

Optimalisasi Rute Obyek Wisata Di Bandung Raya Menggunakan Algoritma Genetika

Nur Muhammad Hasyim¹, Esmeralda C. Djamal, Agus Komarudin

Jurusan Informatika, Fakultas MIPA
Universitas Jenderal Achmad Yani
Cimahi, Indonesia

¹nurmhasyim@gmail.com

Abstrak—Pariwisata di Indonesia tumbuh dan berkembang dengan sangat cepat, hal ini tidak lepas dari peran masyarakat dalam mengembangkan obyek wisata yang ada di sekitarnya. Pencarian rute obyek wisata dari segi waktu dan rute terpendek mejadi kebutuhan bagi wisatawan sebelum memulai perjalanan mengingat banyaknya obyek wisata di daerah Bandung Raya dan waktu yang diperlukan untuk tiba di lokasi tujuan sangat penting. Oleh karena itu dibutuhkan sistem yang dapat memberikan rekomendasi rute obyek wisata di Bandung Raya, salah satunya menggunakan Algoritma Genetika. Algoritma Genetika adalah metode komputasi untuk memilih solusi yang sesuai kriteria tanpa harus mencoba keseluruhan kemungkinan solusi yang ada. Algoritma Genetika dapat diterapkan dalam optimalisasi jadwal, rute, dan space. Sistem yang dibangun memberikan rekomendasi rute obyek wisata dari segi jarak terdekat dengan waktu tercepat sebanyak lima rute dengan lima tujuan obyek wisata serta membandingkan lima rute obyek wisata terpilih. Pengujian pada sistem ini dilakukan sebanyak 5 kali pengujian dengan kriteria penghentian menghasilkan nilai kecocokan 910.2431 dari 117 generasi dengan waktu 102 Menit pada pengujian ke satu algoritma genetik ke 1. Pencarian solusi optimal terhenti sebelum mencapai maksimum generasi, hal tersebut terjadi akibat proses Algoritma Genetika tidak dapat menghasilkan individu yang lebih baik dari generasi sebelumnya. Sistem ini diimplementasikan dalam perangkat lunak untuk dapat dimanfaatkan wisatawan dalam menentukan rute obyek wisata di Bandung Raya.

Kata Kunci—Optimalisasi; Algoritma Genetika; Obyek Wisata; Rute; Bandung Raya;

I. PENDAHULUAN

Pariwisata di Indonesia tumbuh dan berkembang dengan sangat cepat, hal ini tidak lepas dari peran masyarakat dalam mengembangkan obyek wisata yang ada di sekitarnya. Obyek wisata yang ada di Indonesia dibagi kedalam beberapa kategori seperti obyek wisata budaya, wisata alam, wisata budaya, wisata pendidikan, wisata keluarga, wisata kota dan wisata sejarah. Dengan banyaknya obyek wisata di Indonesia maka akan banyak rute yang harus dipilih oleh wisatawan. Sebagai contoh di daerah Bandung Raya yang memiliki banyak obyek

wisata. Persoalan penting bagi wisatawan adalah mencari rute optimum, baik dari segi jarak maupun waktu yang diperlukan dalam memilih rute optimum pada waktu hari libur (*weekend*), wisatawan harus mengetahui jarak terpendek dan waktu tercepat dari posisi wisatawan ke obyek wisata tujuan, akan tetapi seringkali tidak mudah mengingat banyaknya pilihan rute yang harus ditempuh. Oleh karena itu, diperlukan sistem yang dapat memilih rute obyek wisata dan membandingkan dengan obyek wisata yang lainnya.

Algoritma Genetika adalah metode komputasi untuk memilih solusi yang sesuai kriteria tanpa harus mencoba keseluruhan kemungkinan solusi yang ada. Keberhasilan Algoritma Genetika dalam memperoleh solusi, sangat sensitif terhadap pemilihan atribut yang relevan terhadap kriteria, perancangan struktur kromosom yang mewakili satu solusi, membuat fungsi matematik atau fungsi kecocokan, seleksi, persilangan dan mutasi.

