

ANALISIS METODE *CYCLE CROSSOVER* (CX) DAN METODE *PARTIAL-MAPPED CROSSOVER* (PMX) PADA PENYELESAIAN KASUS *TRAVELING SALESMAN PROBLEM* (TSP)

Theresia Kolo¹, Adriana Fanggida², Yelly N. Nabuasa³

Jurusan Ilmu Komputer, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

Email: theresiakolo123@gmail.com¹, adrianaikom@gmail.com², yelly.yosiana.n@gmail.com³

ABSTRAK

Travelling Salesman Problem (TSP) merupakan bentuk permasalahan optimasi pencarian rute terpendek dengan menempuh setiap kota tepat satu kali. Permasalahan pencarian rute terpendek suatu lokasi dapat diselesaikan menggunakan berbagai algoritma optimasi lainnya. Pada penelitian ini digunakan algoritma genetika dengan menggunakan dua metode *crossover* yaitu *cycle crossover* dan *partial mapped crossover*. Parameter yang digunakan ialah probabilitas *crossover* dan probabilitas mutasi, jumlah kota, generasi maksimum, jumlah populasi serta *threshold*. Pada penelitian ini menggunakan dua model pengujian yaitu pertama dalam mendapatkan generasi dan fitness terbaik digunakan kriteria berhenti keseragaman populasi 80%, dan kedua untuk mendapatkan waktu pengujian terbaik digunakan kriteria berhenti maksimum generasi 100 dan 500. Hasil pengujian pertama didapatkan metode PMX lebih baik dari CX, ini ditunjukkan nilai rata-rata dari 8 kali pengujian untuk generasi terbaik PMX sebesar 104,0469 dan CX sebesar 125,7938, dan untuk fitness terbaik PMX sebesar 344,6031 dan CX sebesar 350,4563. Hasil pengujian kedua didapatkan waktu pengujian terbaik metode PMX sebesar 1,1035 detik dan metode CX sebesar 2,2374 detik, sehingga dapat disimpulkan Solusi yang diberikan metode PMX lebih baik dibandingkan metode CX.

Kata kunci : *Traveling salesman problem*, algoritma genetika, algoritma Dijkstra, *cycle crossover*, *partial mapped crossover*, seleksi *roulette wheel*

ABSTRACT

Travelling Salesman Problem (TSP) is a form of a problem in optimizing the search for the shortest route by passing through every city in exactly one time. The problem of searching the shortest route of a location can be solved by using many other optimizing algorithms. In this research, genetics algorithm was used by using two crossover methods namely *cycle crossover* and *partial-mapped crossover*. The parameters used were crossover probability and mutation probability, the sum of the city, maximum generation, the sum of the population and also threshold. In this research two testing models were used. In the first one, in order to get the generation and the best fitness it used the 80% consistency stopping criteria, and in the second one, in order to get the best testing time, it used the 100 and 500 maximum generation stopping criteria. The result of the first test showed that PMX method is better than the CX one. This was shown through the 8 times of testing which the result was the best PMX generation was 104,0469 and the CX was 125,7938. The second test resulted that the best testing time of the PMX time was 1,1035 second and the CX method was 2,2374 second, thus, it can be concluded that the solution brought by the PMX method is considered better than the CX.

Keywords : *traveling salesman problem*, Dijkstra algorithm, genetic algorithm, *cycle crossover*, *partial mapped crossover*, roulette wheel selection

I. PENDAHULUAN

Travelling Salesman Problem (TSP) merupakan bentuk permasalahan optimasi pencarian rute terpendek dengan mencari solusi paling optimal dalam menempuh jarak lokasi tertentu dimana seorang *salesman* melakukan perjalanan dengan rute perjalanan yang ditempuh tepat satu kali pada setiap titik lokasi dan kembali ke lokasi semula.

Algoritma genetika merupakan salah satu algoritma yang pendekatannya menyerupai sistem genetika manusia, dimana semua rute perjalanan dari titik awal perjalanan ke titik tujuan atau akhir diimplementasikan ke dalam bentuk kromosom dan kumpulan dari semua kromosom yang ada merupakan suatu populasi. Salah satu aspek yang mempunyai peranan penting dalam

proses algoritma genetika yaitu penentuan kromosom berupa jalur atau rute perjalanan yang melibatkan proses proses *crossover* atau proses pertukaran gen dalam kromosom sehingga dapat menghasilkan keturunan baru dari pasangan kromosom tersebut. Algoritma Genetika merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan *traveling salesman problem*. Walaupun telah banyak penelitian yang menggunakan algoritma genetika dalam penerapannya untuk *traveling salesman problem*, namun belum pernah diketahui pada *probabilitas crossover*, mutasi atau jumlah populasi keberapakah yang menunjukkan mana *crossover* yang lebih baik antara *cycle crossover (CX)* dan *partial mapped crossover (PMX)*. Oleh karena itu, peneliti akan membandingkan kedua metode CX dan PMX untuk mengetahui metode manakah yang memberikan solusi lebih optimal.

