



IMPLEMENTASI ALGORITMA GENETIKA DENGAN TEKNIK KENDALI LOGIKA FUZZY UNTUK MENGATASI *TRAVELLING SALESMAN PROBLEM* MENGGUNAKAN MATLAB.

Erma Nurul Fitriana[✉], Endang Sugiharti

Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia
Gedung D7 Lt.1, Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50299

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Agustus 2014
Disetujui September 2014
Dipublikasikan November 2015

Keywords:

Genetic Algorithm; Fuzzy Logic control; TSP; MATLAB

Abstrak

Algoritma Genetika dengan Teknik Kendali Logika Fuzzy adalah algoritma yang dapat digunakan untuk mengatasi *Travelling Salesman Problem*. Permasalahan dalam penulisan skripsi ini adalah bagaimana hasil jarak minimum dari jaringan TSP menggunakan algoritma genetika dengan teknik kendali logika fuzzy, serta bagaimana aplikasinya menggunakan MATLAB. Dari data yang diperoleh dapat ditentukan koordinat. Selanjutnya dari koordinat dapat diperoleh solusi optimal dengan menggunakan masukan populasi dan generasi tertentu dengan bantuan *software* MATLAB. Dari hasil analisis algoritma genetika dengan teknik kendali logika fuzzy diperoleh hasil bahwa solusi optimal menggunakan masukan populasi 100 dan generasi 1000 lebih baik dari solusi optimal yang didapatkan dengan masukan populasi dan generasinya berturut-turut adalah (100 dan 100), (100 dan 200), (100 dan 500), (200 dan 100), (500 dan 100) dan (1000 dan 100). Kemudian didapatkan rute terbaiknya adalah 1-3-4-6-9-8-7-19-18-16-17-20-21-22-15-12-11-10-14-13-5-2-1 dan panjang jalur terbaiknya adalah 22,63 Km.

Abstract

Genetic Algorithm with Fuzzy Logic control techniques is algorithm that can be used to solve the Traveling Salesman Problem. Problems in this paper is how the minimum distance of the TSP network using genetic algorithms with fuzzy logic control techniques, as well as the application using MATLAB. From the data obtained can be specified the coordinates. Furthermore, from the coordinates can be obtained the optimal solution by using input specific population and input generation with the help of MATLAB software. From the analysis of the genetic algorithm with fuzzy logic control technique obtained the result that the optimal solution using a population of 100 and generation of 1000 was better than that obtained with the optimal solutions with the population and generation input respectively (100 and 100), (100 and 200), (100 and 500), (200 and 100), (500 and 100) and (1000 and 100). The best route was obtained 1-3-4-6-9-8-7-19-18-16-17-20-21-22-15-12-11-10-14-13-5-2-1 and the best path length of ans 22.63 Km.

PENDAHULUAN

Proses pendistribusian surat dan barang adalah kegiatan yang tidak pernah lepas dari kehidupan. Jarak yang jauh serta penyebaran masyarakat yang meluas menjadi salah satu alasan bagi masyarakat untuk menggunakan jasa pengiriman barang daripada mengantar sendiri barang yang akan dikirimkan. Permasalahan pendistribusian barang menjadi poin penting bagi perusahaan penyedia jasa pengiriman barang maupun surat. Hal ini sangat memerlukan pertimbangan dan perhitungan yang tepat karena berkaitan dengan biaya transportasi yang harus dikeluarkan dalam proses pendistribusian.

PT. Pos Indonesia merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang pengiriman barang maupun surat di Indonesia. PT. Pos Indonesia sendiri memiliki cabang di setiap kota di seluruh Indonesia. Dalam mengirimkan barang maupun surat dari pusat ke pelanggan di berbagai tempat dan di banyak kota, perlu adanya suatu sistem yang mampu meminimalisasi biaya pengiriman dan sehingga akan didapatkan keuntungan yang paling maksimal. Permasalahan seperti ini merupakan masalah model jaringan yang sama dengan permasalahan pada pedagang kaki lima atau biasa disebut *Travelling Salesman Problem* (TSP). TSP merupakan salah satu masalah optimalisasi.