Algoritma Genetika dapat diterapkan dalam optimalisasi jadwal, rute, dan *space* tanpa harus mencoba satu persatu dari setiap kemungkinan solusi yang ada. Beberapa penelitian menggunakan Algoritma Genetika mengenai penentuan jarak terpendek pada jalur distribusi barang di pulau jawa [1], rute terpendek untuk pemadam kebakaran [2], *routing* optimalisasi pengelolaan tanggap darurat bencana [3], rekomendasi wisata kuliner [4], rute kunjungan promosi Universitas Muara Kudus [5], penempatan radio base station [6], rute looper koran [7], rute pengumpulan sampah [8], optimasi distribusi barang [9] penjadwalan rute kapal [10], optimalisasi rute bus [11] dan rute terbaik Dinas Kebersihan dan Pertamanan [12].

Penelitian ini berfokus pada pemilihan rute untuk menuju satu obyek wisata yang dituju dengan kombinasi titik persimpangan sebagai rute yang harus dilalui. Setiap kombinasi yang paling baik menuju satu obyek wisata dapat dibandingkan dengan obyek wisata lain sebagai rekomendasi bagi wisatawan. Pencarian rute terbaik obyek wisata telah dilakukan pada penelitian terdahulu [13] namun pada penelitian ini terdapat 11 lokasi dan menggunakan metode TSP (*Travelling Salesmen Problem*) yang mengharuskan wisatawan melewati seluruh obyek wisata yang ada dan tidak berfokus pada satu obyek wisata.

Penelitian ini telah membangun sistem untuk optimalisasi rute obyek wisata di Bandung Raya menggunakan Algoritma Genetika. Obyek wisata yang ditinjau di daerah Bandung Raya berjumlah 162 lokasi dengan 500 titik persimpangan yang dapat

dipilih rutenya dan dibandingkan dengan rute obyek wisata lain. Sistem yang dibangun diimplementasikan dalam perangkat lunak sehingga dapat digunakan oleh masyarakat luas. Kemampuan Algoritma Genetika diharapkan dapat meningkatkan akurasi dan efektifitas untuk memilih rute optimum dari segi jarak dan waktu.