II. MATERI DAN METODE

2.1 Teori Graf

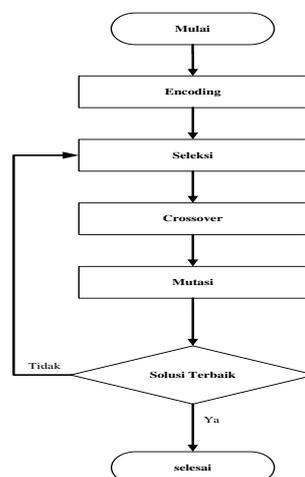
Graf adalah kumpulan simpul/kota yang dihubungkan satu sama lain melalui sisi/busur. Suatu graf G terdiri dari dua himpunan yakni himpunan V dan himpunan E .

2.2 Traveling Salesman Problem (TSP)

Salah satu bentuk masalah optimasi yang memiliki lintasan dan sirkuit Hamilton adalah *Traveling Salesman Problem (TSP)*. *Traveling salesman problem* merupakan suatu permasalahan dimana seorang *salesman* harus melewati sejumlah kota tiap satu kali dan kembali ke kota awal. Yang perlu dicari adalah rute terpendek bagi *salesman* tersebut.

2.3 Algoritma Genetika

Algoritma genetik pertama kali dikembangkan oleh John Holland dari Universitas Michingan pada tahun 1975. John Holland mengatakan bahwa setiap masalah yang berbentuk adaptasi (alami maupun buatan) dapat diformulasikan dalam bentuk *terminalogi* genetika. Dalam menyusun suatu algoritma genetika menjadi program, maka diperlukan beberapa tahapan proses, yaitu proses *encoding*, proses *selection*, *crossover*, *mutation*, dan pengulangan proses sebelumnya hingga menemukan solusi terbaik. *Flowchart* proses algoritma genetika dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Flowchart* Proses Algoritma Genetika

1. Teknik Encoding

Ada bermacam-macam teknik *encoding* yang dapat dilakukan dalam algoritma genetika. Beberapa teknik *encoding* itu antara lain adalah *binary encoding*, *permutation encoding*, *value encoding* serta *tree encoding*.

2. Proses Seleksi

Selection merupakan suatu proses untuk mendapatkan kromosom- kromosom berkualitas pada generasi berikutnya. Metode seleksi *roulette wheel* merupakan metode seleksi yang menggunakan prinsip kerja roda *roulette*.

3. Crossover

Ada beberapa macam teknik *crossover* yang dapat digunakan pada penyelesaian *traveling salesman problem*, diantaranya *Cycle Crossover (CX)* dan *Partial Mapped Crossover (PMX)*.

Prosedur CX :

- 1) Tentukan pola *cycle* dari dua *parent*, yang dimulai dari posisi awal gen kromosom *parent 1*
- 2) Bentuk anak 1 dengan :
 - a. Tandai allele-allele pada *parent 1* yang termasuk dalam pola *cycle* (hasil dari langkah 1)
 - b. Ambil secara berurutan alle-allele yang tidak ditandai pada *parent 2* (yang tidak termasuk pada pola *cycle*) untuk diisi pada gen yang masih kosong pada *parent 1*
- 3) Bentuk anak 2 dengan
 - a. Tandai allele-allele pada *parent 2* yang termasuk dalam pola *cycle* (hasil dari langkah 1)
 - b. Ambil secara berurutan allele-allele yang tidak ditandai pada *parent 2* (yang tidak termasuk dalam pola *cycle* hasil dari langkah 1) untuk diisi pada gen yan masih kosong pada *parent 2*.

