

Penggabungan Metode Replacement Strategy Steady State dan Generational Dalam Algoritma Berevolusi untuk Penyelesaian TSP

Munawir¹, Taufiq A. Gani²

¹Prodi Teknik Informatika, Fakultas Teknik Universitas Serambi Mekkah

²Prodi Magister Teknik Elektro Universitas Syiah Kuala,
Darussalam, Banda Aceh 23111, Indonesia

Corresponden e-mail: munawir.mte@gmail.com,

Abstrak. *Travelling Salesman Problem (TSP) merupakan masalah optimasi perjalanan seorang salesman dalam mengunjungi kota dan tiap-tiap kota hanya dilewati tepat satu kali. Masalah tsp dapat diterapkan pada berbagai kegiatan yang bersifat untuk optimalisasi, dalam penyelesaian TSP ada beberapa metode yang bisa digunakan, diantaranya algoritma berevolusi. Untuk meningkatkan diversity dan menaikkan kualitas solusi, metode yang digunakan adalah replacement strategy. Penelitian ini menganalisis metode replacement strategy steady state dan generational. Replacement strategy steady state akan terperangkap local optimal karena individu baru yang diciptakan hanya satu anggota baru yang akan diuji untuk dimasukkan ke dalam populasi selanjutnya, sedangkan replacement strategy generational diversity akan meningkat karena generational ini memiliki prosedur menggantikan semua individu pada suatu generasi digantikan sekaligus oleh jumlah individu baru hasil pindah silang dan mutasi. Dalam penelitian ini, data pengujian yang digunakan adalah datatsp lib sebanyak 5 dataset, dan dibangkitkan sebanyak 128 generasi, pengujian masing-masing data set 10 kali pengujian, yang dihasilkan dari pengujian ini adalah rata-rata jarak minimum dan diversity, setelah pengujian maka mendapatkan kesimpulan bahwa dengan menggunakan penggabungan metode replacement strategy steady state dan generational mendapatkan solusi jarak terpendek yang lebih optimal.*

Kata kunci : *Replacement Strategy, Steady State, Generational , Algoritma berevolusi*

Abstract. *Travelling Salesman Problem (TSP) is a traveling salesman optimization problems in visiting the city and every town just skipped right one. Tsp problem can be applied to various activities are to optimize, in the completion of TSP there are several methods that can be used, including the algorithms evolve. To increase diversity and raise the quality of the solution, the method used is the replacement strategy. This study analyzes the replacement method of steady state and generational strategy. Replacement strategy steady state will be trapped local optimum because of the new individual created only one new member to be tested for inclusion in the population further, while the replacement strategy generational diversity will increase as generational this procedure replaces all individuals in a generation is replaced at once by a number of individuals The new results of crossover and mutation. In this study, the test data used is datatsp lib as much as 5 dataset, and raised as much as 128 generations, the testing of each data set 10 times of testing, resulting from this test is the average minimum distance and diversity, after testing then get a conclusion that by using the merger method of replacement strategy generational steady state and the shortest distance to get a solution that is more optimal.*

Keywords: *Replacement Strategy, Steady State, generational, algorithms evolve*

1. Pendahuluan

Travelling Salesman Problem (TSP) adalah pencarian rute terpendek atau jarak minimum oleh seorang salesman dari suatu kota ke semua kota tepat satu kali dan kembali ke kota awal keberangkatan [1]. TSP dikenal sebagai salah satu

masalah optimasi, TSP dinyatakan dalam masalah perjalanan seorang salesman dapat mengatur rute perjalanannya untuk mengunjungi sejumlah kota yang diketahui jarak satu kota dengan kota lainnya sehingga jarak yang ditempuh merupakan jarak minimum, salesmen hanya dapat mengunjungi

kota tersebut tepat satu kali. Permasalahan pada TSP adalah mencari sirkuit terpendek pada suatu graf tidak berarah yang berasal dari suatu simpul dengan melewati seluruh simpul dan kembali ke simpul asal. Dalam menyelesaikan permasalahan TSP, kota dapat dinyatakan sebagai sebuah simpul graf, sedangkan sisi menyatakan jalan yang menghubungkan antara dua kota dan bobot pada sisi menyatakan jarak antara dua kota [2]. Salah satu metode untuk menyelesaikan masalah optimasi yaitu algoritma berevolusi.

