

DINAMISASI PARAMETER ALGORITMA GENETIKA MENGGUNAKAN *POPULATION RESIZING ON FITNESS IMPROVEMENT FUZZY EVOLUTIONARY ALGORITHM (PROFIFEA)*

Syafiul Muzid

Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus, Kudus
Gondangmanis, PO Box 53, Bae, Kudus 59352
e-mail: syafiul.muzid@gmail.com

Abstrak

Algoritma genetika merupakan salah satu metode yang sering digunakan dalam menyelesaikan permasalahan optimasi. Dalam algoritma genetika terdapat tiga parameter penting yang harus didefinisikan yaitu ukuran populasi, probabilitas pindah silang, dan probabilitas mutasi. Tidak adanya aturan baku dalam pengaturan nilai dari parameter tersebut membuat kesulitan dalam pemanfaatan algoritma genetika untuk menyelesaikan masalah. Salah satu cara untuk mengatasi kesulitan dalam pengaturan nilai parameter tersebut adalah pemanfaatan algoritma genetika model *Population Resizing on Fitness Improvement Fuzzy Evolutionary Algorithm (PROFIFEA)* yaitu dengan memanfaatkan logika fuzzy model Xu untuk penentuan probabilitas pindah silang dan probabilitas mutasi serta teknik *PROFIGA* untuk penentuan ukuran populasi baru berdasarkan dari perkembangan nilai fitness terbaik untuk digunakan pada generasi berikutnya. Penelitian ini dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan *Travelling Salesman Problem (TSP)* menggunakan algoritma genetika model *PROFIFEA*. Masalah *TSP* yang digunakan memiliki rute one way dimana ada beberapa titik kota yang hanya memiliki jalur khusus ke kota lain. Untuk mendukung pengujian maka dilakukan perbandingan antara algoritma genetika model *PROFIFEA* dengan algoritma genetika standar. Pengujian tersebut menunjukkan algoritma genetika model *PROFIFEA* menghasilkan solusi yang lebih optimal daripada algoritma genetika standar. Hal ini membuktikan bahwa teknologi hybrid antara algoritma genetika dengan sistem logika fuzzy serta teknik *PROFIGA* mampu meningkatkan performa dari proses running algoritma genetika dan menghasilkan solusi lebih optimal.

Kata kunci: algoritma genetika, algoritma fuzzy evolusi, fuzzy model xu, profiga, profifea

1. PENDAHULUAN

Algoritma genetika merupakan salah satu model *soft computing* yang sering digunakan dalam menyelesaikan permasalahan optimasi. Dalam algoritma genetika terdapat tiga parameter penting yang harus didefinisikan yaitu ukuran populasi, probabilitas pindah silang, dan probabilitas mutasi. Ketiga parameter ini harus didefinisikan secara hati-hati agar tidak terjadi konvergensi dini atau lokal optimum yaitu dimana individu-individu dalam populasi konvergen pada suatu solusi optimum lokal sehingga hasil paling optimum tidak dapat ditemukan (Suyanto, 2005).

Tidak adanya aturan baku dalam pengaturan nilai dari parameter tersebut membuat kesulitan dalam pemanfaatan algoritma genetika untuk menyelesaikan masalah. Salah satu cara untuk mengatasi kesulitan dalam pengaturan nilai parameter tersebut adalah pemanfaatan algoritma genetika model *Population Resizing on Fitness Improvement Fuzzy Evolutionary Algorithm (PROFIFEA)* yaitu dengan memanfaatkan logika fuzzy model Xu untuk penentuan probabilitas pindah silang dan probabilitas mutasi serta teknik *Population Resizing on Fitness Improvement Genetic Algorithm (PROFIGA)* untuk penentuan ukuran populasi baru berdasarkan dari perkembangan nilai fitness terbaik untuk digunakan pada generasi berikutnya (Muzid dan Wardoyo, 2013).

Salah satu permasalahan optimasi yang dapat diselesaikan dengan algoritma genetika pencarian rute terpendek atau dikenal dengan *Travelling Salesman Problem (TSP)* yaitu mencari rute/jalur terpendek dari beberapa kota yang dicari. Penelitian ini memaparkan pemanfaatan Algoritma genetika model *PROFIFEA* untuk menyelesaikan permasalahan *TSP*.