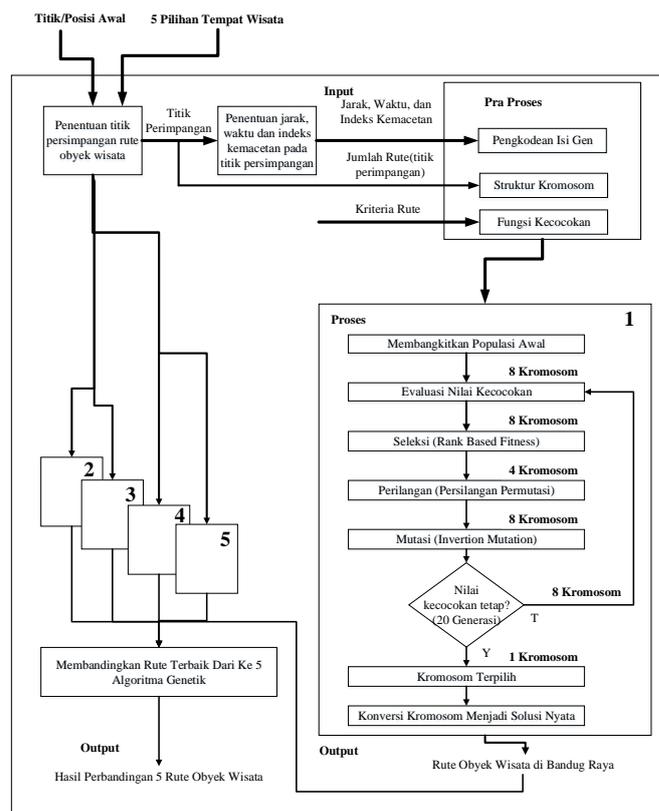
II. METODE

Algoritma Genetika digunakan untuk mencari satu solusi dari semua kemungkinan solusi yang memenuhi kriteria, tanpa perlu memeriksa keseluruhan dari solusi yang ada.. Proses Algoritma Genetika diawali dengan tahap pertama memilih satu titik awal dan memilih maksimal lima pilihan titik tujuan merupakan obyek wisata yang dipilih dari oleh wisatawan, kemudian dicari titik persimpangan jalan sebagai rute obyek wisata yang diambil dari Google Maps API yang ada pada sistem optimalisasi, setelah didapat titik persimpangan masuk ketahap pencarian jarak, waktu, indeks kemacetan berdasarkan titik persimpangan yang didapat proses sebelumnya.

Tahap kedua adalah tahap pra proses, pada tahap ini terdapat pembuatan struktur kromosom berdasarkan jumlah titik persimpangan mulai dari posisi awal ke posisi tujuan dengan panjang kromosom 30 gen, pengkodean isi gen yang memiliki atribut titik persimpangan yang didapat dari proses tahap pertama, jarak, waktu dan indeks kemacetan, serta membangun fungsi kecocokan berdasarkan kriteria menentukan rute obyek wisata di Bandung Raya.

Tahap ketiga adalah proses Algoritma Genetika yang diawali dengan proses pembangkitan populasi awal secara acak dengan jumlah 8 kromosom. Struktur kromosom merepresentasikan solusi rute obyek wisata yang berjumlah 30 gen, setiap gen berisi atribut titik persimpangan, jarak, waktu, indeks kemacetan, *latitude* dan *longitude*. Atribut *latitude* dan *longitude* merupakan koordinat titik persimpangan yang didapat ketika menentukan titik persimpangan sebagai rute pada tahap pertama. Setelah pembangkitan populasi awal, struktur kromosom yang dibangkitkan dihitung nilai kecocokannya menggunakan fungsi kecocokan yang dibuat kemudian diseleksi menggunakan seleksi Rank Based Fitness. Metode seleksi ini bekerja dengan cara mengurutkan kromosom berdasarkan nilai kecocokan tertinggi ke nilai kecocokan terkecil dan diambil 4 kromosom yang memiliki nilai kecocokan tertinggi. Kemudian masuk ke tahap proses persilangan, persilangan yang digunakan adalah persilangan permutasi yang pada setiap kromosom tidak boleh ada titik persimpangan yang sama. Proses mutasi yang digunakan proses Algoritma Genetika ini adalah inversi mutasi. Proses Algoritma Genetika atau siklus Algoritma Genetika ini akan berhenti berdasarkan 2 kriteria penghentian. Kriteria penghentian yang pertama adalah jika telah melakukan 20 generasi berturut – turut menghasilkan nilai kecocokan yang tetap atau tidak berubah (*konvergen*) dan batas generasi yaitu 1000 generasi. Sistem optimalisasi rute obyek wisata ini akan melakukan maksimal 5 kali Algoritma Genetik yang didapat dari satu posisi awal dan maksimal 5 posisi tujuan yang berbeda, setiap Algoritma Genetik memiliki tahap yang sama dan menghasilkan rute yang berbeda karena berbeda posisi tujuan. Rute yang dihasilkan dari masing – masing Algoritma Genetik

dibandingkan untuk mencari rute obyek wisata hasil perbandingan. Seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem Optimalisasi Penentuan Rute Obyek Wisata di Bandung Raya Menggunakan Algoritma Genetika

Metode ini bermula dari daftar obyek wisata yang ditinjau di daerah Bandung Raya berjumlah 162 tempat dan setiap obyek wisata memiliki atribut koordinat yaitu *latitude* dan *longitude* Seperti pada Tabel I.