Algoritma berevolusi merupakan metode tiruan proses genetik makhluk hidup dalam pertemuan alami, pencarian spesies berevolusi yang secara terus menerus mengalami perubahan gen. Hanya individu yang bernilai fitness tinggi yang mampu bertahan, sehingga dalam proses evolusi akan memperoleh individu yang terbaik, jika sudah dapat yang terbaik, maka gen induknya akan diganti dengan yang baru [3].

Dalam algoritma evolusi, dipertahankan individu yang akan bertahan hidup digenerasi selanjutnya, yaitu fitness yang bernilai tinggi yang akan bertahan ke tahap selanjutnya [4]. Dalam algoritma berevolusi ada beberapa cara yang dilakukan untuk mencari tingkat diversity dan konvergensi salah satunya yaitu dengan menggunakan metode *replacement strategy*.

Replacement strategy adalah pada algoritma berevolusi, yang dianalisis ada dua strategi yaitu steady state dan generational, kemudian akan dianalisa berdasarkan diversity dan konvergensi dari populasi dan individu. Tujuan dari replacement strategy pada algoritma berevolusi adalah implementasi dari *survival of the strongest* dari teori Darwin, yaitu individu bernilai paling tinggi yang mampu bertahan pada tahap selanjutnya.

Replacement strategy steady state menciptakan hanya satu anggota baru yang akan diuji untuk dimasukkan kedalam populasi selanjutnya, sedangkan replacement strategy generational diversity akan meningkat karena generational ini memiliki prosedur menggantikan semua individu pada suatu generasi digantikan sekaligus oleh jumlah individu baru hasil pindah silang dan mutasi. Jadi dengan beberapa metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah

optimasi, maka perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh replacement strategy steady state dan generational dalam algoritma berevolusi untuk penyelesaian TSP. Penelitian tentang replacement strategy sudah pernah diteliti tentang dinamika algoritma berevolusi steady state bernilai real evolusi dengan lebih dari satu elemen pengganti secara teoritis, yang dilakukan adalah pemahaman komponen nilai real evolusi steady state dan parameter yang mempengaruhi diversity [5].

Penelitian yang dilakukan oleh [6], masalah yang diuji adalah knapsack problem dan vehicle routing problem, setelah dilakukan pengujian dengan menggunakan *replacement strategy*, maka mendapatkan hasil bahwa replacement strategy steady state mendapatkan solusi terbaik dibandingkan dengan menggunakan *replacement strategy Replace Worst*. Selanjutnya penelitian yang dilakukan dalam penelitian [7], Dalam penelitian ini ada tiga operator yang diajukan yaitu : Roulette Wheel Selection, Seleksi Rank dan Seleksi Annealed. Penelitian ini membandingkan kinerja algoritma genetika menggunakan tiga operator pilihan tersebut dengan menggunakan replacement strategy generational dan $\mu + \lambda$ pengganti. Hasil optimal menunjukkan bahwa algoritma genetika dengan $\mu + \lambda$ pengganti lebih baik daripada dengan menggunakan replacement strategy generational. Selanjutnya dalam penelitian [8] dalam penelitian ini menggunakan dua strategi optimasi lokal, yang pertama strategi optimasi lokal adalah empat simpul dan tiga baris ketidaksetaraan yang diterapkan pada jalur Hamiltonian untuk menghasilkan sirkuit hamiltonian pendek (HC), setelah HC disesuaikan dengan ketidaksetaraan, optimasi lokal kedua yaitu membalikkan jalur hamiltonian dengan lebih dari dua simpul yang juga menghasilkan sirkuit hamiltonian lebih pendek. Hal ini diperlukan bahwa dua strategi optimasi ini dimasukkan kedalam algoritma genetika standar. Setelah dilakukan pengujian dari 36 dataset, menunjukkan bahwa algoritma genetika hybrid (HGA) dapat menemukan solusi lebih baik dibandingkan dengan algoritma genetika standar.