1.1. Algoritma Genetika

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 (Jang, dkk, 1997). *Soft Computing* dimanfaatkan untuk memecahkan masalah dengan menggunakan pendekatan dalam melakukan penalaran. Proses pendekatan tersebut dapat dilakukan dengan fungsional maupun melalui pencarian random.

Beberapa komponen pembentuk *soft computing* adalah sistem fuzzy, komputasi evolusioner atau algoritma genetika, dan penalaran dengan probabilitas. Penggunaan suatu komponen *soft computing* dalam penyelesaian masalah dapat menghasilkan suatu hasil yang dapat diterima, akan tetapi belum tentu maksimal (Kusumadewi, 2002). Algoritma genetika adalah model *soft computing* yang dikenalkan oleh John Holland dari Universitas Michigan pada tahun 1975, dimana algoritma genetika merupakan teknik pencarian heuristik berdasar mekanisme evolusi biologis yang meniru dari teori Darwin dan operasi genetika pada kromosom dan sering digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi. Algoritma genetika terdiri dari enam tahap utama, yaitu: (1) Representasi kromosom, (2) Inisialisasi populasi, (3) Perhitungan fungsi evaluasi, (4) Proses seleksi, (5) Operator genetika meliputi operator pindah silang (*crossover*) dan mutasi serta (6) Penentuan parameter kontrol algoritma genetika yaitu: ukuran populasi, probabilitas pindah silang, dan probabilitas mutasi.

Karena solusi atau keluaran yang dihasilkan oleh *soft computing* dalam suatu masalah belum tentu maksimal maka muncul ide-ide untuk menggabungkan antara metode yang ada seperti metode fuzzy evolusi, yaitu gabungan dari metode algoritma genetika dan sistem fuzzy. Dimana parameter-parameter yang biasanya ada dalam algoritma genetika didapatkan dari sistem fuzzy.

1.2. Algoritma Fuzzy Evolusi

Algoritma fuzzy evolusi merupakan suatu teknik komputasi gabungan antara algoritma genetika dan sistem fuzzy dimana parameter-parameter yang dipakai dalam algoritma genetika dihasilkan dari sebuah sistem fuzzy. Salah satu model Algoritma fuzzy evolusi adalah model Xu yang menggunakan variabel masukan dan keluaran sangat jelas dan mudah dipahami. (Tettamanzi dan Tomassini, 2001).

Xu dan Vukovich (1993) dalam penelitiannya yang berjudul *Fuzzy Genetic Algorithm With Effective Search and Optimization* mengembangkan sebuah model untuk algoritma fuzzy evolusi yang menggunakan sistem fuzzy untuk penentuan parameter yang digunakan algoritma genetika. Model yang dikembangkan tersebut menggunakan 2 buah sistem fuzzy untuk menentukan nilai probabilitas pindah silang dan nilai probabilitas mutasi. Kedua sistem fuzzy tersebut menggunakan ukuran populasi dan jumlah generasi sebagai masukan.

Aturan fuzzy yang digunakan dalam penentuan nilai keluaran berdasarkan kondisi dari masukan pada sistem fuzzy dalam model Xu dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Aturan probabilitas pindah silang (p_c)

P_c	Population Size		
Generatio	Small	Medium	Large
Short	Medium	Small	Small
Medium	Large	Large	Medium
Long	Very large	Very large	Large

Tabel 2. Aturan probabilitas mutasi (p_m)

P_m	Population Size		
Generatio	Small	Medium	Large
Short	Large	Medium	Small
Medium	Mediu	Small	Very
Long	Small	Very	Very

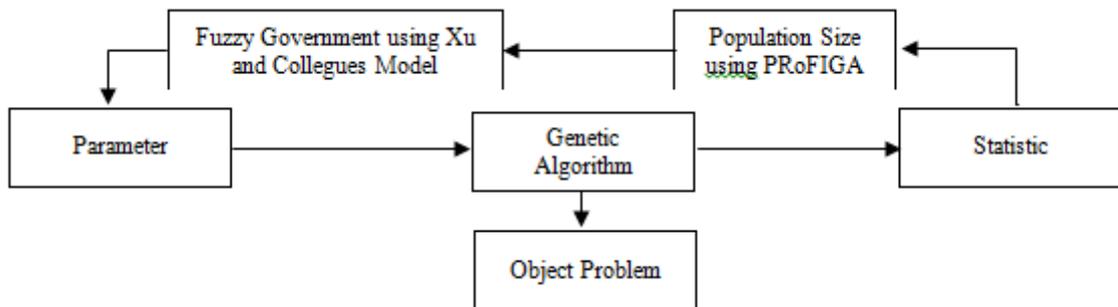
Menurut Muzid, dkk (2009), Penggunaan algoritma fuzzy evolusi model Xu memiliki kelemahan pada penentuan batasan nilai masukan khususnya pada ukuran populasi. Jika ukuran populasi yang digunakan tetap maka nilai dari probabilitas pindah silang dan probabilitas mutasi tidak akan mengalami perubahan sehingga akan memungkinkan terjadinya konvergensi dini.