TABEL I. DAFTAR OBYEK WISATA

No	Nama Obyek Wisata	Latitude	Longitude
1.	Rafting Bandung Gravity Adventure Pangalengan	-7.190187	107.550442
2.	Masjid Raya Bandung	-6.921757	107.606470
3.	Grafika Cikole	-6.785121	107.651478
4.	Gunung Puntang	-7.121059	107.620541
5.	Farm House Lembang	-6.832660	107.605864
6.	Puncak Ciumbuleuit	-6.855172	107.613568
7.	Curug Dago	-6.865544	107.618188
8.	Kawah Putih	-7.166100	107.402222
9.	Tangkuban Perahu	-6.759638	107.609781
10.	Situ Pantengan	-7.166654	107.357523
...
162	De'Ranch	-6.815720	107.626831

Daftar titik persimpangan yang merepresentasikan sebagai rute yang ditinjau di daerah Bandung Raya berjumlah 500 titik persimpangan dan setiap titik persimpangan memiliki atribut koordinat yaitu *latitude* dan *longitude* seperti pada Tabel II.

TABEL II. DAFTAR TITIK PERSIMPANGAN

No	Jalan/Titik Persimpangan	Latitude	Longitude
1.	Jalan Kolonel Masturi	-6.861262	107.544507
2.	Jl. Setra Sari	-6.861342	107.544898
3.	Bukit Dago Utara	-6.864542	107.544212
4.	Jalan Raya Cimahi Alun - Alun	-6.873038	107.541208
...
500.	Jl. Ciwastra	-6.873021	107.541215

Daftar bobot kemacetan jalan yang digunakan pada rute obyek wisata antar titik persimpangan yang ditinjau pada hari libur (*weekend*). Seperti pada Tabel III.

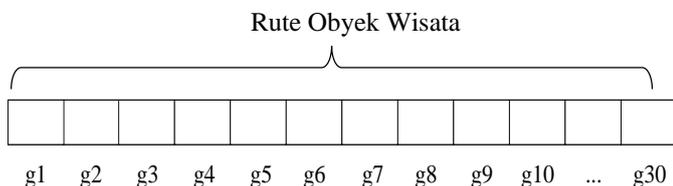
TABEL III. BOBOT KEMACETAN JALAN

Kemacetan Jalan	Bobot
Normal	1,0
Padat	1,5
Macet	2,0

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Representasi Struktur Kromosom

Kromosom pada penelitian ini dibentuk berdasarkan jumlah titik yang didapat dari posisi awal ke tujuan obyek wisata dengan jumlah 30 titik yang saling terhubung dan digunakan sebagai rute. Seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Representasi struktur kromosom

Setiap gen mewakili titik awal sampai dengan titik tujuan yang digunakan sebagai rute, berawal dari g_1 yang menyatakan posisi atau titik awal, g_2 sampai g_{29} menyatakan titik persimpangan yang digunakan sebagai rute dan g_{30} merupakan titik tujuan rute obyek wisata. Setiap gen memiliki daftar atribut atau daftar isi gen. Daftar isi gen yang digunakan pada kromosom terdapat pada Tabel IV.

TABEL IV. DAFTAR ISI GEN RUTE OBYEK WISATA

Rute	Waktu(m)	Jarak(km)	Bobot Kemacetan Jalan
T1 – T2	30	10	1.0
T1 – T3	40	16	1.0
T1 – T4	45	18	1.5
T1 – T5	55	20	2.0
...
T1 – T500	120	170	1.5
...
T450 – T451	15	4	2.0
...
T499 – T500	70	33	1.0

B. Membangkitkan Populasi Awal

Populasi awal dibangkitkan dengan mengambil beberapa kromosom yang dimasukkan ke dalam satu populasi dalam setiap generasi. Susunan dalam kromosom tersebut merupakan rangkaian yang berbeda pada setiap kromosomnya, dengan isi gen berupa nilai yang diambil secara acak. Pada penelitian ini dibangkitkan delapan kromosom untuk menjadi populasi awal dengan panjang 30 gen pada setiap kromosom. Populasi awal rute obyek wisata dapat dilihat pada Gambar 3.