Algoritma yang digunakan untuk menyelesaikan masalah TSP sangat beragam seperti yang sudah dibahas dalam penelitian-penelitian sebelumnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan solusi jarak terpendek dalam masalah TSP dengan menggunakan dua metode replacement strategy yaitu steady state dan generational, selanjutnya setelah mendapatkan hasil analisis rata-rata jarak, maka membandingkan kedua metode replacement strategy tersebut untuk mendapatkan kesimpulan bahwa dengan menggunakan metode replacement strategy yang lebih optimal digunakan untuk menghasilkan solusi jarak terpendek dalam penyelesaian TSP.

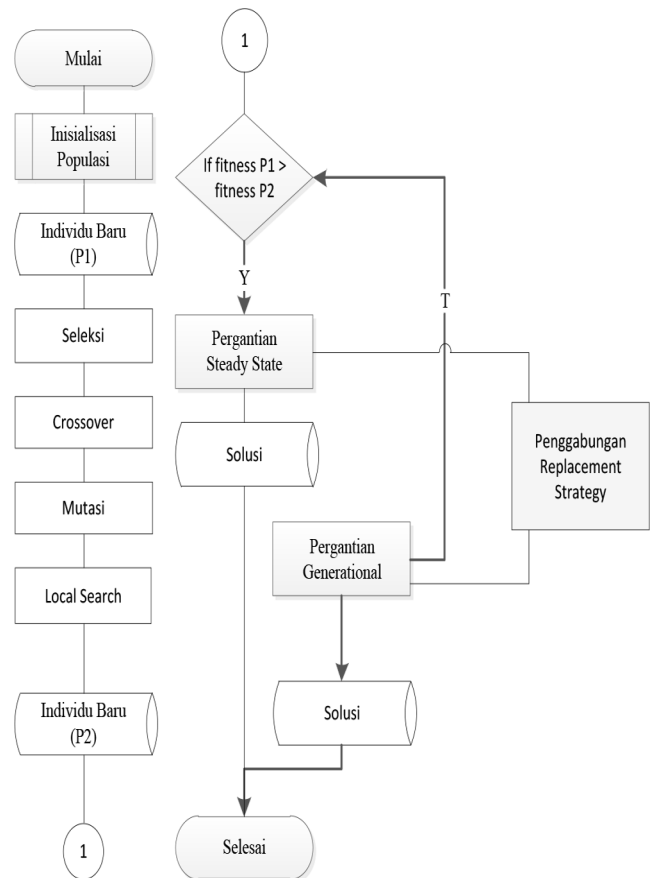
2. Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini dikaji adalah peningkatan solusi jarak terpendek dari penggabungan replacement strategy dalam algoritma berevolusi untuk penyelesaian Traveling Salesman Problem (TSP) terhadap konvergensi dan optimality. Optimality adalah tercapainya satu solusi terbaik atau jarak minimum yang akan ditempuh oleh salesman. Penyelesaian TSP akan menggunakan strategi pergantian steady state dan generational dengan data yang diuji adalah data file .tsp hanya tipe EDGE_WEIGHT_TYPE : UEC_2D [9] yaitu koordinat posisi dengan format Euclidian 2 dimensi.

Pengujian untuk data diatas akan dilakukan dengan Pengujian komputasi untuk dataset di atas dilakukan dengan menggunakan parameter pengujian. Parameter yang digunakan untuk maksimum generasi adalah 128, ukuran populasi yang akan dibentuk adalah 20 populasi, dan ukuran offspring yang akan dibentuk adalah 80 offspring. Pengujian komputasi ini dilakukan untuk meningkatkan optimality jarak dengan menggunakan penggabungan *replacement strategy steady state* dan generational.

Pengujian ini dilakukan simulasi sebanyak 10 kali pengujian dengan masing-masing dataset diatas, setelah mendapatkan rata-rata jarak, maka

No	Data set	Type
1	eil51	EUC_2D
2	berlin52	EUC_2D
3	st70	EUC_2D
4	eil76	EUC_2D
5	pr76	EUC_2D



Gambar 1. Tahapan pengujian

dibandingkan rata-rata jarak dengan menggunakan metode strategi pergantian steady state dengan metode strategi pergantian generational, selanjutnya mendapatkan kesimpulan bahwa metode yang lebih optimal digunakan untuk penyelesaian TSP.

Tahapan pengujian dalam algoritma berevolusi untuk penyelesaian TSP yaitu inisialisasi populasi, mengevaluasi individu, seleksi, crossover, mutasi, local search, strategi pergantian steady state, generational dan penggabungan kedua replacement strategy tersebut. Tahapan pengujian dapat dilihat pada Gambar 1.

