

PERBANDINGAN KINERJA OPERATOR PARTIALLY MAPPED CROSSOVER, CYCLE CROSSOVER, DAN ORDER CROSSOVER DALAM ALGORITMA GENETIKA PADA PENCARIAN RUTE TERPENDEK PERJALANAN WISATA

I Made Tangkas Wahyu Kencana Yuda¹⁾ I Made Widiartha²⁾

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam^{1) 2)}

Universitas Udayana, Badung, Bali^{1) 2)}

tangkaswahyu98@gmail.com ¹⁾ madewidiartha@unud.ac.id²⁾

ABSTRACT

Traveling Salesman Problem (TSP) or known as the Shortest Cross Search, is an optimization problem that has many important applications in finding the best results in order to find a solution of values that are close to optimal. One of the TSP cases is determining the distance to tourism locations in Bali Province. In general, tourists prefer to travel independently because they can freely determine their own travel destinations rather than using travel agents that require tourists to follow the travel packages provided. Therefore, this study discusses the Comparison of Operators' Performance Partially Mapped Crossover, Cycle Crossover, and Order Crossover in Genetic Algorithms for Searching the Shortest Route of Travel Travel. The purpose of this research is to find the best crossover technique so that it can optimize the process of distance traveled to tourism locations in Bali Province. The route formation will be carried out by applying a genetic mutation algorithm that is used is the inversion mutation in the optimum global search. The system built is expected to optimize the process of tourist travel distance to every tourism location in Bali Province. In conducting this research, the authors used the Operator Partially Mapped Crossover, Cycle Crossover, and Order Crossover method and used Inversion Mutation. Based on the research conducted, it can be concluded that in this study, the optimal value is obtained by applying the Cycle Crossover type crossover. With the results in the form of the shortest distance of 153.9 km and the computation time of 1.521929264 seconds for 8 cities. As well as the shortest distance of 229.1 km with a computing time of 1.915934801 seconds for 12 cities. This shows the average results are better when compared to 2 other types of crossovers, namely Partially Mapped Crossover and Order Crossover.

Keywords : *Traveling Salesman Problem, Genetic Algorithm, Operator Partially Mapped Crossover, Cycle Crossover, Order Crossover, Inversion Mutation.*

ABSTRAK

Travelling Salesman Problem (TSP) atau disebut dengan Pencarian Lintas Terpendek, merupakan permasalahan optimasi yang mempunyai banyak terapan penting dalam pencarian hasil yang terbaik dengan tujuan untuk mendapatkan solusi nilai-nilai yang mendekati optimal. Salah satu kasus TSP adalah menentukan jarak tempuh lokasi pariwisata di Provinsi Bali. Secara umum, wisatawan lebih suka bepergian secara mandiri karena mereka dapat dengan bebas menentukan tujuan wisata mereka sendiri daripada menggunakan agen perjalanan yang mengharuskan wisatawan untuk mengikuti paket perjalanan yang telah disediakan. Maka dari itu Penelitian ini membahas mengenai Perbandingan Kinerja Operator Partially Mapped Crossover, Cycle Crossover, dan Order Crossover dalam Algoritma Genetika pada Pencarian Rute Terpendek Perjalanan Wisata. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan teknik crossover yang paling baik sehingga dapat mengoptimalkan proses jarak tempuh lokasi pariwisata di Provinsi Bali. Pembentukan rute akan dilakukan dengan menerapkan algoritma genetika mutasi yang digunakan adalah Mutasi Inversion

pada pencarian global optimum. Sistem yang dibangun diharapkan dapat mengoptimalkan proses jarak tempuh travel wisatawan ke setiap lokasi pariwisata di Provinsi Bali. Dalam melakukan penelitian ini, penulis menggunakan metode *Operator Partially Mapped Crossover*, *Cycle Crossover*, dan *Order Crossover* serta menggunakan *Mutasi Inversion*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini, nilai optimal diperoleh dengan menerapkan *Crossover* jenis *Cycle Crossover*. Dengan hasil berupa jarak terpendek 153.9 km dan waktu komputasi selama 1.521929264 detik untuk 8 kota. Serta jarak terpendek sebesar 229.1 km dengan waktu komputasi selama 1.915934801 detik untuk 12 kota. Hal ini menunjukkan rata-rata Hasil yang lebih baik jika dibandingkan 2 buah jenis crossover yang lain yaitu *Partially Mapped Crossover* dan *Order Crossover*.

