferensi Fuzzy Tsukamoto

4. Hasil Pengujian Algoritma Fuzzy Evolusi pada Penjadwalan Perkuliahan

Aplikasi mengenai sistem fuzzy tersebut kemudian digabungkan dengan aplikasi mengenai algoritma genetika yang dirancang oleh Rini Marwati, Dra., M.Si. sehingga menghasilkan sebuah aplikasi penyelesaian permasalahan penjadwalan perkuliahan menggunakan algoritma fuzzy evolusi. Gambar 6 memperlihatkan tampilan awal dari aplikasi penyelesaian permasalahan penjadwalan perkuliahan menggunakan algoritma fuzzy evolusi. Dari tampilan tersebut terlihat bahwa pada penjadwalan perkuliahan yang akan diuji terdapat 6 benturan. Untuk menghilangkan benturan tersebut maka digunakan algoritma fuzzy evolusi dengan menggunakan jumlah populasi 100 dan jumlah generasi 200, sehingga diperoleh jadwal yang tidak memiliki benturan seperti pada Gambar 7.

Nomor	Waktu	Kuliah	Dosen	Ruangan
1	B1	MT313	2589	S302
2	A1	MT424	2318	S304
3	A2	MT400	2656	S305
4	A3	MT412	1916	S301
5	A3	MT415	1916	B201
6	B2	MT301	1914	B203
7	B2	MT312	1405	E305
8	B2	MT532	1405	B303
9	B3	MT314	2315	B201
10	B3	MT317	2315	S302
11	A1	MT318	1916	S302

Nomor	Waktu	Kuliah	Dosen	Ruangan	Bertrik
4	A1	MT412	1916	S301	1
5	A3	MT415	1916	B201	1
7	B2	MT312	1405	E305	1
8	B2	MT532	1405	B303	1
9	B3	MT314	2315	B201	1
10	B3	MT317	2315	S302	1

Banyak record = 15 Cek Bertrik Banyak bertrik = 5 GA

rinarwati@upi.edu

Gambar 6 Tampilan Awal Algoritma Fuzzy Evolusi

Nomor	Waktu	Kuliah	Dosen	Ruangan
1	A1	MT313	2589	S302
2	A1	MT424	2318	S304
3	A2	MT400	2656	S305
4	A3	MT412	1916	S301
5	A2	MT415	1916	B201
6	B2	MT301	1914	B203
7	B2	MT312	1405	E305
8	B3	MT532	1405	B303
9	A3	MT314	2315	B201
10	B2	MT317	2315	S302
11	A1	MT318	1916	S302

Nomor	Waktu	Kuliah	Dosen	Ruangan	Bertrik
1	A1	MT313	2589	S302	1

Banyak record = 15 Cek Bertrik Banyak bertrik = 1 GA

rinarwati@upi.edu

Gambar 7 Tampilan Akhir Algoritma Fuzzy Evolusi Menggunakan Jumlah Populasi 100 dan Jumlah Generasi 200

3. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan yaitu :

1. Konsep fuzzy diterapkan pada algoritma fuzzy evolusi untuk penentuan parameter pada algoritma genetika seperti probabilitas *crossover* dan probabilitas mutasi. Sistem fuzzy yang digunakan pada algoritma fuzzy evolusi adalah sistem inferensi fuzzy Tsukamoto. Sistem ini dapat menghasilkan probabilitas *crossover*