Prosedur PMX :

- a. Tentukan 2 bilangan secara acak, dimana kedua bilangan ini akan dijadikan posisi awal dan akhir gen dari suatu kromosom yang akan mengalami *crossover*. Tandai allele-allele yang akan *dicrossover*
- b. Tukarkan allele yang ditandai antara *parent 1* dan *parent 2*
- c. Tentukan hubungan *mapping* antar allele-allele yang ditandai jika ada allele yang sama antara allele yang ditandai dan allele yang tidak ditandai untuk setiap *parent* maka ganti allele yang tidak ditandai dengan allele hasil *mapping*.

4. Mutasi

Pada kasus TSP ini skema mutasi yang digunakan adalah *swapping mutation*. Jumlah kromosom yang mengalami mutasi dalam satu populasi ditentukan oleh parameter probabilitas mutasi (p_m).

2.4 Metode Penelitian

Pengujian akan dilakukan sebanyak 8 kali untuk masing-masing jumlah kota yang diinputkan. Travelling Salesman Problem menggunakan graf lengkap dan berbobot untuk penyelesaiannya. Gambar 2.2 adalah matriks ketetanggaan dari 20 kota yang dijadikan sampel dalam penelitian.

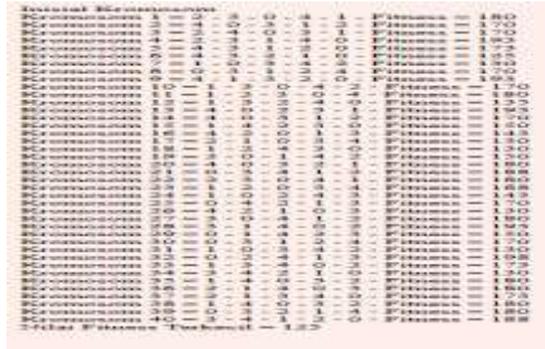
Kota	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
0	0	10	43	34	43	32	22	28	44	32	40	38	33	43	54	49	77	41	76	40
1	10	0	35	39	60	43	32	43	34	43	36	39	41	70	58	49	42	79	58	46
2	43	35	0	15	37	17	49	42	14	17	71	42	33	28	31	17	27	41	34	23
3	34	39	15	0	25	20	44	41	51	39	33	43	53	43	73	43	93	37	47	47
4	43	60	37	25	0	55	38	46	34	26	36	48	38	68	76	48	96	28	38	48
5	32	43	17	20	55	0	15	45	27	39	49	39	58	49	89	31	41	31	51	71
6	22	32	49	44	38	15	0	38	19	21	23	32	39	50	37	63	49	73	73	91
7	28	44	42	41	46	47	38	0	40	32	30	46	39	97	28	15	24	22	14	32
8	44	34	14	31	54	27	19	40	0	47	30	77	31	18	12	15	29	25	40	43
9	32	43	17	29	28	39	21	32	47	0	21	33	38	24	36	43	73	17	72	42
10	40	36	71	33	36	49	23	30	30	21	0	44	33	22	11	35	48	77	49	69
11	38	39	43	43	46	39	32	46	77	33	44	0	51	53	37	42	43	48	71	41
12	33	41	33	33	36	58	39	49	31	36	33	51	0	72	43	36	23	33	36	40
13	43	70	28	43	46	49	30	37	18	24	22	33	72	0	49	40	48	72	40	41
14	54	58	31	73	76	99	37	28	12	30	11	37	42	49	0	42	11	12	12	17
15	49	42	37	43	46	31	43	11	13	43	33	42	18	40	42	0	22	17	19	21
16	77	42	27	44	46	41	49	24	29	37	46	42	23	49	11	20	0	44	18	22
17	41	79	41	37	28	21	70	22	23	13	77	48	33	72	33	17	44	0	33	20
18	76	58	44	47	38	31	73	14	40	72	48	71	44	40	17	19	18	33	4	38
19	40	46	23	47	48	71	41	32	43	42	46	43	49	43	17	21	22	20	39	0

Gambar 2.2 Matriks Ketetanggaan[1]

2.3 Rancangan Algoritma Genetika TSP

Pada Algoritma Genetika TSP terdapat beberapa tahap, yaitu sebagai berikut :

Langkah 1. Proses *Inisialisasi* atau *Encoding*. Pada Gambar 2.3 adalah salah satu inisialisasi kromosom untuk jumlah kota = 10



Gambar 2.3 Contoh kromosom untuk jumlah kota = 10[1]