1.3. Population Resizing on Fitness Improvement Fuzzy Evolutionary Algorithm (PRoFIFEA)

PRoFIFEA adalah suatu metode yang digunakan dalam mengatasi permasalahan yang muncul pada saat pemanfaatan algoritma genetika dalam penyelesaian masalah. PRoFIFEA adalah pengembangan dari Algoritma Fuzzy Evolusi (*Fuzzy Evolutionary Algorithm*) model Xu yang digabungkan dengan model *Population Resizing on Fitness Improvement Genetic Algorithm* (PRoFIGA) (Muzid dan Wardoyo, 2013).

Eiben, dkk (2004) menjelaskan tentang model *Population Resizing on Fitness Improvement Genetic Algorithm* (PRoFIGA). Penelitian tersebut menjelaskan bahwa ukuran populasi merupakan sebuah parameter yang penting dalam algoritma genetika. Jika ukuran populasi terlalu kecil akan memungkinkan terjadinya konvergensi dini, dan jika terlalu besar akan mengakibatkan lamanya waktu yang dibutuhkan algoritma genetika dalam menghasilkan solusi terbaik.

Adapun arsitektur sistem yang digunakan dalam PRoFIFEA dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur sistem PRoFIFEA

PRoFIFEA menggunakan aturan-aturan kondisi untuk penentuan ukuran populasi baru menggunakan aturan kondisi yang digunakan oleh konsep PRoFIGA. Adapun aturan tersebut terdiri dari 4 (empat) aturan sebagai berikut:

1. Nilai fitness terbaik meningkat

Jika nilai fitness terbaik pada generasi saat ini meningkat maka ukuran populasi yang baru bertambah dengan rumus sebagai berikut:

$$newPopSize = oldPopSize + \left(oldPopSize * \left(IncFac * (maxG - curG) * \left(\frac{newMaxF - oldMaxF}{initMaxF} \right) \right) \right) \tag{1}$$

Keterangan:

- *newPopSize* adalah ukuran populasi baru
- *oldPopSize* adalah ukuran populasi lama
- *IncFac* adalah persentase faktor penambahan
- *maxG* adalah jumlah maksimum generasi
- *curG* adalah generasi saat ini
- *newMaxF* adalah nilai fitness maksimum pada generasi saat ini
- *oldMaxF* adalah nilai fitness maksimum pada generasi sebelumnya
- *initMaxF* adalah nilai fitness maksimum yang diharapkan.

2. Nilai fitness terbaik menurun

Jika nilai fitness terbaik pada generasi saat ini menurun maka ukuran populasi yang baru menyusut dengan rumus sebagai berikut:

$$newPopSize = oldPopSize + (1 - DecFac) \tag{2}$$

Keterangan:

- *DecFac* adalah persentase faktor penyusutan

3. Nilai fitness terbaik tetap sama

- a. Nilai fitness terbaik tetap sama selama beberapa generasi dan masih dibawah batas maksimal generasi tidak ada perubahan maka ukuran populasi yang baru menyusut seperti pada persamaan 2. Misal:

- Batas maksimal generasi tidak ada perubahan adalah 5 generasi, dan nilai fitness terbaik sama selama 2 sampai 4 generasi maka ukuran populasi yang baru menyusut.
- b. Jika nilai fitness terbaik pada generasi saat ini sama dan sama dengan batas maksimal generasi tidak ada perubahan maka ukuran populasi yang baru bertambah dengan rumus sebagai berikut:

$$newPopSize = oldPopSize + (oldPopSize * IncFac) \quad (3)$$

Dalam pemanfaatan algoritma genetika tingkat keberagaman individu kromosom dalam populasi harus dipertahankan dengan baik, sehingga tidak terjadi homogenitas individu. Karena hal ini dapat menyebabkan terjadinya konvergensi dini. Menurut Muzid dan Wardoyo (2013), Cara atau metode yang digunakan dalam PRoFIFEA untuk menghasilkan solusi yang lebih optimum dan mencegah homogenitas dari individu atau kromosom dalam populasi adalah sebagai berikut:

- Jika ukuran populasi baru bertambah maka akan dibangkitkan individu baru secara acak sesuai tipe kromosom yang digunakan sejumlah banyaknya penambahan ukuran populasi.
- Jika ukuran populasi baru menyusut maka populasi baru dibentuk dengan rumus berikut ini:
 - Sebanyak 30 persen (30%) populasi baru diambilkan dari populasi lama yang memiliki nilai fitness terbaik.
 - Sebanyak 30 persen (30%) populasi baru yang lain diambilkan dari populasi lama yang memiliki nilai fitness terburuk.
 - Sedangkan sisanya sebanyak 40 persen (40%) diambilkan secara acak dari populasi lama.

1.4. Travelling Salesman Problem (TSP)

Travelling Salesman Problem (TSP) merupakan salah satu permasalahan optimasi klasik yang sulit untuk dipecahkan secara konvensional. Penyelesaian TSP adalah untuk memperoleh jalur terpendek. TSP dapat diselesaikan secara eksak akan tetapi harus melakukan perhitungan terhadap semua kemungkinan rute yang dapat diperoleh, kemudian memilih salah satu rute yang terpendek (Puspitorini, 2008). Jika terdapat sejumlah n kota yang harus dikunjungi, maka terdapat $n!$ kombinasi kota yang akan dibandingkan jarak masing-masing kota tersebut. Sehingga akan membutuhkan waktu komputasi yang cukup lama apabila jumlah kota yang harus dikunjungi semakin banyak.

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

2.1. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, metode pengembangan perangkat lunak yang dilakukan adalah menggunakan metode prototype dan diawali dengan studi kepustakaan. Tahapan dari metode penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

1. Studi pustaka.

Studi pustaka dilakukan dengan cara mempelajari, mendalami, dan mengutip teori atau konsep dari sejumlah literatur, baik buku, jurnal yang relevan dengan topik atau variabel penelitian yang berkaitan dengan algoritma genetika, sistem fuzzy, dan algoritma fuzzy evolusi model Xu, model PRoFIGA serta PRoFIFEA.

2. Analisa dan Desain Sistem.

Tahap ini dilakukan untuk menganalisa teori yang ada, teori terkait teori FEA dan PRoFIFEA. Desain

sistem dilakukan untuk merancang proses dan antarmuka dari sistem yang akan dikembangkan. Metode

desain atau perancangan sistem yang digunakan adalah menggunakan diagram *Flowchart*.

3. Pengembangan Sistem.

Tahap ini adalah tahap dimana sistem baru mulai dibangun dengan menuliskan kode program dalam bentuk modul fungsi dan pengembangan *graphic user interface* (GUI) serta integrasi dari modul-modul fungsi tersebut.