TSP adalah suatu permasalahan untuk menemukan siklus Hamilton yang memiliki total bobot sisi minimum (Zulfikar, 2008:3-4). TSP bertujuan mencari rute dari kota asal ke kota-kota yang dituju dengan syarat setiap kota hanya dapat dikunjungi satu kali kecuali kota awal. Banyak algoritma yang diterapkan pada permasalahan TSP di antaranya adalah *nearest neighbor heuristic*, *cheapest insertion heuristic*, *two way exchange improvement heuristic*, *nearest insertion heuristic*, *ant colony optimization*, dan *branch and bound method*. Terdapat algoritma lain yang dapat digambarkan sebagai metode untuk menemukan solusi dari suatu permasalahan TSP, yaitu Algoritma Genetika serta mengkombinasikannya pada teknik kendali Logika Fuzzy dengan harapan memperoleh rute dengan kualitas terbaik dari Algoritma Genetika. Pada prinsipnya, teknik kendali Logika Fuzzy digunakan untuk mengontrol nilai parameter Algoritma Genetika pada suatu generasi secara otomatis (*automatic fine-tuning*) berdasarkan informasi yang diperoleh dari populasi sebelumnya menggunakan bantuan *software* MATLAB.

Berdasarkan latar belakang, maka rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah: 1) Bagaimana hasil pencarian jarak minimum dari jaringan TSP dalam pengiriman surat dan barang di PT. Pos Indonesia DC Tugu Semarang menggunakan Algoritma Genetika dengan teknik kendali Logika Fuzzy, 2) Bagaimana rute jaringan TSP yang mempunyai jarak minimum dalam pengiriman barang maupun surat dengan menggunakan Algoritma Genetika dengan teknik kendali Logika Fuzzy di PT. Pos Indonesia DC Tugu Semarang.

METODE

Pada penelitian ini metode yang dilakukan adalah menemukan masalah, merumuskan masalah, pengambilan data, analisis dan pemecahan masalah, serta penarikan kesimpulan. Menemukan masalah dilakukan dengan mencari sumber pustaka dan dipilih suatu masalah. Untuk lebih memperjelas pembahasan, maka dipilih suatu kasus yang terjadi di suatu perusahaan yang berkaitan langsung dengan permasalahan yang akan diangkat. Metode pengambilan data dilakukan untuk mendapatkan informasi data berupa penerima dan alamat penerima pada rute pengiriman barang dan jasa PT. Pos Indonesia. Teknik pemecahan masalah yang digunakan adalah algoritma genetika dengan teknik kendali logika fuzzy, serta bagaimana aplikasinya menggunakan MATLAB.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Algoritma genetika adalah suatu algoritma pencarian yang berbasis pada mekanisme seleksi alam dan genetika. Algoritma genetika merupakan salah satu algoritma yang sangat tepat digunakan dalam menyelesaikan masalah optimasi kompleks, yang sulit dilakukan oleh metode konvensional (Desiani, 2006: 187).

Sedangkan konsep logika fuzzy pertama kali diperkenalkan pada tahun 1965 oleh Prof. Lotfi A. Zadeh, seorang professor dari University of California di Berkly. Dasar logika fuzzy adalah teori himpunan fuzzy. Pada teori himpunan fuzzy, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan (*membership values*) yang nilainya terletak di antara selang $[0,1]$ menjadi ciri utama dari penalaran dengan logika fuzzy tersebut (Kusumadewi, 2003).

Algoritma genetika dengan teknik kendali logika fuzzy adalah sebuah teknik komputasi gabungan antara algoritma genetika dan sistem fuzzy (Wibowo, 2009). Metode ini hampir sama dengan metode algoritma genetika, namun parameter-parameter yang dipakai dihasilkan dari sebuah sistem fuzzy. Beberapa tahap yang digunakan dalam algoritma dengan teknik kendali logika fuzzy sama seperti dengan tahapan pada algoritma genetika, 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: peluang *crossover* (*pc*), dan peluang mutasi (*pm*) (Bindu & Tanwar, 2012:418).

Selain menggunakan algoritma genetika dengan teknik kendali logika fuzzy, peneliti juga menggunakan program MATLAB. MATLAB merupakan bahasa pemrograman yang hadir dengan fungsi dan karakteristik yang berbeda dengan bahasa pemrograman lain yang sudah ada lebih dahulu seperti Delphi, Basic, maupun C++. MATLAB merupakan bahasa pemrograman level tinggi yang dikhususkan untuk kebutuhan komputasi matematik, analisis data, pengembangan algoritma, simulasi dan pemodelan, serta grafik-grafik perhitungan (Firmansyah, 2007).