Kata kunci— *Travelling Salesman Problem*, *Algoritma Genetika*, *Operator Partially Mapped Crossover*, *Cycle Crossover*, *Order Crossover*, *Mutasi Inversion*

PENDAHULUAN

Travelling Salesman Problem (TSP) atau disebut dengan Pencarian Lintas Terpendek, merupakan permasalahan optimasi yang mempunyai banyak terapan penting dalam pencarian hasil yang terbaik dengan tujuan untuk mendapatkan solusi nilai-nilai yang mendekati optimal dalam suatu permasalahan, seperti *routing* dan penjadwalan produksi. Dalam TSP, seseorang harus menentukan suatu bentuk perjalanan dengan ketentuan orang tersebut berangkat dari suatu kota awal dan mengunjungi semua kota tujuan sekali tanpa mengulangi kembali kota tujuan sebelumnya untuk kembali ke kota awal dengan jarak rute terpendek. Dengan adanya penyusunan rute yang baik, dapat mempersingkat jarak tempuh dan waktu pengiriman suatu produk.

Salah satu kasus TSP adalah menentukan jarak tempuh travel wisatawan ke setiap lokasi pariwisata di Provinsi Bali. Bali adalah salah satu tujuan favorit bagi wisatawan lokal dan asing. Daya tarik budaya, keindahan alam, dan keramahan yang diberikan oleh orang Bali membuat wisatawan betah berlama-lama di Bali dan mengunjungi tempat wisata di Bali. Dilansir oleh (idntimes.com, 2018) dan (rentalmobilbali.net, 2019), Bali memang merupakan destinasi wisata terlengkap dan terbaik sebagai destinasi liburan. Sifatnya yang fantastis, budaya dan

buatan manusia. Setiap kali selalu ada pengalaman berbeda yang ditawarkan oleh Bali [1][2].

Pada tiap paket perusahaan travel wisata, rute perjalanan dan tempat wisata sudah ditentukan oleh perusahaan jasa atau hotel tempat wisatawan menginap. Sering kali wisatawan merasa kurang puas terhadap paket wisata tersebut. Ada beberapa faktor yang menyebabkan hal tersebut. Yang pertama adalah keterbatasan waktu liburan yang dimiliki wisatawan. Yang kedua, banyaknya tempat wisata yang ada di Bali [3].

Secara umum, wisatawan lebih suka bepergian secara mandiri karena mereka dapat dengan bebas menentukan tujuan wisata mereka sendiri daripada menggunakan agen perjalanan yang mengharuskan wisatawan untuk mengikuti paket perjalanan yang telah disediakan. Namun, hal ini tentu saja tidak selalu membuat rencana perjalanan yang efisien bagi wisatawan karena mereka ingin mengunjungi tempat wisata sebanyak mungkin dalam waktu singkat. Pada akhirnya, mereka hanya mengunjungi beberapa tempat wisata karena jadwal perjalanan yang tidak efisien.

Berdasarkan masalah di atas sebagai alternatif penyelesaian masalah ini, yaitu pada penelitian ini, yang akan dilakukan dapat menemukan teknik *crossover* yang paling baik sehingga dapat mengoptimalkan proses jarak tempuh travel wisatawan ke setiap lokasi pariwisata di Provinsi Bali. Pembentukan rute akan dilakukan dengan menerapkan algoritma genetika mutasi yang digunakan adalah *Mutasi Inversion* pada pencarian global optimum. Sistem yang dibangun diharapkan dapat

mengoptimalkan proses jarak tempuh travel wisatawan ke setiap lokasi pariwisata di Provinsi Bali.

METODOLOGI PENELITIAN

Traveling Salesman Problem (TSP)