Kromosom 1	T1	T200	T20	T34	T25	T12	T78	T45	T89	T444	...	T30
	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	g_8	g_9	g_{10}	...	g_{30}
Kromosom 2	T1	T67	T78	T98	T90	T55	T67	T56	T54	T490	...	T30
Kromosom 3	T1	T103	T107	T109	T66	T56	T34	T21	T355	T223	...	T30
Kromosom 4	T1	T6	T9	T22	T28	T40	T56	T62	T73	T83	...	T30
Kromosom 5	T1	T12	T15	T28	T34	T46	T62	T68	T76	T86	...	T30
Kromosom 6	T1	T8	T11	T24	T30	T42	T58	T64	T75	T85	...	T30
Kromosom 7	T1	T76	T56	T62	T73	T83	T92	T101	T107	T112	...	T30
Kromosom 8	T1	T76	T86	T95	T104	T110	T115	T112	T130	T135	...	T30

Gambar 3. Membangkitkan Populasi Awal

C. Membangun Fungsi Kecocokan

Fungsi kecocokan digunakan untuk menghitung jarak pada setiap gen yang terdapat pada kromosom dan digunakan untuk mengukur kesesuaian solusi terhadap kriteria yang ada. Terdapat kriteria yang digunakan untuk menentukan rute obyek wisata di Bandung Raya, kriteria tersebut, yaitu:

- Rute yang dipilih merupakan rute dengan jarak terdekat
- Rute yang dipilih merupakan rute dengan waktu tempuh yang cepat.
- Index kemacetan.

Kriteria tersebut kemudian dijadikan fungsi matematika sebagai fungsi kecocokan dan gen tersebut merupakan representasi dari titik lokasi persimpangan sebagai rute, seperti pada Persamaan 1.

$$F(x, y) = 1000 - \sum_{i=1}^{n=30} \sqrt{(w_i x_i - w_{i+1} x_{i+1})^2 + (w_i y_i - w_{i+1} y_{i+1})^2} \quad (1)$$

dimana:
 F : menyatakan nilai kecocokan,
 n : menyatakan banyaknya titik setiap gen,
 x : menyatakan jarak antar titik,
 y : menyatakan waktu antar titik dan
 w : menyatakan bobot kemacetan jalan untuk setiap gen.

Pada persamaan 1 menunjukkan hasil semakin baik untuk F yang besar, sehingga kromosom yang memiliki F yang paling besar dalam generasi akan dipilih sebagai solusi yang memenuhi syarat. Nilai kecocokan yang didapat dihitung dari setiap gen pada setiap kromosom yang masing – masing kromosom memiliki panjang 30 gen yang merepresentasikan sebagai rute obyek wisata. Setiap gen pada setiap kromosom

memiliki atribut yaitu titik persimpangan, *latitude*, *longitude*, jarak, waktu, dan indeks kemacetan jalan.

D. Seleksi

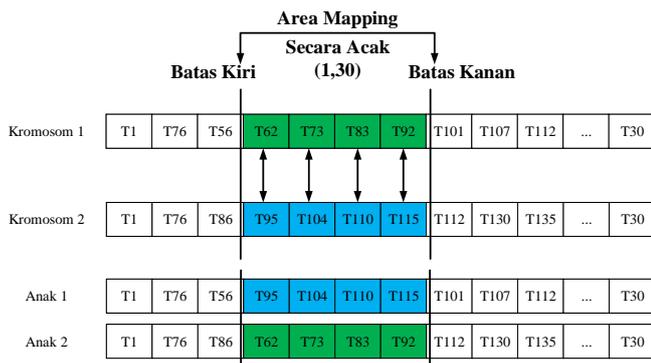
Proses seleksi digunakan untuk memilih suatu kromosom dalam populasi yang kemudian digunakan pada proses persilangan dan teknik seleksi yang digunakan adalah Rank Based. Hasil pengurutan seleksi menggunakan Rank Based, dipilih empat kromosom yang memiliki nilai kecocokan paling tinggi dan digunakan pada operator persilangan. seperti pada Tabel V.