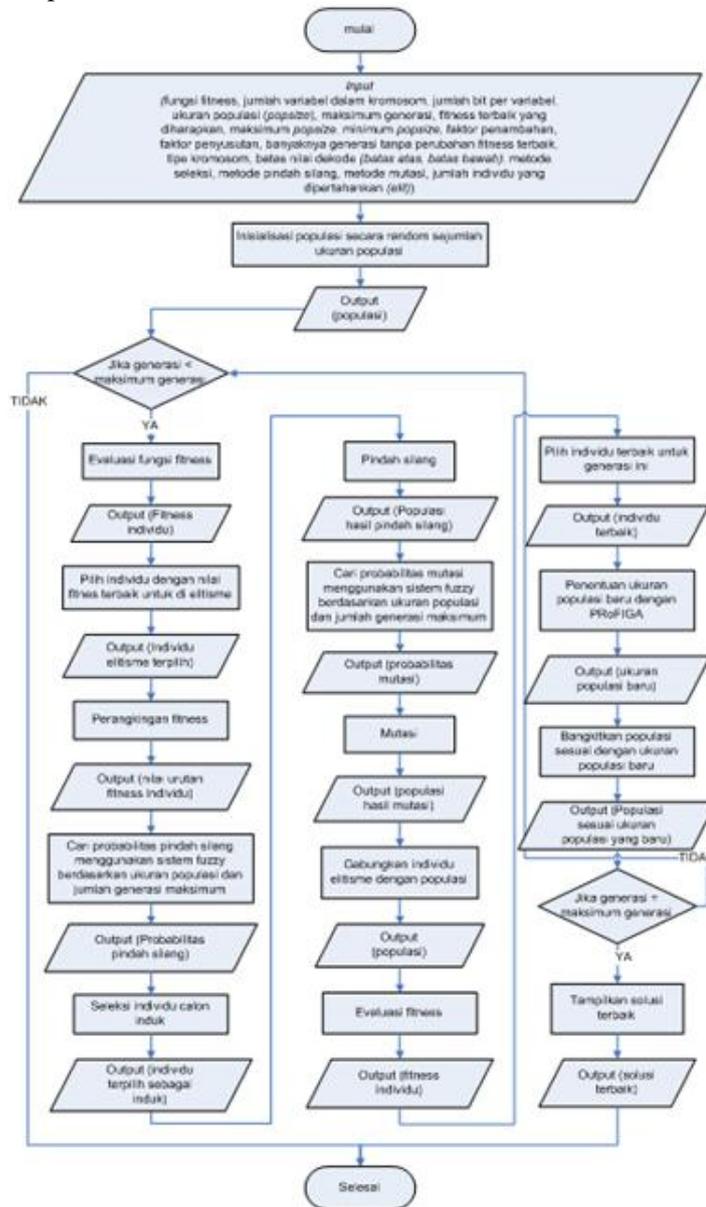
4. Pengujian (*Testing*).

Pengujian dilakukan untuk menguji sistem yang dikembangkan terhadap masalah yang akan diselesaikan. Pengujian dilakukan dengan melakukan inisialisasi masalah ke

dalam komponen-komponen dalam algoritma genetika kemudian menyelesaikan masalah tersebut menggunakan sistem PRoFIFEA.

2.2. Perancangan Sistem

Rancangan alur PRoFIFEA dalam penelitian memiliki tahapan alur gabungan dari algoritma fuzzy evolusi model Xu dengan alur model PRoFIGA. Rancangan tersebut digambarkan dalam bentuk *flowchart* seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart rancangan alur sistem PRoFIFEA

2.3. Rancangan penyelesaian masalah

Studi kasus permasalahan yang akan diselesaikan adalah permasalahan *Travelling Salesman Problem (TSP)* dengan jumlah kota sebanyak 20 dengan ketentuan beberapa kota hanya memiliki satu rute tujuan (*one way*). Adapun nilai fitness yang digunakan dalam permasalahan ini adalah mencari jarak terpendek seperti rumus contoh perhitungan jarak antara dua kota pada persamaan 4. Sedangkan titik-titik kota yang digunakan dalam pengujian TSP seperti ditunjukkan pada tabel 3. Sedangkan daftar rute *one way* dapat dilihat pada tabel 4.

$$\|A - B\| = \sqrt{(X_A - X_B)^2 + (Y_A - Y_B)^2} \tag{4}$$

Tabel 3. Tabel titik-titik kota

Kota	Titik Kordinat	
Kota ke-1	1	8
Kota ke-2	2	15
Kota ke-3	1	21
Kota ke-4	4	6
Kota ke-5	6	9
Kota ke-6	8	11
Kota ke-7	9	3
Kota ke-8	11	22
Kota ke-9	13	8
Kota ke-10	14	2
Kota ke-11	17	16
Kota ke-12	17	28
Kota ke-13	18	30
Kota ke-14	21	4
Kota ke-15	23	8
Kota ke-16	24	13
Kota ke-17	24	19
Kota ke-18	28	2
Kota ke-19	29	6
Kota ke-20	29	27

Tabel 4. Rute One Way

Rute One Way	
Kota Asal	Kota Tujuan
1	4
2	3
2	8
8	12
11	13
11	15
12	13
15	17
15	19
15	20
16	17

Tabel 4 berisi daftar rute *one way* yang berarti kota-kota yang terdaftar dalam rute *one way* hanya bisa menuju ke kota yang telah ditentukan saja.