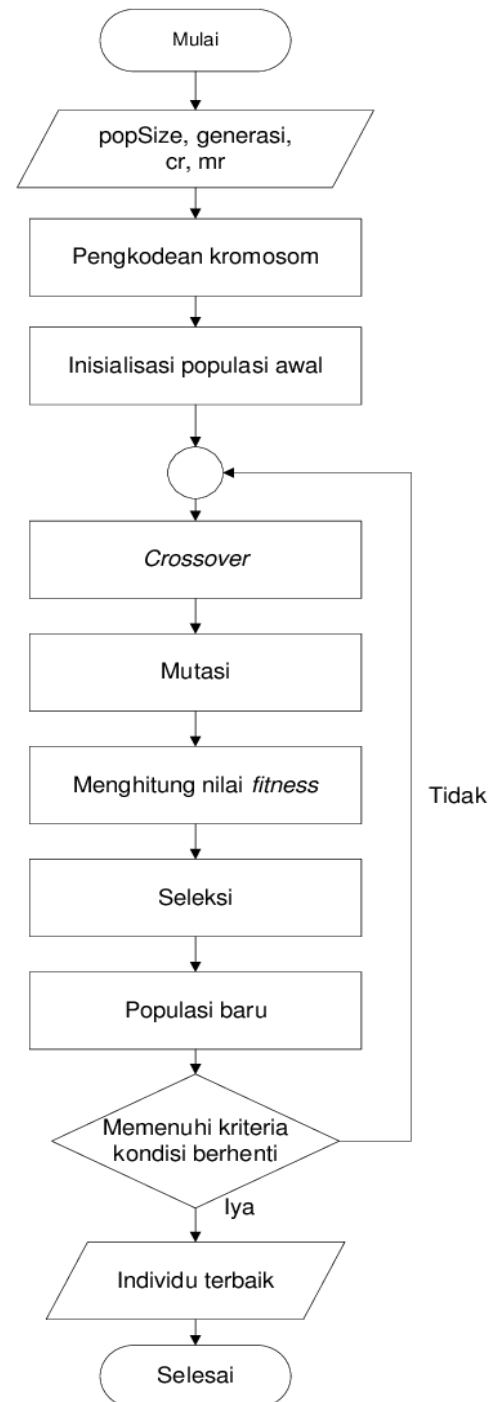
Masalah-masalah yang berkaitan dengan masalah *Travelling Salesman Problem* (TSP) atau disebut dengan Pencarian Lintas Terpendek ditangani pada tahun 1800-an oleh ahli matematika Irlandia Sir William Rowan Hamilton dan oleh ahli matematika Inggris Thomas Penyngton Kirkman. Sir William Rowan Hamilton menjelaskan TSP dalam bentuk permainan yang bernama *Icosian Hamilton* atau disebut dengan teori Sirkuit Hamilton dimana mengharuskan para pemain untuk menyelesaikan permainan dengan menghubungkan 20 titik perjalanan hanya dengan menggunakan jalur-jalur tertentu [5].

Bentuk umum TSP tampaknya telah dipelajari pertama kali oleh para ahli matematika mulai tahun 1930-an oleh Karl Menger di Wina dan Harvard. Masalah tersebut kemudian dipromosikan oleh Hassler Whitney dan Merrill Flood di Princeton. Perlakuan terperinci tentang hubungan antara Menger dan Whitney, dan pertumbuhan TSP sebagai topik studi dapat ditemukan dalam makalah Alexander Schrijver "On the history of combinatorial optimization (till 1960)" [5].

Algoritma Genetika

Algoritma genetika adalah algoritma yang berusaha menerapkan pemahaman mengenai evolusi alamiah pada tugas-tugas pemecahan-masalah. Ditemukan oleh John Holland (1975) di Universitas Michigan, Amerika Serikat, algoritma ini dimulai dengan sekumpulan set status (*problem solving*) yang dipilih secara acak, yang disebut populasi. Algoritma ini mengkombinasikan dua populasi induk. Setiap status atau

individual direpresentasikan sebagai sebuah *string* [4].



Gambar 1. Flowchart Algoritma Genetika

Crossover

Crossover adalah proses penggabungan dua kromosom (*parents*) sehingga menghasilkan anak kromosom (*child*). Langkah-langkah Crossover adalah dengan membangkitkan pada

offspring baru dengan mengganti sebagian informasi dari *parents* [6].

Pada penelitian ini pemilihan gen yang akan dipindah-silangkan mengikuti aturan berikut, yaitu:

1) *Menghitung jumlah gen*. Pemilihan *sequence* atau susunan gen yang akan dipindah-silangkan dilakukan dengan cara menghitung setengah dari panjang kromosom. Misalkan panjang kromosom adalah n dan panjang susunan gen yang akan dipindah-silangkan adalah m , maka hubungan keduanya ditunjukkan dengan formula berikut:

$$m = \frac{n}{2}$$

Apabila panjang kromosom ganjil, maka nilai m yang dihasilkan akan dibulatkan ke bawah.

2) *Pembangkitan bilangan acak*. Langkah selanjutnya adalah pembangkitan bilangan acak yang akan menentukan titik potong pertama.