Dalam penentuan parameter ini dilakukan proses sistem fuzzy untuk mendapatkan nilai yang akan digunakan sebagai parameter. Dalam algoritma genetika dengan teknik kendali logika fuzzy, aturan-aturan fuzzy yang telah dibuat harus sudah diimplementasikan terlebih dahulu sebelum proses iterasi dilakukan, didapatkan sebanyak sembilan (9) aturan, yaitu (Pandian dan Natarajan, 2010):

- *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).*

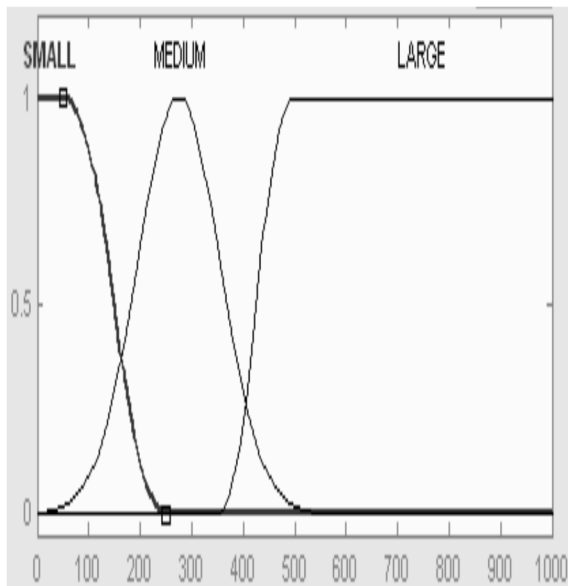
Aturan-aturan tersebut akan diimplementasikan dalam sistem fuzzy sugeno, tetapi perlu diperhatikan supaya sistem fuzzy sugeno dapat menghasilkan hasil tentunya diperlukan semesta pembicaraan dan domain yang memberikan nilai batas untuk setiap himpunan yang ada pada tiap variabel.

Misal nilai untuk semesta pembicaraan pada variabel populasi adalah [0 1000], yang berarti dalam variabel populasi memiliki batas semesta pembicaraan mulai batas nilai nol (0) sampai nilai seribu (1000). Sedangkan misal domain untuk himpunan SMALL pada variabel populasi adalah [50 250], yang berarti batas populasi dikatakan SMALL jika bernilai antara lima puluh (50) dan dua ratus lima puluh (250). Adapun semesta pembicaraan dan domain yang digunakan, 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:

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

- Semesta pembicaraan: [0 1000]
- Domain SMALL: [50 250]
- Domain MEDIUM: [80 275]
- Domain LARGE: [350 500]

Gambar semesta pembicaraan dan domain untuk variabel populasi dapat dilihat pada Gambar 1.

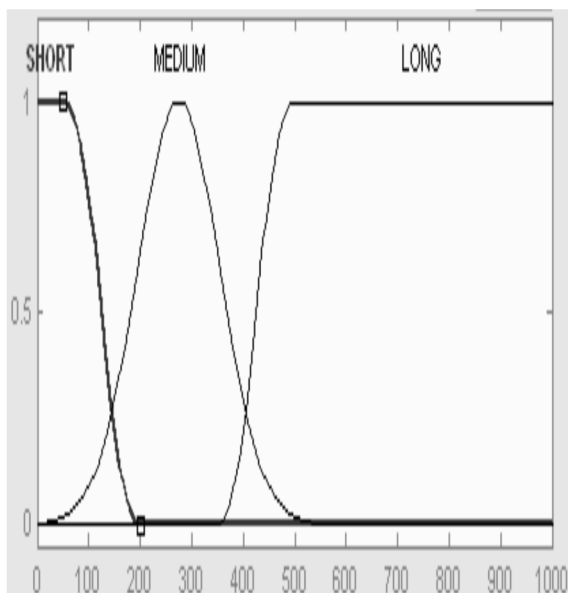


Gambar 1. Semesta pembicaraan dan domain untuk variabel populasi. (Muzid, 2008).

Sedangkan pada semesta pembicaraan dan domain untuk variabel generasi, aturan nilai yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Semesta pembicaraan: [0 1000]
- Domain SHORT: [50 200]
- Domain MEDIUM: [80 275]
- Domain LONG: [350 500]

Gambar semesta pembicaraan dan domain untuk variabel generasi dapat dilihat pada Gambar 2.

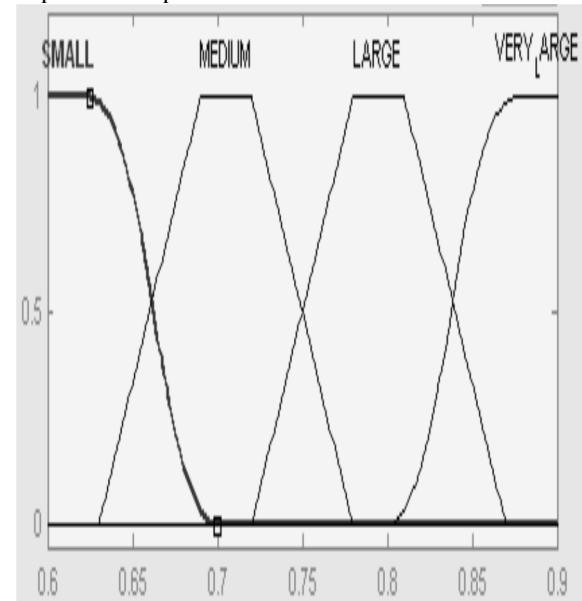


Gambar 2. Semesta pembicaraan dan domain untuk variabel generasi. (Muzid, 2008).

