

OPTIMASI *TRAVELLING SALESMAN PROBLEM WITH TIME WINDOWS* (TSP-TW) PADA PENJADWALAN PAKET RUTE WISATA DI PULAU BALI MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA

Nurizal Dwi Priandani¹⁾, Wayan Firdaus Mahmudy²⁾

Jurusan Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya

Jl. Veteran, Kota Malang – Jawa Timur

E-mail : priandani@ub.ac.id¹⁾

Abstrak

Pulau Bali merupakan tempat impian bagi wisatawan dimana terdapat ratusan bahkan ribuan destinasi wisata yang ditawarkan[1]. Waktu wisatawan yang singkat dan banyaknya destinasi wisata yang ingin dikunjungi, membuat wisatawan harus menjadwalkan perjalanan wisatanya seefektif mungkin. Pada kenyataannya, setiap destinasi wisata mempunyai waktu buka-tutup atau waktu terbaik untuk dikunjungi. Pemakaian konsep TSP konvensional akan menjadi kurang tepat jika di implementasikan pada kondisi demikian. Salah satu bentuk pengembangan TSP yang lebih rumit dengan melibatkan dua variabel adalah TSP-TW yaitu pencarian rute optimal dengan menambahkan variabel waktu yang harus diperhatikan[3]. Pada penelitian ini, akan digunakan algoritma genetika pada kasus TSP-TW untuk menghasilkan jadwal perjalanan paling optimal yaitu dengan rute terpendek dan perjalanan tepat waktu pada wisata pada Pulau Bali. Berdasar hasil pengujian, parameter yang optimal untuk optimasi TSP-TW menggunakan Algoritma genetika pada kasus penjadwalan perjalanan wisata pada Pulau Bali yaitu metode seleksi yang di pakai adalah Elitis, nilai Crossover Rate (C-) adalah 0,05, nilai Mutation Rate (M-) adalah 0,35, jumlah generasi adalah 1750 generasi dan jumlah populasi adalah 100 populasi.

Kata kunci: Optimasi Rute, Travelling Salesman Problem, Time Windows, Algoritma Genetika

Abstract

The Bali Island is a dream place for tourists where there are hundreds or even thousands of tourist destinations that offered[1]. In the reality, the tourists don't have much time enough to visit the abundant tourism destination so that the travelers should make tourism travel schedule as effective as possible. In fact, each destination has open-close time or the best time to visit. The use of the conventional TSP concept would be unreliable if implemented in such conditions. One variant of TSP concept which more complicated by involving two variables is TSP-TW where this concept will search the optimal route by adding a time variable that must be considered [3]. In this research, we will use a genetic algorithm on TSP-TW case for optimizing the travel scheduling on the Bali Island. Based on the test results, the optimal parameters for the TSP-TW optimization using genetic algorithms on travel scheduling to the Bali Island which Elitist as the selection method , crossover rate value is 0.05, crossover rate value is 0.35, the generation size is 1750, and the population size is 100.

Keywords: Route Optimization, Travelling Salesman Problem, Time Windows, Genetic Algorithm