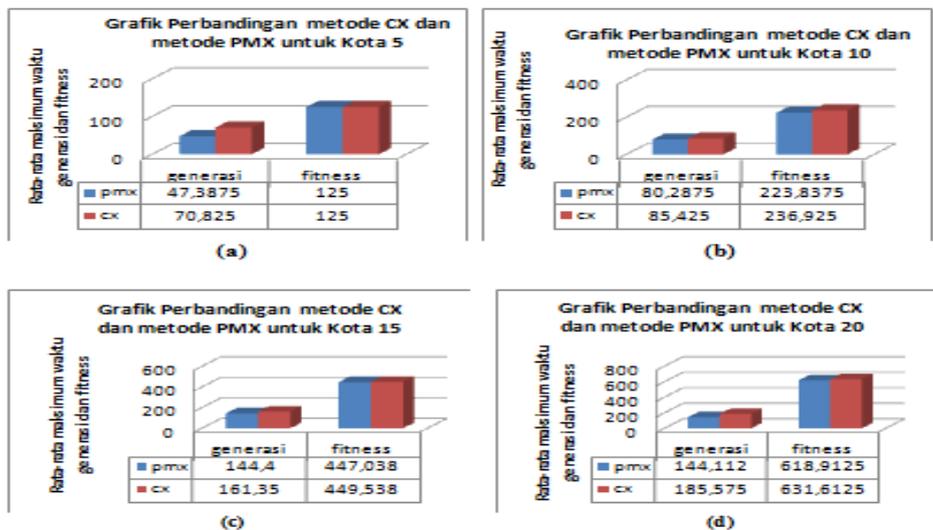
Langkah 2. Selection. Pada penelitian ini digunakan metode *roulette wheel selection*. Merujuk pada Gambar 2.2, dalam *roulette wheel selection*, langkah pertama yang dilakukan adalah (1) Hitung nilai *fitness* ; (2) Hitung total *fitness* untuk populasi; (3) Hitung probabilitas seleksi p_k untuk setiap kromosom v_k ; (4) Hitung probabilitas kumulatif q_k untuk setiap kromosom v_k , selanjutnya diputar roda *roulette* sebanyak jumlah *pop_size*. Kromosom yang ambil adalah kromosom yang memenuhi syarat $q_{k-1} \leq r_k \leq q_k$, apabila persamaan di atas terpenuhi maka akan dipilih kromosom ke- k (v_k) sebagai induk.

Langkah 3. Crossover dan Mutasi. Berdasarkan uraian diatas, probabilitas *crossover* yang digunakan dalam pengujian ini adalah 0,1, 0,3; 0,5; dan 0,7. Sedangkan probabilitas mutasi yang digunakan adalah 0,01 dan 0,03.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian

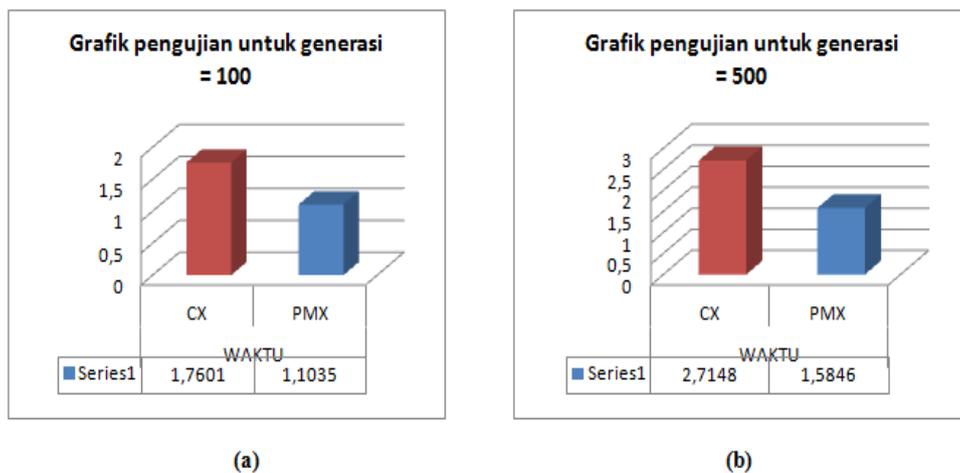
Parameter algoritma genetika yang digunakan dalam pengujian ini, yaitu : (1) *jumlah_generasi*=1000;(2) *jumlah_populasi* = 100; (3) *probabilitas* mutasi=0,01 dan 0,03;(4) *probabilitas crossover*= 0,10, 0,30, 0,50 dan 0,70; (5) *threshold*= 0,80; (6) *banyaknya_kota*=5, 10, 15 dan 20 kota. Hasil pengujian didapat generasi dan *fitness* terbaik dari jumlah kota sebanyak 5, 10, 15, dan 20 kota untuk metode *cycle crossover* dan *partial mapped crossover* dengan menggunakan probabilitas mutasi 0,1 dan 0,3 juga probabilitas *crossover*nya 0,1, 0,3, 0,5 dan 0,7 dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 di bawah sebagai berikut.