3) *Pemilihan sequence*. Berdasarkan hasil titik potong pertama, akan dipilih sebanyak m buah gen selanjutnya yang akan menjadi gen yang dipindah-silangkan. Dalam pemilihan ini apabila gen yang dipilih belum mencapai sejumlah m pada gen terakhir, maka gen selanjutnya yang akan dipilih adalah gen awal.

6	8	3	5	7	4	1	2
---	---	---	---	---	---	---	---

Gbr. 2 Pemilihan gen yang akan dipindah-silangkan

Sebagai contoh gambar 1 akan dilakukan titik potong gen yang berada antara gen ke-3 dan gen ke-6, maka gen-gen yang terpilih adalah gen ke-1 hingga gen ke-2, dilanjutkan dengan gen ke-7 hingga gen ke-8.

Setelah gen yang akan dipindah-silangkan dipilih, langkah selanjutnya yaitu melakukan pindah silang. Pada penelitian ini, operator pindah silang yang digunakan adalah *Partially Mapped*

Crossover, *Cycle Crossover* dan *Order Crossover*.

Partially Mapped Crossover (PMX)

diciptakan oleh Goldberg dan Lingle. PMX merupakan rumusan modifikasi dari pindah silang *two-point*. Hal yang penting dari PMX adalah pindah silang *two-point* ditambah dengan beberapa prosedur tambahan.

Berikut adalah ilustrasi langkah-langkah dari *Partially Mapped Crossover*.

1) Pilih secara acak *substring* dari kedua *parent*.

Parent 1

8	4	3	6	1	5	7	2
---	---	---	---	---	---	---	---

Parent 2

4	7	5	3	8	1	2	6
---	---	---	---	---	---	---	---

2) Tukar posisi *substring* pada kedua *parent*.

Parent 1

8	4	3	6	1	5	7	2
---	---	---	---	---	---	---	---

Parent 2

4	7	5	3	8	1	2	6
---	---	---	---	---	---	---	---

Menjadi:

Child 1

		5	3	8			
--	--	---	---	---	--	--	--

Child 2

		3	6	1			
--	--	---	---	---	--	--	--

3) Tentukan hubungan *mapping*: Pemetaan yang terjadi adalah 5-3-6 dan 8-1. Tanda pemetaan menunjukkan bahwa 8 akan dipetakan ke 1, begitu pula sebaliknya.

4) Menentukan *child* mengacu pada hubungan *mapping*.

Child 1

1	4	5	3	8	6	7	2
---	---	---	---	---	---	---	---

Child 2

4	7	3	6	1	8	2	5
---	---	---	---	---	---	---	---

Setelah pindah silang dilakukan, maka akan didapatkan kromosom baru, yaitu *child 1* dan *child 2*.

Cycle Crossover

Selain menggunakan *Partially Mapped Crossover*, penelitian ini juga menggunakan *Cycle Crossover* sebagai operator yang akan diuji.

Berikut adalah ilustrasi langkah-langkah *Cycle Crossover*.

1) Pilih secara acak *substring* dari kedua *parent*.

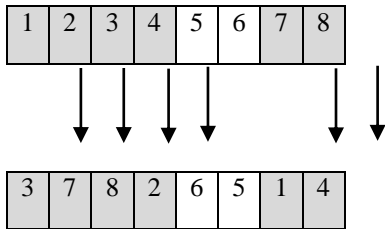
Parent 1

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

Parent 2

3	7	8	2	6	5	1	4
---	---	---	---	---	---	---	---

2) Lakukan Pola *Cycle* seperti berikut.



Pola cycle 1 → 8 → 4 → 2 → 3 → 1

3) Lakukan tukar posisi *substring* kedua *parent*.

Parent 1

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

Parent 2

3	7	8	2	6	5	1	4
---	---	---	---	---	---	---	---

Menjadi:

Child 1

1	2	3	4	6	5	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

Child 2

3	7	8	2	5	6	1	4
---	---	---	---	---	---	---	---

Setelah pindah silang dilakukan, maka akan didapatkan kromosom baru, yaitu *child 1* dan *child 2*.

Order Crossover

Selain menggunakan *Partially Mapped Crossover* dan *Cycle Crossover*. Penelitian ini juga menggunakan *Order*

Crossover (OX) sebagai operator yang akan diuji. OX diciptakan oleh Davis (?). Metode ini merupakan variasi dari PMX dengan prosedur tambahan.