Pada semesta pembicaraan dan domain untuk hasil output yaitu nilai probabilitas rekombinasi (*crossover*), aturan nilai yang adalah sebagai berikut:

- Semesta pembicaraan: [0.6 0.9]
- Domain SMALL: [0.625 0.7]
- Domain MEDIUM: [0.63 0.7 0.72 0.78]
- Domain LARGE: [0.72 0.78 0.8 0.87]
- Domain VERY LARGE: [0.8 0.875]

Gambar semesta pembicaraan dan domain untuk variabel probabilitas *crossover* dapat dilihat pada Gambar 3.

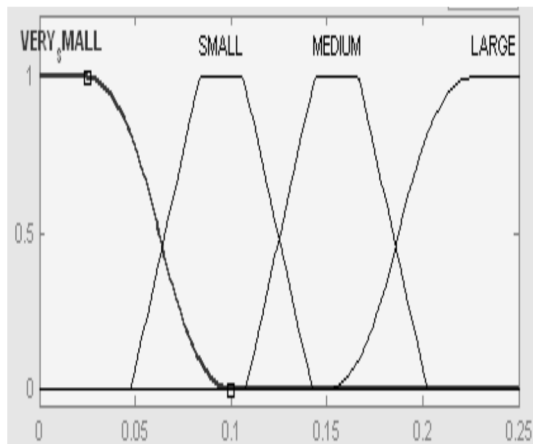


Gambar 3. Semesta pembicaraan dan domain untuk variabel probabilitas *crossover* (Muzid, 2008).

Pada semesta pembicaraan dan domain untuk nilai probabilitas mutasi, aturan nilai yang digunakan oleh peneliti adalah sebagai berikut:

- Semesta pembicaraan: [0 0.25]
- Domain VERY SMALL: [0.025 0.1]
- Domain SMALL: [0.47 0.83 0.1 0.14]
- Domain MEDIUM: [0.1 0.14 0.167 0.2]
- Domain LARGE: [0.15 0.225]

Gambar semesta pembicaraan dan domain untuk variabel probabilitas mutasi dapat dilihat pada Gambar 4.



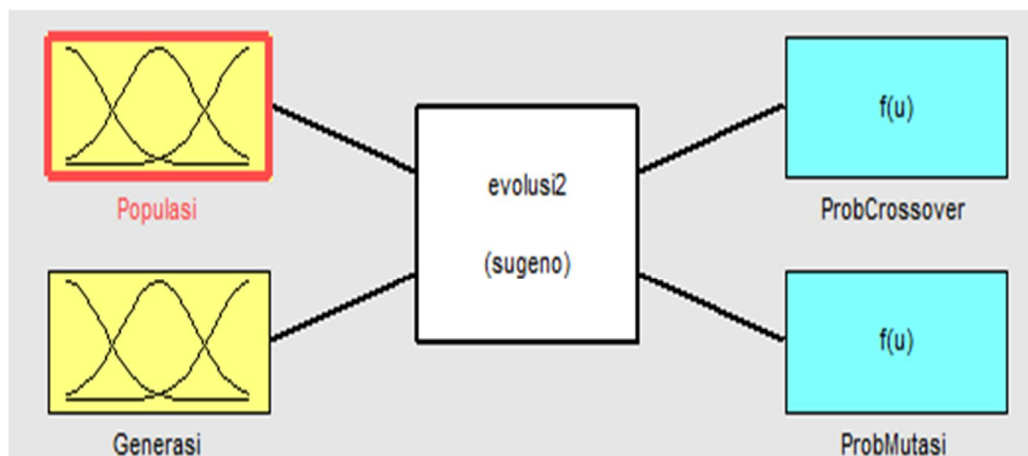
Gambar 4. Semesta pembicaraan dan domain untuk variabel probabilitas mutasi (Muzid, 2008).