TABEL V. HASIL OPERATOR SELEKSI

Kromosom	Nilai Kecocokan	Rank Based
Kromosom ke – 2	844,5251	1
Kromosom ke – 1	832,1288	2
Kromosom ke – 5	729,2801	3
Kromosom ke – 4	719,7873	4

E. Persilangan

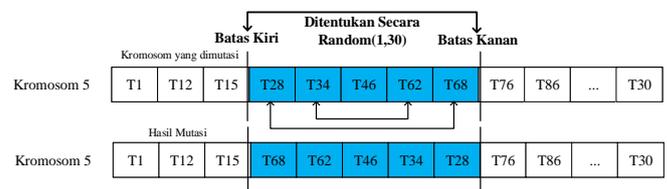
Proses persilangan adalah proses yang ada dalam Algoritma Genetika yang melibatkan dua kromosom yang menghasilkan kromosom baru yang lebih baik dari pada induknya. Pada kasus ini, persilangan yang digunakan adalah persilangan permutasi. Cara persilangan dengan persilangan permutasi adalah dengan terlebih dahulu menentukan dua posisi yaitu batas kiri dan batas kanan dengan aturan secara acak sesuai panjang kromosom yaitu 30, gen pada dua kromosom yang berada pada dua posisi batas kiri dan batas kanan ditukar diantara kromosom, kemudian gen yang berada pada dua posisi batas kiri dan kanan digunakan untuk menentukan hubungan mapping yang kemudian digunakan untuk menentukan kromosom keturunan yang mengacu pada hubungan mapping, hal ini bertujuan untuk dapat mencegah adanya gen ganda pada suatu kromosom, seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Persilangan Permutasi

F. Mutasi

Teknik mutasi yang digunakan adalah inversion mutation. Cara mutasi menggunakan teknik inversion mutation adalah dengan terlebih menentukan dua posisi yaitu batas kiri dan batas kanan dengan aturan secara acak sesuai dengan panjang kromosom yaitu 30, gen yang ada pada 2 posisi ini yaitu batas kiri dan batas kanan di tukar, gen yang ada pada batas kiri menjadi gen yang berada pada batas kanan akhir, seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Mutasi

G. Penghentian Generasi

Penghentian generasi merupakan pemberhentian iterasi pada proses algoritma genetika untuk mendapatkan solusi. Pada penelitian ini, selama siklus atau generasi berlangsung terdapat dua kategori penghentian generasi yaitu

1. Jika telah melakukan 20 generasi berturut – turut menghasilkan nilai kecocokan yang tetap atau tidak berubah (*konvergen*), dan
2. Batas maksimum generasi yaitu 1000 generasi.

Apabila salah satu kondisi tersebut terpenuhi, maka salah satu kromosom pada generasi terakhir dinyatakan sebagai solusi optimal. Parameter yang digunakan pada pengujian ini adalah 1000 batas generasi dan 20 generasi berturut – turut nilai kecocokannya tidak berubah seperti pada Tabel VI.

TABEL VI. HASIL PENGUJIAN

Pengujian	Algoritma Genetik	Jumlah Generasi	Nilai Kecocokan	Waktu proses (Menit)
1	1	145	814.9255	128
	2	98	826.8773	78
	3	124	876.1124	123
	4	117	910.2431	102
	5	278	889.1232	135
2	1	123	881.6819	129
	2	129	808.2312	154
	3	479	931.2532	215
	4	132	758.1034	152
	5	345	910.1321	176
3	1	211	831.9928	128
	2	125	798.6552	110
	3	611	971.8817	295
	4	303	728.7182	122
	5	725	930.1289	376
4	1	421	981.5444	198
	2	156	921.1235	130
	3	241	971.1992	165
	4	160	928.6443	122
	5	127	960.4564	110
5	1	203	932.5342	230
	2	225	911.4294	169
	3	214	821.0099	120
	4	241	887.2199	118
	5	160	780.6662	178