Langkah – langkah yang dilakukan dalam algoritma berevolusi untuk penyelesaian Travelling Salesman Problem (TSP) adalah sebagai berikut :

1) Inisialisasi Populasi

Tahap pertama dalam perancangan algoritma adalah inisialisasi populasi, yaitu proses membangkitkan sejumlah individu secara acak. Pada inisialisasi populasi ini adalah pengkodean kromosom. Teknik pengkodean yang dipakai adalah *Random Generator*, yaitu membangkitkan bilangan random untuk setiap gen sesuai dengan representasi kromosom yang

digunakan.

2) Evaluasi Individu

Tahap ke dua adalah evaluasi individu, dimana proses ini akan menghitung nilai fitness dari setiap kromosom yang telah dibangkitkan secara random pada tahap inisialisasi populasi, nilai fitness dari setiap kromosom dihitung berdasarkan panjang jalur yang dihasilkan dari jumlah jarak keseluruhan dari urutan node-node yang dilalui. Individu (kromosom) yang bernilai fitness yang tinggi yang akan bertahan hidup atau yang akan terpilih dan kromosom yang bernilai rendah akan mati atau tidak terpilih pada tahap selanjutnya. Karena solusi yang dicari adalah meminimalkan sebuah fungsi f , maka nilai fitness yang dicari adalah kromosom yang memiliki panjang jalur yang pendek.

Pencarian nilai fitness digunakan rumus :

$$f = \frac{1}{h} \dots\dots\dots (1)$$

keterangan :

f : fungsi fitness

h : fungsi yang akan dimaksimasi / diminimasi

Nilai fitness dalam sebuah algoritma genetik menggambarkan tingkat konvergensi keoptimalan algoritma dimana yang diharapkan adalah nilai fitness yang optimal dalam hal ini angka tertinggi ialah nilai terbaik.

3) Penskalaan Nilai Fitness (*Linear Fitness Ranking*)

Perbedaan dari nilai *fitness* yang terlalu kecil pada setiap individu didalam populasi akan menyebabkan kecenderungan akan konvergen pada optimum lokal. Maka untuk menguranginya digunakan pengurutan nilai *fitness*. Proses ini juga akan mengurutkan nilai *fitness* secara *ascending* dalam interval $[f_{min}, f_{max}]$.

$$f(n - i + 1)f_{max} - (f_{max}f_{min}) \left(\frac{R(i)-1}{N-1} \right) ($$

Keterangan:

$f(i)$: fungsi nilai fitness

f_{max} : fitness maksimum

f_{min} : fitness minimum

$R(i)$: iterasi ke-i

n : ukuran populasi

4) Seleksi

Seleksi yang digunakan pada proses ini adalah metode *roulette wheel*. Pada tahap ini akan dilakukan penyeleksian semua kromosom berdasarkan nilai *fitness*-nya untuk memilih kromosom mana yang akan dikawinkan atau dipindah silangkan. Kromosom yang bernilai *fitness* yang lebih baik akan memiliki kesempatan terbesar terpilih.

Pada proses *roulette wheel* ini akan menghitung nilai kumulatif dari probabilitas *fitness* masing-masing kromosom dengan rumus sebagai berikut:

$$P[i] = fitness[i] / \text{jumlah } fitness, \\ C[i] = \sum_{k=1}^i P[k] \dots\dots (3)$$

Keterangan:

$P[i]$: probabilitas *fitness*[i]

$C[i]$: nilai kumulatif indeks ke-i

i : indeks kromosom (1, 2, 3, ...n)

c : counter (1, 2, 3, ...n)

Proses *roulette wheel* ini dikendalikan oleh sebuah bilangan random (acak) RN yang dibangkitkan oleh program pada interval [0,1]. Apabila nilai kumulatif > bilangan random yang dibangkitkan ($C[i] > RN$), maka kromosom dengan indeks-i akan terpilih sebagai induk atau individu generasi berikutnya. Indeks dari kromosom yang terpilih ini disimpan pada sebuah variabel P index yang merupakan nama fungsinya. P index ini merupakan input untuk proses-proses berikutnya. Proses *roulette wheel* diputar sebanyak ukuran populasi (PopulationSize).