Gambar 5 adalah gambar proses sistem fuzzy sugeno yang digunakan pada penentuan nilai fuzzy untuk parameter probabilitas *crossover* dan mutasi pada algoritma genetika dengan teknik kendali logika fuzzy di atas. Tahapan-tahapan dalam metode sugeno adalah sebagai berikut: (1) pembentukan himpunan fuzzy, (2) aplikasi fungsi implikasi, (3) komposisi Aturan, (4) Defuzzifikasi.

aplikasi yang dibuat menggunakan bantuan software Matlab 7.8.0 (R2009a).

Dalam penelitian ini yang akan dicari adalah panjang rute yang dilalui untuk pendistribusian surat maupun barang yang akan dikirimkan PT. Pos Indonesia DC Tugu Semarang menuju para penerima barang yang berada di wilayah Kota Semarang, dalam hal ini dikhususkan untuk wilayah Kecamatan Ngaliyan. Permasalahan TSP pada penelitian ini bukan lah masalah TSP murni, karena masih terdapat beberapa jalan yang dilewati lebih dari satu kali. Hal ini dikarenakan tidak adanya jalan lain yang bisa dipilih untuk melanjutkan pendistribusian barang dari rumah penerima satu ke penerima selanjutnya.

Peneliti memperoleh data dari PT. Pos Indonesia DC Tugu Semarang berupa list nama penerima beserta alamat lengkapnya seperti yang tersaji pada Tabel 1, kemudian dilakukan proses pencarian koordinat titik dengan bantuan situs wikimapia.org yang sudah terintegrasi dengan Google Maps. Situs Wikimapia.org merupakan situs pencari koordinat lokasi di bumi, dengan sumbu horisontal X adalah garis bujur (*longitude*), sedangkan sumbu vertikal Y merupakan garis lintang (*latitude*), yang berjalan



Gambar 5. Alur Proses Sistem Sugeno (Widodo, 2009: 92)

Penelitian ini mengkaji tentang pengiriman surat maupun barang di PT. Pos Indonesia DC Tugu Semarang dengan permasalahannya yaitu menentukan rute jaringan *Travelling Salesman Problem* (TSP) terbaik dengan jarak pendistribusian terkecil menggunakan algoritma genetika dengan teknik kendali logika fuzzy. Pada permasalahan ini

melalui *Observatorium Greenwich* di Inggris.

Nama beserta alamat penerima surat dan barang dari PT.Pos Indonesia DC Tugu Semarang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nama dan Alamat Penerima Surat dan Barang dari PT. Pos Indonesia DC Tugu Semarang.

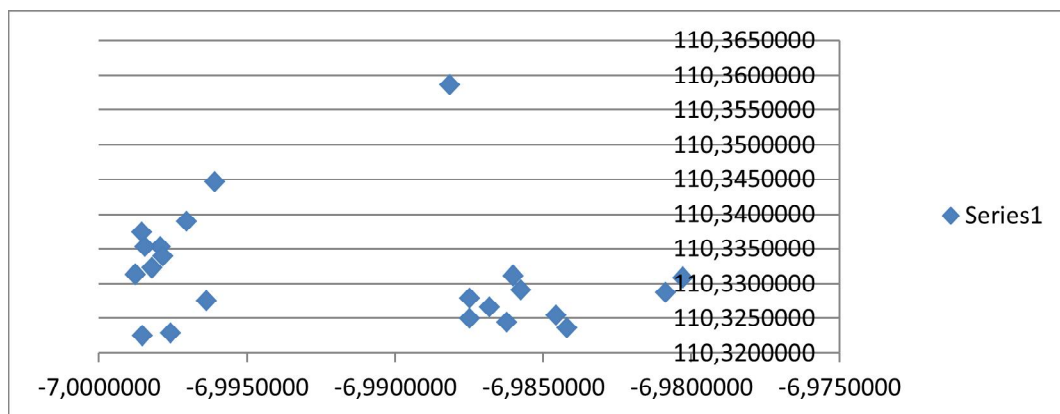
No	Nama Penerima	Alamat
1	Kantor Pos	Kecamatan Tugu
2	Jamaludin	Kapri Bawah 11
3	Arif Rosyidi	Ruko Beringin 3A-5
4	Silvy Birrotun N	Bella Vista Regency
5	Setyaningsih O	Cemara A1 No 19
6	Priyambada	JL Akasia D 3/5 RT 6/1
7	Lia Rosita	JL Mega Raya IV
8	Fran Ardiansyah	JL Mega Raya
9	Supriyanton	JL Mega Permai IV
10	Adi Sumartono	Beringin Putih
11	Arif Lukman	Graha beringin SLT
12	Hery Kartono	Graha Beringin Mas UTR
13	D Wahyu	Beringin Lestari
14	Tuwadi	Perumnas Beringin
15	Agnes	Beringin Lestari
16	Veronica Maryati	JL Karo Raya No 18
17	Prijo Handoko	JL Bligo No 10
18	Ony S	JL Beringin Asri
19	Amin Suwarno	Perumnas BUK
20	Galih Suci	Perum Beringin Asri
21	Fitri Retnowati	Asrama PGSD
22	Suyanta	Kp Tegalsari RT 5

Tabel 2. Kode Lokasi, Koordinat X, Koordinat Y pada Alamat Penerima Surat dan Barang dari PT. Pos Indonesia DC Tugu Semarang.