- dan probabilitas mutasi yang pasti dibandingkan dengan percobaan berulang-ulang menggunakan probabilitas *crossover* dan probabilitas mutasi yang samar.
2. Menyelesaikan permasalahan benturan pada sistem penjadwalan perkuliahan menggunakan algoritma fuzzy evolusi dilakukan dengan cara mengubah jadwal perkuliahan ke dalam bentuk kromosom. Kemudian dari kromosom tersebut dicek apakah ada kromosom yang sama atau tidak, jika terdapat kromosom yang sama maka pada penjadwalan perkuliahan tersebut terdapat benturan. Selanjutnya kromosom tersebut melalui proses algoritma genetika, yaitu perhitungan nilai *fitness*, seleksi, *crossover*, dan mutasi. Pada saat proses *crossover*, dan mutasi dibutuhkan probabilitas *crossover* dan probabilitas mutasi yang diperoleh dari proses fuzzy. Proses fuzzy yang digunakan pada penelitian ini menggunakan sistem inferensi fuzzy Tsukamoto yang menggunakan dua buah masukan dan menghasilkan dua buah keluaran. Dua buah masukan tersebut adalah jumlah populasi dan jumlah generasi sedangkan dua buah keluaran yang diperoleh adalah probabilitas *crossover* dan probabilitas mutasi.
 3. Pembuatan aplikasi fuzzy untuk diterapkan pada algoritma genetika dilakukan dengan cara menerjemahkan langkah-langkah sistem inferensi fuzzy Tsukamoto ke dalam diagram alir kemudian dituliskan ke dalam bahasa pemrograman Delphi7.
 4. Dengan menyelesaikan permasalahan penjadwalan perkuliahan menggunakan aplikasi yang telah dibuat diperoleh solusi optimal yaitu jadwal tanpa adanya benturan. Dari hasil tersebut diketahui bahwa aplikasi yang dibuat telah berjalan dengan baik dan memenuhi tujuan yang diharapkan, yaitu kecepatan dan keakuratan.

4. SARAN

Untuk lebih mengoptimalkan hasil penelitian ini, maka beberapa hal yang perlu dikembangkan untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Dapat menentukan jumlah populasi dan jumlah generasi yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan sehingga tidak diperlukan percobaan berulang-ulang untuk memperoleh hasil yang diharapkan.
2. Dapat mengembangkan aplikasi untuk menyelesaikan permasalahan benturan antara ruang dan waktu dan permasalahan lainnya yang akan muncul pada penjadwalan.
3. Dapat mengembangkan tampilan aplikasi sehingga lebih mudah digunakan dan dipahami bagi pengguna lainnya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arifudin, R. (t.t). Optimasi penjadwalan proyek dengan penyeimbangan biaya menggunakan kombinasi CPM dan algoritma genetika. *Jurnal Masyarakat Informatika*, II(4), hlm. (1-14).
- [2] Dewi, E.K. (2012). *Metode seleksi pada algoritma genetika*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- [3] Entin.(2006). *Algoritma genetika*. [Online]. Diakses dari <http://lecturer.eepis-its.edu/~entin>.
- [4] Faisal, F.A. (2009). *Algoritma Genetik*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [5] Hanita, M. (2011). *Penerapan algoritma genetika pada penjadwalan mata kuliah*. (Skripsi). FMIPA, Universitas Bengkulu, Bengkulu.
- [6] Hermawanto, D. (2007). *Algoritma genetika dan contoh aplikasinya*. [Online]. Diakses dari IlmuKomputer.Com
- [7] Kusumadewi, S. & Purnomo, H. (2010). *Aplikasi Logika Fuzzy*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [8] Lestari, U., Widyastuti, N., & Listyaningrum, D.A. (2014). Implementasi algoritma genetika pada penjadwalan perkuliahan. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi 2014*. (A-419 – A-428). Yogyakarta.
- [9] Muzid, S (2008). Pemanfaatan algoritma fuzzy evolusi untuk penyelesaian kasus *travelling salesman problem*. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2008*, (1907-5022), hlm. C-33 - C-38.
- [10] Nugraha, R. R. (2011). Penerapan logika fuzzy untuk menghitung uang saku perhari. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [11] Sam'ani. (2012). *Rancang bangun sistem penjadwalan perkuliahan dan ujian akhir semester dengan pendekatan algoritma genetika*. (Tesis). Program Pascasarjana, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [12] Sanja, R. dkk. (2014). Sistem pakar diagnosis penyakit kanker prostat menggunakan metode fuzzy Tsukamoto. Malang: Universitas Brawijaya.
- [13] Setemen, K. (t.t). Implementasi algoritma genetika dalam pengembangan sistem aplikasi penjadwalan kuliah. hlm. 56-68.
- [14] Triyanto, A., Kesuma, F.B., Puspasari, S. (t.t). *Studi perbandingan metode fuzzy Tsukamoto dan fuzzy mamdani untuk seleksi pegawai teladan pada PT. Gracia pharmindo*. (Artikel). Teknik Informatika, STMIK GI MDP.

- [15] Wicaksana, D.A. (2013). *Solusi travelling salesman problem menggunakan algoritma fuzzy evolusi*. (Skripsi). FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- [16] Widodo, T.S. (2012). *Komputasi Evolusioner*. Yogyakarta: Graha Ilmu.