5) Crossover (Pindah Silang)

Proses pindah silang adalah proses untuk mengkawinkan antara induk yang telah dipilih pada proses *roulette wheel*, akan tetapi tidak semua induk akan mengalami kawin silang disebabkan proses kawin silang dilakukan dengan secara acak, proses kawin silang dengan

menggunakan *order crossover*.

6) Mutasi

Pada proses mutasi akan dilakukan untuk mengubah nilai dari satu atau beberapa generasi dalam suatu kromosom. Proses mutasi yang akan dilakukan pada kromosom dengan tujuan untuk memperoleh kromosom baru sebagai solusi terbaik pada generasi yang akan datang dengan *fitness* yang lebih baik, untuk kemudian dapat menuju solusi optimum yang diinginkan. Akan tetapi, untuk mencapai hal ini, penekanan selektif juga sangat memegang peranan yang penting untuk dilakukan.

7) Strategi Pergantian

Strategi pergantian adalah strategi pengganti diperlukan untuk menentukan bagaimana memilih individu dari parent dan offspring untuk bertahan hidup.

Dalam algoritma berevolusi ada dua strategi pergantian dalam populasi yaitu strategi pergantian steady state dan generational. Berikut prosedur kedua strategi tersebut :

7.1) Strategi Pergantian Steady State

Metode ini berisi menghapus hanya satu keturunan membentuk generasi dan mereproduksi hanya satu keturunan. Jadi untuk setiap generasi hanya 1 keturunan yang dihasilkan [10]. Terdapat beberapa prosedur penghapusan individu, yaitu penghapusan individu yang bernilai fitness paling rendah atau penghapusan individu yang paling tua. Prosedur pergantian dengan steady state yaitu:

- a. Mengganti individu yang memiliki nilai fitness terkecil
- b. Mengganti individu yang paling tua
- c. Membangkitkan anak dengan kedua orang tua, apabila anak memiliki nilai fitness lebih tinggi, maka anak bisa menggantikan orang tua yang memiliki nilai fitness rendah.

Pseudocode dari strategi pergantian steady state dalam algoritma berevolusi yang diusulkan dapat dilihat pada Algoritma 1:

Algoritma 1 Pseudo Code Steady State Replacement

```
Begin;  
  Membangkitkan populasi (P) secara acak  
  Seleksi Parent1(P1), dan Parent2(P2)  
  Crossover P1 dan P2, Hasil Child1 dan  
  Child2  
  Mutasi Child1 dengan Child2, Hasil  
  Individu  
  Ganti individu yang bernilai fitness  
  terendah  
  Bangkitkan Child dengan Parent  
  If  
    Fitness Child < Fitness Parent, then  
    Ganti Parent dengan Child  
  Hasil Solusi Terbaik  
End.
```

1.2) Strategi Pergantian Generational

Dalam algoritma berevolusi dikenal dengan skema pergantian populasi yang disebut generational replacement yang berarti semua individu dari suatu generasi digantikan sekaligus oleh jumlah individu baru hasil pindah silang dan mutasi.

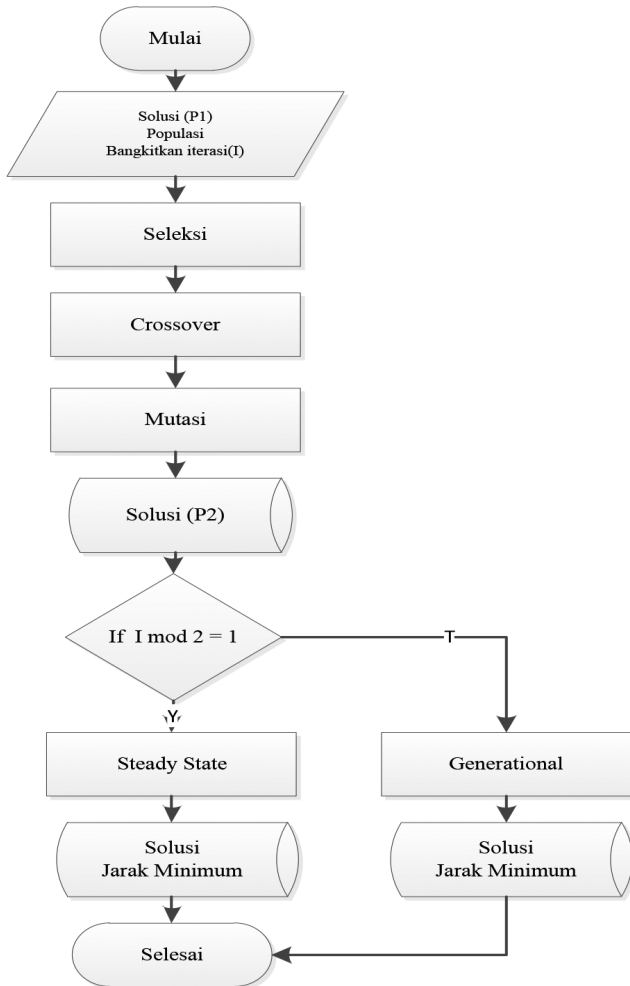
Pseudocode dari strategi pergantian generational dalam algoritma berevolusi yang diusulkan dapat dilihat pada Algoritma 2 :