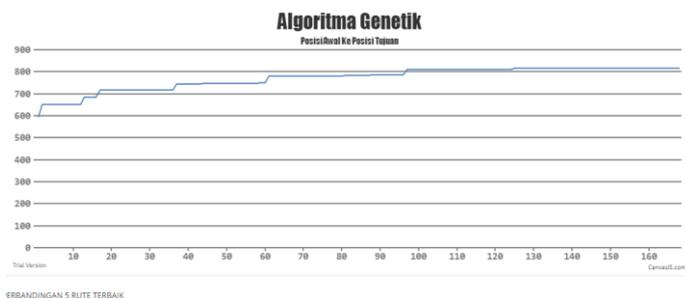
Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali, satu kali pengujian dilakukan sebanyak 5 kali algoritma genetika yang merepresentasikan satu kali algoritma genetika dengan satu posisi awal obyek wisata dan satu posisi tujuan obyek wisata sehingga total pengujian 25 kali pengujian dengan lima posisi awal obyek wisata dan 25 posisi tujuan obyek wisata data tersebut digunakan untuk parameter simulasi pada pengujian

sistem. Pengujian dengan nilai kecocokan tinggi seperti pada pengujian satu algoritma genetik ke 4, 117 generasi dengan nilai kecocokan 910.2431 dengan waktu 102 menit setelah 20 generasi berturut – turut nilainya tidak berubah maka proses algoritma genetik berhenti sesuai kriteria penghentian yaitu batas konvergen nilainya tidak berubah – ubah selama 20 generasi berturut - turut. Pengujian pada Tabel.VI digunakan untuk membandingkan antara rute satu dengan rute yang lainnya dengan melihat nilai kecocokan tertinggi untuk menghasilkan rekomendasi rute seperti pada Tabel.VII.

TABEL VII. HASIL REKOMENDASI RUTE TERPILIH

Pengujian	Algoritma Genetik	Jumlah Generasi	Nilai Kecocokan	Waktu proses (Menit)
1	4	117	910.2431	102
2	3	479	931.2532	215
3	3	611	971.8817	295
4	1	421	981.5444	198
5	1	203	932.5342	230

Nilai kecocokan pada beberapa generasi terlihat tidak mengalami perubahan yang terlihat pada garfik nilai kecocokan yang dihasilkan oleh sistem. Kondisi ini terjadi apabila pada proses operator Algoritma Genetika seperti persilangan dan mutasi tidak dapat menghasilkan individu yang lebih baik dari individu sebelumnya sehingga saat memasuki evaluasi nilai kecocokan dan seleksi, individu yang memiliki nilai kecocokan terbesar dari generasi sebelumnya tetap menjadi solusi optimal pada generasi selanjutnya seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Nilai Kecocokan

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini telah menghasilkan sistem optimalisasi rute obyek wisata di Bandung Raya menggunakan Algoritma Genetika. Hasil akhir dari penelitian ini adalah memberikan rekomendasi rute obyek wisata terdekat sebanyak lima tujuan yang dipilih oleh pengguna serta membandingkan lima tujuan rute obyek wisata untuk mencari jarak terpendek dan waktu tercepat.

Pengujian pada penelitian ini dilakukan sebanyak 5 kali, satu kali pengujian meliputi satu posisi awal dan lima posisi tujuan dengan melalui tahap pra proses untuk menentukan jumlah titik persimpangan dari posisi awal ke posisi tujuan satu sampai posisi tujuan lima dengan total pengujian 25 kali. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan sebanyak 5 kali, jumlah generasi tidak mencapai 1000 hal ini disebabkan nilai kecocokan sama sebanyak 20 generasi berturut – turut dan hasil yang didapat pada pengujian ke satu nilai kecocokan yang paling tinggi yaitu 910.2431 dari 117 generasi dengan waktu 102 Menit. Setiap pengujian menghasilkan hasil yang berbeda