No	Kode Lokasi	Koordinat X	Koordinat Y
1	1	-6,9881626	110,3586517
2	2	-6,9961055	110,3445929
3	3	-6,9970559	110,3389910
4	4	-6,9985547	110,3374166
5	5	-6,9979265	110,3353017
6	6	-6,9984562	110,3352560
7	7	-6,9987837	110,3313119
8	8	-6,9982060	110,3322172
9	9	-6,9978492	110,3338560
10	10	-6,9963744	110,3275071
11	11	-6,9985308	110,3224486
12	12	-6,9975937	110,3227650
13	13	-6,9862258	110,3243850
14	14	-6,9868115	110,3265791
15	15	-6,9874824	110,3249323
16	16	-6,9860182	110,3310718
17	17	-6,9857519	110,3290950
18	18	-6,9841971	110,3235777
19	19	-6,9845645	110,3254123
20	20	-6,9874798	110,3278585
21	21	-6,9808693	110,3286766
22	22	-6,9802941	110,3308116

Dari Tabel 1, didapatkan koordinat melalui bantuan wikimapia.org. koordinat alamat penerima surat dan barang dari PT.Pos Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari Tabel 2, dapat digambarkan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Titik-titik yang Harus Dilewati

Sedangkan parameter-parameter yang digunakan dalam penentuan nilai probabilitas *crossover* dan mutasi adalah jumlah populasi dan maksimum generasi adalah sebagai berikut:

- Jumlah populasi sebanyak 100, 200, 500, dan 1000 populasi.
- Maksimum generasi yang digunakan sebanyak 100, 200, 500, dan 1000 generasi.

Kedua parameter masukan akan diproses menggunakan sistem fuzzy sugeno untuk mendapatkan nilai probabilitas *crossover* dan probabilitas mutasi yang akan digunakan dalam proses genetika dengan teknik kendali logika fuzzy.

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa solusi optimal permasalahan jaringan TSP dalam pengiriman surat dan Barang oleh PT. Pos ke rumah penerima barang di wilayah Kota Semarang, khususnya dalam penelitian ini mencakup wilayah Kecamatan Ngaliyan dengan menggunakan variasi populasi dan generasi pada algoritma Genetika dengan Teknik Kendali Logika Fuzzy yang berbeda dapat dijelaskan pada Tabel 3.

Dari ketujuh variasi populasi dan generasi pada algoritma genetika dengan teknik kendali logika fuzzy diperoleh bahwa dengan populasi 100 dan generasi 1000 mempunyai nilai *fitness*