Algoritma 2 Pseudo Code Generational Replacement

```
Begin;  
  Membangkitkan populasi (P) secara acak  
  Seleksi Parent1(P1), dan Parent2(P2)  
  Crossover P1 dan P2, Hasil Child1 dan  
  Child2  
  Mutasi Child1 dengan Child2, Hasil  
  Individu  
  Ganti individu generasi pertama dengan  
  individu baru  
End.
```

1.3) 7.3) Strategi Pergantian Gabungan

Dalam penelitian ini yang dilakukan adalah strategi pergantian steady state dan generational, selanjutnya melakukan penggabungan antara dua metode pergantian tersebut dengan cara



Gambar 2 Strategi Pergantian Gabungan

memoduluskan jumlah iterasi dengan angka 2, selanjutnya berdasarkan sisa bagi yang didapat akan mengakses strategi pergantian tersebut, jika sisa bagi sama dengan 1, maka akan melakukan strategi pergantian steady state (menggantikan individu dengan nilai *fitness* terendah) dan jika sisa bagi sama dengan 0, maka akan melakukan strategi pergantian generational (menggantikan semua individu dari suatu generasi dengan individu baru hasil crossover dan mutasi), begitu juga sampai dengan jumlah iterasi yang ditentukan.

Flowchart dari strategi pergantian gabungan dalam algoritma berevolusi dapat dilihat pada Gambar 4.9 dan pseudo code dapat dilihat pada Algoritma 3, seperti dibawah ini.

Selanjutnya prosedur pergantian gabungan dapat dilihat pada Algoritma 3

Tabel 2. Hasil rata-rata jarak

No	Dataset	Rata – Rata Jarak		
		Steady State	Generational	Gabungan
1	eil51	2,57	2,68	2,56
2	berlin52	3,78	3,82	3,75
3	st70	2,75	2,96	2,70
4	eil76	2,68	2,81	2,67
5	pr76	5,11	5,18	5,00

Algoritma 3

Pseudo Code Generational Replacement

```

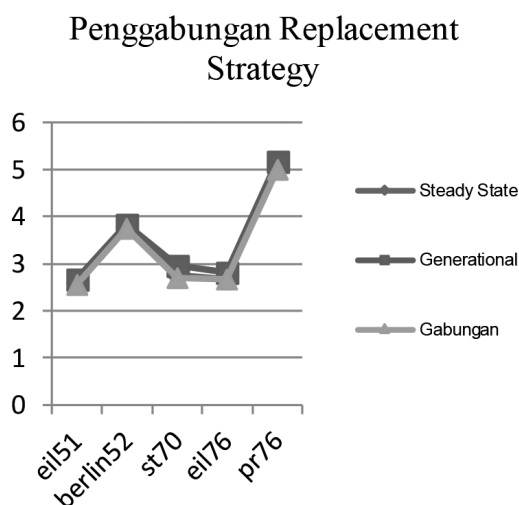
Begin;
Membangkitkan jumlah iterasi(I)
while
  Bangkitkan I iterasi;
  If iterasi mod 2 = 1;
    Then Ganti individu yang memiliki fitness terendah
  Else
    Ganti individu dari suatu generasi dengan individu baru
  End
END PROCEDURE
  
```

3. Hasil Dan Pembahasan

Pada pembahasan ini akan menganalisis hasil komputasi yang di lakukan sebanyak 10 kali pengujian dari metode replacement strategy dalam algoritma berevolusi. Pengujian dilakukan dengan menggunakan dataset TSPLIB95 [4]. Setelah melakukan komputasi, maka dianalisis jarak minimum dengan masing-masing metode, selanjutnya membuat perbedaan rata-rata minimum jarak tersebut.