Berikut adalah ilustrasi langkah-langkah *Order Crossover*.

1) Salin gen yang dipilih dari *parent* ke *child*. Susunan gen yang dipilih disalin langsung ke *offspring*. Misal pada *parent 1* akan disalin ke *child 1* dan *parent 2* akan disalin ke *child 2*.

Parent 1

5	4	3	6	7	8	9	10	1	2
15	14	13	12	11	16	17	19	18	20

Parent 2

1	2	3	4	5	6	9	10	7	8
15	12	13	11	14	20	17	19	18	16

Child 1

5	4	3	6						
				11	16	17	19	18	20

Child 2

1	2	3	4						
				14	20	17	19	18	16

2) Salin gen yang lain. Pada *parent* pasangannya, hilangkan gen-gen yang sudah disalin dan salin sisa gen ke *child* sesuai dengan urutan.

Parent 2

1	2				9	10	7	8
15	12	13		14				

Child 1

5	4	3	6						
				11	16	17	19	18	20

Salin sisa gen dari *parent 2* ke *child 1*.

5	4	3	6	1	2	9	10	7	8
1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
5	2	3	4	1	6	7	9	8	0

Parent 1

5			6	7	8	9	10		
15		13	12	11					

Child 2

1	2	3	4						
				14	2	1	1	1	1
				0	7	9	8	6	

Salin sisa gen dari parent 1 ke child 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
5	3	2	1	4	0	7	9	8	6

Setelah pindah silang dilakukan, maka akan didapatkan kromosom baru, yaitu child 1 dan child 2.

Mutasi

Mutasi adalah suatu proses untuk menciptakan individu baru dengan melakukan modifikasi satu atau lebih gen. Proses ini meningkatkan variasi populasi dalam individu itu sendiri dengan mengganti gen yang hilang dari populasi selama proses seleksi serta menyediakan gen yang tidak ada dalam populasi awal [7].

Pada penelitian ini akan menggunakan metode *Mutasi Inversion* yaitu Metode mutasi pembalikan dilakukan dengan mengambil suatu *substring* yang terletak diantara dua titik pada kromosom. Lalu pemilihan akan dilakukan secara acak. Selanjutnya akan memilih sejumlah gen secara berurutan (invers) gen pada *substring* yang akan dibalik posisi gennya. Contohnya sebagai berikut.

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

Akan dipilih gen yang akan dimutasi yaitu gen ke-3, gen ke-4, gen ke-5, dan gen ke-6. Sebagai contoh gen akan di urutkan dalam kromosom tersebut akan menjadi seperti berikut.

1	2	6	5	4	3	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

Terlihat pada perubahan bahwa gen ke-3 saat ini menempati urutan gen ke-6, gen ke-4 saat ini menempati urutan gen ke-5, gen ke-5 saat ini menempati urutan gen ke-4, dan gen ke-6 saat ini menempati urutan gen ke-3.

Fungsi Fitness

Nilai *fitness* merupakan nilai yang dimiliki setiap individu dimana nilai *fitness* suatu kromosom menggambarkan kualitas kromosom dalam populasi tersebut. Semakin tinggi nilai *fitness* sebuah kromosom maka akan semakin baik pula hasil kualitas kromosom yang akan dihasilkan.

Fungsi *fitness* pada penelitian ini yaitu meminimalkan total jarak tempuh tempat wisata. Adapun perumusannya yaitu:

$$Fitness = \sum_i^{n-1} C_{i,i+1}$$

Dimana $C_{i,i+1}$ adalah jarak tempuh antara titik i ke titik i selanjutnya.

Seleksi

Proses terakhir setelah operasi seleksi, *Crossover Partially Mapped (PMX)*, *Crossover Cycle (CX)*, *Crossover Order (OX)* dan *mutasi (Mutasi Inversion)* adalah seleksi yang menggambarkan kualitas calon generasi yang akan dihasilkan. Semakin tinggi nilai *fitness* sebuah individu maka akan semakin besar pula kemungkinannya untuk terpilih. Pada penelitian ini metode seleksi yang digunakan yaitu metode *elitism selection* yang memilih beberapa kromosom dengan *fitness* terbaik untuk menjadi *parent* selanjutnya [8].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data sejumlah 12 lokasi pariwisata di Provinsi Bali yang diambil secara acak pada layanan Google Maps.