Tabel 3. Hasil Panjang Jalur Terbaik

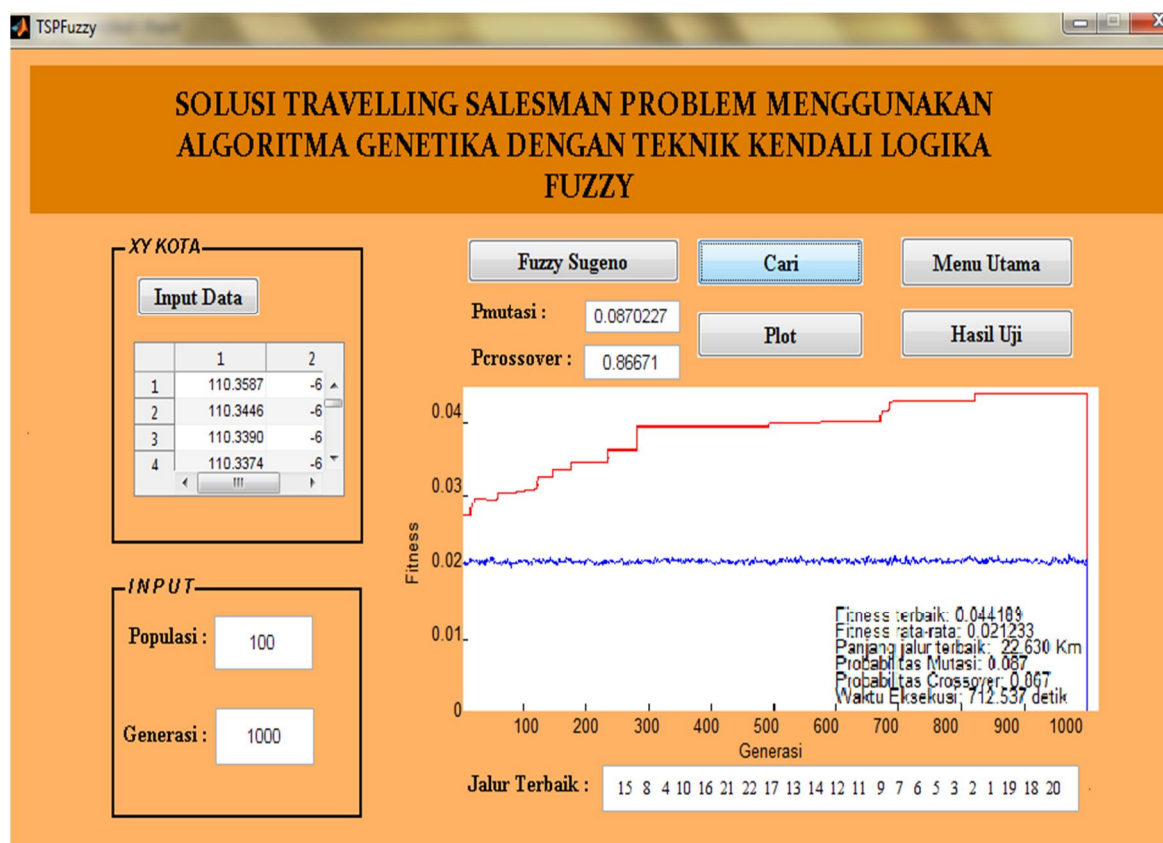
No	Populasi	Generasi	<i>Fitness</i> terbaik	Panjang jalur terbaik (Km)	Waktu (detik)	Jalur Terbaik
1	100	100	0,0352	28,38	84,012	1-5-6-7-8-9-16-22-3-4-11-12-13-15-21-17-14-18-19-20-10-2-1
2	100	200	0,036873	27,12	152,0769	1-2-5-8-10-15-14-13-7-4-3-12-11-19-20-21-17-16-22-18-19-6-1
3	100	500	0,040404	24,75	358,1425	1-2-7-13-14-18-19-22-21-20-17-16-15-12-11-8-10-3-4-5-9-6-1
4	100	1000	0,044189	22,63	712,537	1-3-4-6-9-8-7-19-18-16-17-20-21-22-15-12-11-10-14-13-5-2-1
5	200	100	0,036483	27,41	103,0078	1-4-9-5-10-22-21-17-16-8-7-20-19-18-11-13-15-14-12-6-3-2-1
6	500	100	0,038865	25,73	207,185	1-2-3-5-9-7-8-19-22-21-18-11-12-15-14-13-10-20-17-16-4-6-1
7	1000	100	0,038256	26,14	391,4639	1-9-13-14-19-22-21-18-11-12-15-16-17-20-10-6-4-3-7-8-5-2-1

Aplikasi TSP dengan algoritma genetika dengan teknik kendali logika fuzzy digunakan untuk menguji apakah algoritma ini dapat memecahkan masalah penentuan jalur terpendek untuk 22 alamat. Dari pengujian yang dilakukan, maka dihasilkan hasil akhir berupa jalur terpendek yang melewati ke 22 alamat. Berdasar parameter ukuran populasi dan maksimum generasi yang digunakan yaitu: (100 dan 100), (100 dan 200), (100 dan 500), (100 dan 1000), (200 dan 100), (500 dan 100) dan (1000 dan 100). Kemudian dilakukan proses perhitungan sebanyak 10 kali. Sistem fuzzy sugeno yang ter-integrate dalam algoritma genetika dengan teknik kendali logika fuzzy akan menghasilkan parameter probabilitas *crossover* dan mutasi.

yang lebih tinggi serta panjang jalur yang lebih minimal dari yang lain. Nilai *fitness* yang diperoleh adalah 0,044189, panjang jalur terbaik adalah 22,63 Km, waktu eksekusi adalah 712,537 detik dengan jalur terbaiknya adalah 1-3-4-6-9-8-7-19-18-16-17-20-21-22-15-12-11-10-14-13-5-2-1. Gambar 7 menunjukkan proses perhitungan dengan panjang jalur terbaik 22,63 Km.