Tabel 2 merupakan hasil pengujian jarak rata-rata dengan menggunakan strategi pergantian steady state, generational dan penggabungan *replacement strategy*.

Berdasarkan hasil perbandingan pada Tabel 2, maka dapat disimpulkan bahwa hasil rata-rata jarak yang didapat dari dataset masing-masing lebih kecil dengan menggunakan penggabungan replacement strategy dibandingkan dengan steady state dan generational, berarti bahwa optimality jarak terbaik adalah dengan menggunakan penggabungan replacement strategy daripada steady state daripada generational. Perbedaan jarak juga dapat dilihat dalam bentuk grafik yaitu seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik rata – rata jarak

4. Kesimpulan

Dari penelitian ini, mendapatkan kesimpulan bahwa dengan menggunakan 5 dataset uji dari TSPLIB, maka menghasilkan rute jarak terpendek dari masing-masing dataset lebih baik dengan menggunakan penggabungan *replacement strategy* dibandingkan dengan steady state dan strategi pergantian generational. Ini disebabkan karena penggabungan replacement strategy mempertahankan nilai fitness dan diversity terbaik dibandingkan dengan metode steady state dan generational.

5. Daftar Pustaka

- [1] A. Singh, Deves, “ Augmentation of Travelling Salesman Problem using Bee Colony Optimization ”. IJITEE. ISSN : 2278-3075, Volume -1, pp,61-65, Issue -2, July 2012
- [2] Nurmaulidar, “ The Aplication of Fitness Sharing Method in Evolutionary Algorithm to Optimizing the Travelling Salesman Problem (TSP) ”, Jurnal Natural Vol. 14, No. 2, Pp 23-32, September 2014.
- [3] Chafekar, D. Xuan, J. Rasheed, “ Constrained Multi-objective Optimization

Using Steady State Genetic Algorithms ” . In: Cant´u-Paz, E., et al. (eds.) GECCO 2003. LNCS, vol. 2723, pp. 813–824. Springer, Heidelberg (2003)

- [4] M, I, Faradian, “ *Perbandingan penggunaan algoritma genetika dengan algoritma konvensional pada Traveling salesman problem* ”, 2007
- [5] Y. Wu, J. Liu, C. Peng, “ A New Replacement Strategy for Genetic Algorithm and Computational Experiments ”, Computer, Consumer and Control (IS3C), 2014 International Symposium on , vol. 10.1109/IS3C.2014.195, no.14417592, pp.733-736, 10-12 June 2014
- [6] H. Someya, “ Theoretical Analysis of Phenotypic Diversity in Real-Valued Evolutionary Algorithms with More-Than-One-Element Replacement ” , IEEE TRANSACTIONS ON EVOLUTIONARY COMPUTATION, VOL. 15, NO. 2, Pp. 248 – 266. APRIL 2011
- [7] R. Kumar, “ Study of Annealed Selection and Replacement on Performance of Genetic Algorithms ” , IJRIM, Volume 2, pp.43-54, (ISSN 2231-4334), February 2012
- [8] Y. Wang, “ The hybrid genetic algorithm with two local optimization strategies for traveling salesman problem ” , Computers & Industrial Engineering, Volume 70, pp. 124-133, ISSN 0360-8352, April 2014.
- [9] (2015) Data TSPLib. [online]. Available : <http://www.iwr.uni-heidelberg.de/groups/comopt/software/TSPLIB95/>
- [10] Y. Wang; Z. Liu, W. Yan, “ Algorithms for Random Adjacency Matrixes Generation Used for Scheduling Algorithms Test ” , International Conference on Machine Vision and Human-Machine Interface (MVHI), DOI 10.1109/MVHI.2010.190, No. 978-0-7695-4009-2/10, pp.422-424, 24-25 April 2010