Inisialisasi

Pada tahap implementasi, penelitian ini menggunakan parameter-parameter yang digunakan pada saat inisialisasi. Parameter-parameter tersebut sebagai berikut.

1) Populasi awal. Pada tahap inisialisasi, digunakan 8 individu yang akan dijadikan populasi awal dengan susunan gen pada kromosom dipilih secara acak.

2) *Crossover rate (Cr)*. Tahap ini mencari nilai rasio offspring yang

dihasilkan pada proses crossover terhadap ukuran populasi sehingga akan dihasilkan offspring sebanyak $pc \times popSize$. *Crossover rate* yang digunakan yaitu 0.5 dan *popSize* yaitu 12 maka nilai offspring yang dihasilkan dari proses crossover adalah 6.

3) *Mutation rate (Mr)*. Tahap ini mencari nilai rasio offspring yang dihasilkan pada proses mutation terhadap ukuran populasi sehingga akan dihasilkan offspring sebanyak $pm \times popSize$. *Mutation rate* yang digunakan yaitu 0.5 dan *popSize* yaitu 12 maka nilai offspring yang dihasilkan dari proses crossover adalah 6.

4) Jarak antar tempat. Dibuat matriks rute jarak antar tempat dengan mengambil data pada layanan Google Maps.

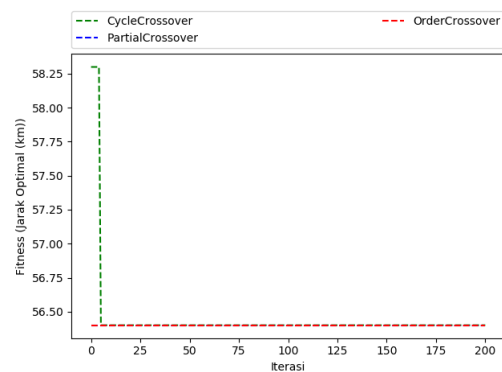
5) *Uji coba*: Pada masing-masing rute akan diambil 4 kota, 8 kota dan 12 kota. Setelah itu akan diuji coba sebanyak 10 kali untuk membandingkan hasil optimasi rata-rata jarak dan waktu komputasi yang lebih optimal yang didapatkan.

Tabel 1. Data Jarak Antar Lokasi Pariwisata Di Provinsi Bali

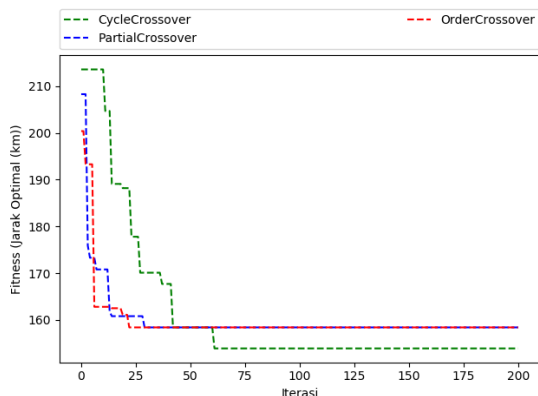
	Tanah Lot	GWK	Pura Uluwatu	Pantai Pandawa	Monkey Forest Ubud	Pantai Jimbaran	Danau Beratan Bedugul	Tanjung Benoa	Kintamani	Bali Safari Marine	Sawah Terasering Tegallalang	Kuta
Tanah Lot	0	32.8	42.4	39	31.2	28	52	37.6	64.2	36.6	40.9	21.8
GWK	32.8	0	11	8.3	42.5	5.9	72.6	15.5	78.7	40.5	52.3	11.9
Pura Uluwatu	42.4	11	0	15.3	51.8	15.1	81.9	24.8	88	49.8	61.6	21.2
Pantai Pandawa	39	8.3	15.3	0	47.7	13.4	80	15.3	84	45.7	57.5	17.9
Monkey Forest Ubud	31.2	42.5	51.8	47.7	0	40.3	47.4	46.4	38.1	22.4	11	39.1
Pantai Jimbaran	28	5.9	15.1	13.4	40.3	0	67.1	12.7	73.2	35	46.7	6.4
Danau Beratan Bedugul	52	72.6	81.9	80	47.4	67.1	0	74.8	58.4	59.7	56.3	59
Tanjung Benoa	37.6	15.5	24.8	15.3	46.4	12.7	74.8	0	80.2	42	53.8	16.5
Kintamani	64.2	78.7	88	84	38.1	73.2	58.4	80.2	0	43	25.2	64.1
Bali Safari Marine	36.6	40.5	49.8	45.7	22.4	35	59.7	42	43	0	25.5	33.1
Sawah Terasering Tegallalang	40.9	52.3	61.6	57.5	11	46.7	56.3	53.8	25.2	25.5	0	46.3
Kuta	21.8	11.9	21.2	17.9	39.1	6.4	59	16.5	64.1	33.1	46.3	0