Gambar 3.1 Grafik Perbandingan generasi dan fitness terbaik dari metode *Cycle crossover* dan *partial mapped crossover* untuk : (a) jumlah kota= 5, (b) jumlah kota= 10, (c) jumlah kota=15 dan (d) jumlah kota=20

Hasil pengujian gambar 3.1 bahwa metode *crossover* PMX lebih baik dalam menyelesaikan kasus TSP dibandingkan dengan metode CX. Hal ini dapat dilihat Gambar 3.1, menunjukkan rata-rata generasi dan fitness terbaik untuk pengujian kota 5,10,15 dan 20, metode PMX memiliki rata-rata generasi dan fitness terbaik lebih kecil dari metode CX. sehingga metode PMX merupakan metode yang memberikan solusi yang optimal dibandingkan dengan metode CX.

Ditinjau dari rata-rata generasi dan *fitness* terbaik pada Gambar 3.1 untuk jumlah kota yang berbeda, metode PMX selalu unggul dalam tingkat kekonsistenan memberikan solusi yang sama. Dari hasil penelitian ini, metode PMX merupakan metode yang dianjurkan untuk dipakai dalam menyelesaikan kasus TSP dengan melihat kecepatan dan ketepatan dalam menemukan solusi pencarian rute yang terbaik.



Gambar 3.2 Grafik Perbandingan waktu terbaik dari metode *Cycle crossover* dan *partial mapped crossover* untuk : (a) generasi = 100, (b) generasi = 500

Gambar 3.2 terlihat bahwa perbandingan antara kedua metode *crossover* yang digunakan yakni *cycle crossover* dan *partial mapped crossover* untuk metode *cycle crossover* jumlah rata-rata waktu terbaik proses pencarian rute yang optimal lebih tinggi dari metode *partial mapped crossover*. Pada Gambar 3.2 juga terlihat bahwa jumlah waktu yang didapat pada generasi 100 lebih kecil dari generasi 500 sehingga dapat dikatakan bahwa jumlah generasi yang besar dapat mempengaruhi jumlah waktu akan semakin lama untuk mendapatkan solusi yang lebih optimal.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini metode *partial mapped crossover* memberikan solusi yang terbaik dalam kasus pencarian rute terpendek dengan rata-rata nilai dalam 8 kali pengujian diperoleh nilai rata-rata generasi terbaik sebesar 104,0469, *fitness* terbaik sebesar 3446031 dan waktu pengujian tercepat untuk generasi 100 sebesar 1,1035 *second* dan untuk generasi 500 sebesar 1,5846 *second*. Solusi yang diberikan metode PMX lebih baik dibandingkan algoritma Djikstra.

5.2 Saran

Sistem perbandingan metode *cycle crossover* dan *partial mapped crossover* pada penelitian ini masih merupakan operator algoritma yang standar. Oleh sebab itu untuk pengembangan sistem ke depan diharapkan dapat menggunakan metode – metode lain yang telah mengalami pengembangan dari metode – metode terdahulu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Arfan Y. Mauko, S.T., M.Cs selaku penguji.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kolo, Theresia. 2018, Perbandingan Kinerja Metode *Cycle Crossover (CX)* dan *Partial Mapped Crossover (PMX)* dalam Algoritma Genetika pada penyelesaian *Traveling Salesman Problem (TSP)*. Skripsi Ilmu Komputer. Kupang: Universitas Nusa Cendana.
- [2] Arzain, Jayanti., 2009. *Implementasi Algoritma Genetika untuk Traveling Salesman Problem*. Skripsi Universitas Sumatera Utara Medan.
- [3] Basuki, Achmad., 2006. *Algoritma Genetika*, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- [4] Faggidae, Adriana. 2015. *Algoritma Genetika dan penerapannya* . Kupang: Universitas Nusa Cendana. Kupang.
- [5] Munir, Rinaldi. 2005. *Matematika Diskrit*. Bandung : Informatika. Bandung.