karena pada pembangkitan populasi awal dilakukan secara acak, apabila pembangkitan populasi awal menghasilkan individu dengan nilai kecocokan yang baik maka akan mempercepat dalam menghasilkan solusi yang optimal. Kelemahan dari sistem ini terletak pada proses operator Algoritma Genetika yang dipakai tidak dapat menghasilkan individu yang memiliki solusi yang lebih baik dari generasi sebelumnya sehingga individu yang memiliki solusi yang paling baik dari generasi sebelumnya akan terus bertahan selama beberapa generasi dan rute yang dihasilkan belum sesuai karena masih dalam keadaan zig-zag.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. D. M. A. B. Joni dan V. Nurcahyawati, “Penentuan Jarak Terpendek Pada Jalur Distribusi Barang Di Pulau Jawa Dengan Menggunakan Algoritma Genetika,” *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*, vol. 1, no. 3, pp. 244-258, 2012.
- [2] P. Y. Utami, C. Suhery dan Ilhamsyah, “Aplikasi Pencarian Rute Terpendek Menggunakan Algoritma Genetika (Studi Kasus : Pencarian Rute Terpendek untuk Pemadam Kebakaran Wilayah Kota Pontianak),” *Jurnal Coding Sistem Universitas Tanjungpura*, vol. 02, no. 1, pp. 19-25, 2014.
- [3] M. Nurzaki dan Wijanarto, “Routing Otomatis Berbasis Algoritma Genetik Untuk Pengelolaan Tanggap Darurat Bencana,” *Techno.COM*, vol. 14, no. 2, pp. 79-87, 2015.
- [4] A. W. Widodo dan W. F. Mahmudy, “Penerapan Algoritma Genetika Pada Sistem Rekomendasi Wisata Kuliner,” *Jurnal Ilmiah Kursor*, vol. 5, no. 1, pp. 205-211, 2010.
- [5] L. Tri dan M. Syafiul, “Implementasi Population Resizing On Fitness Improvement Genetic Algorithm (PROFIGA) Untuk Optimasi Rute Kunjungan Promosi Universitas Muria Kudus Berbasis Android dan Google Maps Api,” *Jurnal SIMETRIS*, vol. 7, pp. 59 - 68, 2016.
- [6] E. Martiana dan A. Basuki, “Optimasi Penempatan Radio Based Station dengan Algoritma Genetika,” *Electronics Industrial Seminar (IES)*, pp. 266-270, 2003.
- [7] F. Y. Saptaningtyas, “Multi Traveling Salesman Problem (MTSP) dengan Algoritma Genetika Menentukan Loper Koran di Agen Surat Kabar,” *Phytagoras*, vol. 7, pp. 55-64, 2012.
- [8] Y. Sukarmawati, N. dan D. M.Hartono, “Optimalisasi Rute Pengumpulan Sampah di Kawasan Perumahan Pesona Khayangan Dengan Model Penyelesaian Travelling Salesman Problem,” *Jurnal Transportasi*, vol. 13, pp. 1-8, 2013.
- [9] Y. G. Panharsi dan W. F. Mahmudy, “Optimasi Distribusi Barang dengan Algoritma Genetika,” *Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, vol. 5, 2015.
- [10] N. W. Vivi dan F. M. Wayan, “Optimization of Ship’s Route Scheduling Using Genetic Algorithm,” *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 2, pp. 180 - 186, 2016.
- [11] M. Bielli, M. Caramia dan P. Carotenuto, “Genetic Algorithm In Bus Network Optimization,” *Permagon - Transport Research Part C*, vol. 10, pp. 19-34, 2002.
- [12] M. D. A. Cipta Hasibuan dan Lusiana, “Pencarian Rute Terbaik Pada Travelling Salesman Problem (TSP) Menggunakan Algoritma Genetika pada Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Pekanbaru,” *Sains dan Teknologi Informasi*, vol. 1, pp. 36-46, 2015.
- [13] I. Tahyudin dan I. Susanti, “Pencarian Rute Terbaik pada Obyek Wisata di Kabupaten Banyumas Menggunakan Algoritma Genetika Metode TSP (Travelling Salesman Problem),” *JUITA*, vol. III, pp. 165-173, 2015.