2.4. Hasil dan Pengujian

Dalam menyelesaikan permasalahan TSP tersebut perlu dilakukan pengaturan beberapa parameter dalam algoritma genetika sebagai berikut:

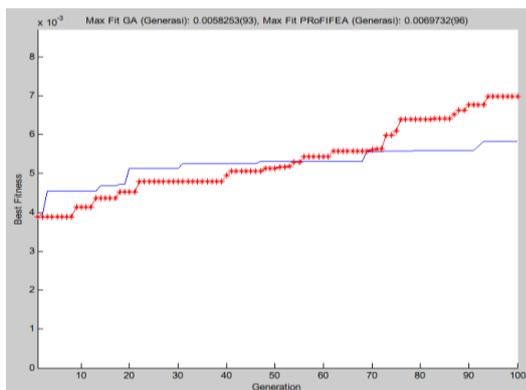
- Jumlah variabel yang digunakan sebanyak 1 buah, karena merupakan urutan jalur atau rute kota.
- Jumlah bit setiap variabel adalah 20 sesuai dengan jumlah banyaknya kota.
- Ukuran populasi awal: 100.
- Jumlah generasi: 100 generasi.
- Fitness maksimum yang diharapkan adalah 1 karena proses yang dilakukan adalah minimalisasi maka nilai fitness yang digunakan adalah 1/jaraknya.
- Populasi minimum: 10,
- Populasi maksimum: 200,
- Faktor pertumbuhan: 0,1.
- Faktor penyusutan: 0,05.
- Batas generasi tidak ada perkembangan nilai fitness sebanyak 5 generasi.
- Tipe kromosom yang digunakan adalah *Permutasi*.
- Metode seleksi individu adalah seleksi roda *roulette*.

- Metode pindah silang adalah *Order*.
- Metode mutasi adalah *Insert*.
- Jumlah individu terbaik yang dipertahankan pada generasi selanjutnya adalah sebanyak 2 buah.
- Grafik hasil *running* yang digunakan adalah grafik *best individual*.

Untuk menguji apakah hasil yang ditemukan menggunakan algoritma genetika model PROFIFEA lebih baik daripada hasil algoritma genetika standar maka dilakukan pengujian dengan studi kasus dan pengaturan parameter yang sama antara algoritma genetika standar dengan algoritma genetika PROFIFEA.

Setelah proses *running* maka dapat dilihat hasil yang ditemukan menggunakan algoritma genetika model PROFIFEA menghasilkan rute yang lebih baik/pendek daripada hasil dari algoritma genetika standar. Garfik perbandingan hasil running dari kedua model algoritma genetika tersebut dapat dilihat pada Gambar 3. Nilai fitness terbaik dari algoritma genetika standar ditunjukkan dengan garis lurus warna biru, sedangkan nilai fitness terbaik dari algoritma genetika model PROFIFEA ditunjukkan dengan garis titik-titik warna merah.

Sedangkan Gambar 4 menunjukkan jalur rute dan panjang rute yang dihasilkan dari kedua model algoritma genetika tersebut dalam *Command Windows*. Nilai fitness yang dihasilkan oleh algoritma genetika model PROFIFEA adalah sebesar **0.0069** yang lebih optimal daripada nilai fitness yang dihasilkan oleh algoritma genetika standar yaitu sebesar **0.0058**. Adapun panjang rute yang dihasilkan oleh algoritma genetika standar adalah sepanjang **171.6663** sedangkan panjang rute yang dihasilkan oleh algoritma genetika model PROFIFEA adalah sepanjang **143.4062** dengan rute: **16 17 11 15 19 18 14 9 10 7 6 5 1 4 2 3 8 12 13 20**.