Hasil

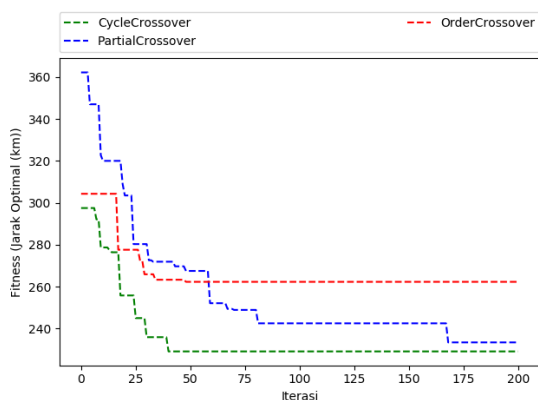
Berdasarkan 10 kali uji percobaan rute menggunakan 200 iterasi serta menggunakan operator *Crossover Partially Mapped (PMX)*, *Crossover Cycle (CX)*, *Crossover Order (OX)* dan *Mutasi Inversion*, didapatkan hasil yang ditunjukkan pada grafik berikut:



Gambar 2. Uji coba data 4 kota



Gambar 3. Uji coba data 8 kota



Gambar 4. Uji coba data 12 kota

Gambar Grafik di atas menunjukkan hasil uji coba data 4 kota, 8 kota dan 12 kota.

Tabel 2. Hasil

Jumlah Kota	Fitness (km)			Waktu (detik)		
	OX	PMX	CX	OX	PMX	CX
4	56.4	56.4	56.4	0.230904579	0.184337616	0.180280924
8	158.4	158.4	153.9	0.49518013	0.450013876	0.44204402
12	262.3	233.4	229.1	0.639359951	0.530243874	0.512212486

Tabel 2 di atas menunjukkan bahwa *Cycle Crossover* lebih mampu memberikan hasil jarak yang optimal pada data rute 8 kota dan 12 kota dari *Order Crossover* dan *Partially Mapped Crossover* pada 10 kali uji percobaan.

SIMPULAN

Hasil pada tabel 2 didapatkan nilai optimal terdapat pada *Cycle Crossover* dalam Algoritma Genetika pada Pencarian Rute Terpendek Perjalanan Wisata”.

DAFTAR PUSTAKA

[1] IDN Times and Riyan Sumarno. “15 destinasi wisata keren di bali yang harus dan wajib dikunjungi”, 2018.

[2] Wira Rental Mobil Bali dan Wayan Suadnyana. “Jarak Tempuh Kuta Ke Tempat Wisata Bali Menarik Yang Lain”, 2019.

[3] Luh Gede Ayu Candrawati dan Gusti Agung Gede Arya Kadyanan (2017). “Optimasi Traveling Salesman Problem (TSP) Untuk Rute Paket Wisata Di Bali Dengan Algoritma Genetika”. Jurnal Ilmu Komputer Universitas Udayana.

[4] Nugraha, I. (2008). “Algoritma Genetik Untuk Optimasi Penjadwalan Kegiatan Belajar Mengajar”. Institut Teknologi Bandung. Institut Teknologi Bandung.

[5] Medrio Dwi Aksara Cipta Hasibuan dan Lusiana (2015). “Pencarian Rute Terbaik Pada Travelling Salesman Problem (TSP) Menggunakan Algoritma Genetika pada Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Pekanbaru”. STMIK-AMIK Riau – Pekanbaru.

[6] Mahmudy, W. F., (2013). Modul Ma+takuliah Algoritma Evolusi. Malang: Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.

[7] Zukhri, Z., (2004). Penyelesaian Masalah Penugasan dengan Algoritma Genetika. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi, 5.

[8] Indarto, Wawan., (2002). “FlowShop Scheduling dengan Algoritma Genetika dengan Pipelining Hybrid Genetic Algorithm”. Tugas Akhir T. Informatika UII, Yogyakarta.