SIMPULAN

Hasil pencarian jarak minimum berdasarkan analisis perhitungan masalah jaringan TSP pada pengiriman surat dan barang PT. Pos Indonesia DC Tugu Semarang



Gambar 7. Proses Perhitungan dengan Panjang Jalur Terbaik 22.63 Km.

menggunakan algoritma genetika melalui teknik kendali logika fuzzy menggunakan populasi 100 dan generasi 1000 menghasilkan solusi optimal yaitu 22,63 Km. Hasil tersebut lebih baik dari 6 variasi populasi dan generasi lain.

Hasil perhitungan masalah Solusi optimal dari permasalahan jaringan TSP menggunakan algoritma genetika dengan teknik kendali logika fuzzy pada penelitian ini menghasilkan rute terbaik pengiriman surat dan jasa PT. Pos Indonesia DC Tugu Semarang ke rumah supplier yang tersebar di wilayah Kecamatan Ngaliyan Kota Semarang yaitu: "Kantor Pos DC Tugu Semarang - Drs Arif Rosyidi (Ruko Taman Beringin 3A-5) - Silvya Birrotun N (Bella Vista Regency G 10 RT 11/1 Beringin Ngaliyan) - Agung Priyambada (JL Akasia D 3/5 RT 6/1 Beringin Ngaliyan) - Supriyantono (JL Mega Permai IV/89 RT 5/2, Beringin, Ngaliyan) - Fran Ardiansyah (JL Mega Raya 339-340 RT 8/7 Beringin Ngaliyan) - Lia Rosita (JL Mega Raya IV/306 No 306 Beringin RT 2/7 Kel Beringin Kec Ngaliyan) - Amin Suwarno (Bukit Beringin Asri III Blok A No 344 Perumnas BUK) - Ony S (JL Beringin Asri Tengah IV/440 RT 6/11) - Veronica Maryati (JL Karo Raya No 18 RT 1/X Perumahan Pondok Beringin Tambakaji) - Prijo Handoko

(JL Bligo No 8 RT 7/10 Tambakaji) - Galih Suci Pratama (Perum Beringin Asri No 1036 RT 05/12 Wonosari) - Fitri Retnowati (Asrama Putri PGSD UNNES Beringin) - Suyanta (Kp Tegalsari RT 5/11 Tambakaji Ngaliyan) - Agnes Saptawati Nugrahaningsih (Bukit Beringin Lestari VI/ B 200 RT 4/14 0754 BDI DR Cipto) - Hery Kartono (Graha Beringin Mas Utara Dalam III) - Arif Lukman (Graha beringin mas SLT 1/8 RT 1 RW 11 semarang 50111) - Adi Sumartono (Beringin Putih Blok D I/10 RT 1/9 Ngaliyan) - Tuwadi (Perumnas Beringin Blok A 99 VI No 164 Ngaliyan) - D Wahyu Supriyadi (Bukit Beringin Lestari JL Bukit Beringin Lestari Selatan GG 13 RT 10/11 Blok G/110 Gondoriyo) - Setyaningsih O (Cemara A1 No 19 Perumahan Beringin Indah 0711 BDI MT HARYONO) - Jamaludin (Kapri Bawah 11 RT 9/10 Tambakaji) - Kantor Pos DC Tugu Semarang" dengan jarak yang ditempuh 22,63 Km.

DAFTAR PUSTAKA

- Bindu & Tanwar, P. 2012. Fuzzy Inspired Hybrid Genetic Approach to Optimize Travelling Salesman Problem. *International Journal of Computer Science & Communication Network*, 2(3): 416-420.
- Desiani, A. & Arhani, M. 2006 *Konsep Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Firmansyah, A. 2007. *Dasar-dasar Pemrograman MATLAB*. IlmuKomputer.com.
- Kusumadewi, S. 2003. *Artificial Intelligence: Teknik dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Muzid, S. 2008. Pemanfaatan Algoritma Fuzzy Evolusi Untuk Penyelesaian Kasus Travelling Salesman Problem. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*. Yogyakarta: Jurnal Universitas Islam Indonesia/556/480.
- Pandian, P. & G. Natarajan. 2010. A New Algorithm for Finding Optimal Solution for Fuzzy Transportation Problem. *European Jurnal of Operational Research*, 140:606-617
- Wibowo, M.A. 2009. *Aplikasi Algoritma Genetika Untuk Penjadwalan Mata Kuliah*. Semarang: FMIPA UNDIP.
- Widodo, Prabowo. 2012. *Penerapan Soft Computing Dengan MATLAB*. Bandung: Rekayasa Sains
- Zulfikar, N. 2008. *Aplikasi Algoritma Genetika untuk Mencari Rute Terpendek N-Buah Node*. Skripsi. FTIK Unikom. (tidak dipublikasikan)