Gambar 3. Grafik pengujian algoritma genetika standar dengan PROFIFEA

```

Generasi: 88 GA: 0.0055846 PROFIFEA: 0.0066153
Generasi: 89 GA: 0.0055846 PROFIFEA: 0.0066153
Generasi: 90 GA: 0.0055846 PROFIFEA: 0.006759
Generasi: 91 GA: 0.0055846 PROFIFEA: 0.006759
Generasi: 92 GA: 0.0056959 PROFIFEA: 0.006759
Generasi: 93 GA: 0.0058253 PROFIFEA: 0.006759
Generasi: 94 GA: 0.0058253 PROFIFEA: 0.0069732
Generasi: 95 GA: 0.0058253 PROFIFEA: 0.0069732
Generasi: 96 GA: 0.0058253 PROFIFEA: 0.0069732
Generasi: 97 GA: 0.0058253 PROFIFEA: 0.0069732
Generasi: 98 GA: 0.0058253 PROFIFEA: 0.0069732
Generasi: 99 GA: 0.0058253 PROFIFEA: 0.0069732
Generasi: 100 GA: 0.0058253 PROFIFEA: 0.0069732
***** SOLUSI TERBAIK *****
Hasil terbaik Algoritma Genetika : 171.6663
Terbaik ditemukan pada Generasi : 93
Jalur terbaik Algoritma Genetika : 13 12 8 15 14 18 19 16 10 6
                               5 1 4 9 7 2 3 11 17 20
-----
Hasil terbaik PROFIFEA : 143.4062
Terbaik ditemukan pada Generasi : 96
Jalur terbaik PROFIFEA : 16 17 11 15 19 18 14 9 10 7
                               6 5 1 4 2 3 8 12 13 20
    >> |
    
```

Gambar 4. Rute dan panjang rute yang dihasilkan dari proses *running*.

Berdasarkan dari proses *running* diatas dapat disimpulkan bahwa algoritma genetika model PROFIFEA dapat menghasilkan solusi akhir yang lebih optimal dibandingkan hasil akhir dari algoritma genetika standar.

3. KESIMPULAN DAN SARAN

3.1 Kesimpulan

Berdasarkan implementasi dan pengujian terhadap penelitian ini maka dapat terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan. Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Teknologi hybrid antara algoritma genetika dan logika fuzzy serta teknik PRoFIGA atau disebut dengan model PRoFIFEA mampu meningkatkan hasil akhir atau solusi yang ditemukan.
- Dinamisasi parameter dalam PRoFIFEA memudahkan dalam penyelesaian permasalahan optimasi khususnya pada kasus *Travelling Salesman Problem (TSP)* sehingga pengguna tidak kesulitan dalam menentukan nilai dari parameter yang digunakan dalam proses *running*.

3.2 Saran

Penelitian yang telah dilakukan masih memiliki banyak kekurangan yang perlu diperbaiki sehingga membutuhkan saran untuk perbaikan. Beberapa saran yang untuk penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut:

- Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut untuk penentuan nilai batas parameter yang digunakan dalam model PRoFIFEA seperti minimum ukuran populasi dan maksimum ukuran populasi karena semakin besar ukuran populasi akan menyebabkan semakin lama waktu *running*.
- Diharapkan ada penelitian lain untuk beberapa permasalahan optimasi lain selain dari *Travelling Salesman Problem (TSP)*.

DAFTAR PUSTAKA

- Eiben, A.E., Marchiori, E., dan Valko, V.A., (2004), Evolutionary algorithm with on-the-fly Population size adjustment, dalam *Parallel Problem Solving from Nature*, PPSN VIII, volume 3242 dari *Lecture Notes in Computer Science*, 41-50, Springer, New York.
- Jang, J.S.R., Sun, C.T., dan Mizutani, E., (1997), *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*, Prentice Hall, London.
- Kusumadewi, S., (2002), *Analisis Desain Sistem Fuzzy menggunakan Toolbox MATLAB*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Muzid, S., Kusumadewi, S., dan Papatungan, I.V., (2009), Matlab Toolbox for Fuzzy Evolutionary Algorithm, dalam *International Conference on Robotics, Vision, Signal Processing and Power Application (ROVISP)*, Universiti Sains Malaysia, Langkawi Kedah Malaysia.
- Muzid, S., Wardoyo, R., (2013), *Dinamisasi Parameter pada Fuzzy Model Xu dalam Toolbox Algoritma Fuzzy Evolusi*, Seminar Nasional Ilmu Komputer 2013, Fakultas MIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Puspitorini, S., (2008), *Penyelesaian Masalah Travelling Salesman Problem Dengan Jaringan Saraf Self Organizing*, Media Informatika volume 6 nomor 1, 39-55, Yogyakarta.
- Suyanto, (2005), *Algoritma Genetika dalam MATLAB*, ANDI, Yogyakarta.
- Tettamanzi, A., Tomassini, M., (2001), *Soft Computing*, Springer, New York.
- Xu, H.Y., Vukovich, G., (1993), A fuzzy genetic algorithm with effective search and optimization. *Proceedings of the 1993 International Joint Conference on Neural Networks*, 2967-2970, Nagoya, Japan.