1. PENDAHULUAN

Pulau Bali merupakan tempat impian bagi wisatawan lokal maupun mancanegara. Pesona objek wisata baik berupa keindahan alam, budaya dan adat istiadat yang kental membuat Bali menjadi destinasi wisata unggulan di Indonesia. Terdapat lebih dari ratusan bahkan ribuan destinasi wisata yang ditawarkan oleh Pulau Bali. Banyak paket pariwisata yang ditawarkan oleh hotel tempat menginap atau agen perjalanan [1]. Setiap paket perjalanan telah mempunyai jadwal dan destinasi yang telah ditentukan sebelumnya. Tidak sedikit wisatawan yang kurang menyukai paket yang disediakan oleh hotel atau agen. Hal ini terjadi karena ketidaksesuaian jadwal yang telah ditentukan dengan keinginan para wisatawan. Banyak wisatawan memilih untuk berwisata “backpacker” dengan menentukan destinasi-destinasi wisata sesuai keinginan mereka sendiri. Pada umumnya, semua wisatawan tidak mengetahui jarak antar destinasi wisata dan wisatawan hanya mempunyai waktu yang singkat untuk menikmati liburannya namun juga ingin mengunjungi banyak destinasi wisata. Waktu yang singkat dan banyaknya destinasi wisata yang ingin dikunjungi, membuat wisatawan harus menjadwalkan perjalanan wisatanya seefektif mungkin.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Saptaningtyas [2] menerangkan tentang pengoptimasian penjadwalan kunjungan wisata pada Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Namun dari penelitian tersebut terdapat permasalahan yaitu tentang waktu kunjungan. Pada kenyataannya, setiap destinasi wisata mempunyai waktu buka-tutup atau waktu terbaik untuk dikunjungi. Sebagai contoh, Pantai Sanur paling baik dikunjungi pada saat matahari terbit (05.00-06.30) dan Pasar Sukowati hanya buka pada jam 08.00-18.00 [1]. Melihat dari keadaan ini maka dibutuhkan sebuah penjadwalan paket wisata dengan parameter waktu terbaik kunjungan atau waktu buka-tutup dan rute terpendek dari destinasi-destinasi wisata pilihan wisatawan. Penelitian juga dilakukan oleh Gambardella, Taillard dan Agazzi [3] yang membahas tentang pengoptimasian kasus Vehicle Routing Problems (VRP) dengan tambahan kendala berupa Time Windows. Penelitian juga dilakukan oleh Widodo dan Mahmudy[4] yaitu tentang pencarian jarak terpendek dari tujuan wisatawan yang ingin melakukan wisata kuliner.

Penggunaan konsep *Travelling Saleman Problem* dengan menambahkan parameter *Time Windows* (TSP-TW) dapat menjadi solusi untuk penjadwalan wisata. Pemilihan rute akan sangat mempengaruhi keoptimalan TSP-TW pada penjadwalan paket wisata Pulau Bali sehingga diperlukan optimasi untuk memilih rute paling efektif. Algoritma genetika adalah salah satu algoritma untuk menyelesaikan permasalahan *multiobjective*. Algoritma Genetika dapat memberikan sebuah solusi terbaik dengan mendasarkan pada proses evolusi sehingga sangat efektif untuk permasalahan optimasi [10]. Penelitian yang dilakukan oleh Chen [5] membahas suatu optimasi masalah perjalanan dengan *time windows* menggunakan algoritma genetika.

Pada penelitian ini, kami menerapkan algoritma genetika pada permasalahan TSP-TW untuk pemilihan rute paling optimal yaitu dengan rute terpendek dan perjalanan tepat waktu pada penjadwalan perjalanan wisata pada Pulau Bali.

2. METODOLOGI

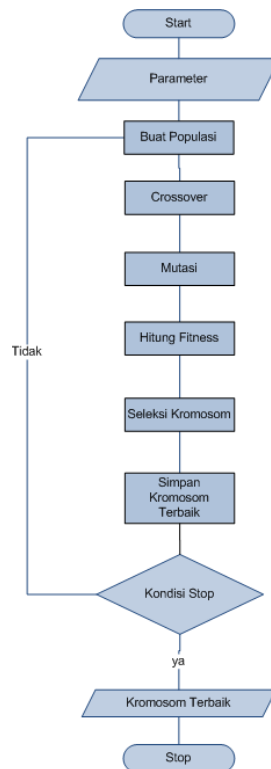
2.1. Travelling Salesman Problem With Time Windows (TSP-TW)

Pencarian rute tercepat telah diterapkan di berbagai bidang untuk mengoptimasi kinerja suatu system baik dengan tujuan untuk meminimalkan biaya ataupun untuk mempercepat perjalanan [6]. Salah satu contoh dalam kasus penentuan rute perjalanan yaitu rute yang dipilih sopir pengirim barang dengan ketentuan setiap daerah tujuan pengiriman tersebut harus dikunjungi satu kali kemudian kembali lagi ke tempat awal. Permasalahan tersebut dikenal sebagai *Travelling Salesman Problem* (TSP). Salah satu bentuk pengembangan TSP yang lebih rumit yang melibatkan dua variabel atau lebih adalah TSP-TW yaitu pencarian rute optimal yang mempertimbangkan total waktu perjalanan, waktu pengiriman, waktu pelayanan, dan waktu kedatangan [3]. Penggunaan konsep TSP-TW dalam penelitian ini adalah kami mengasumsikan setiap wisatawan memulai dan mengakhiri perjalanan wisatanya dari penginapan dimana wisatawan tersebut menginap. Setiap destinasi wisata akan dikunjungi hanya satu kali dalam agenda atau jadwal perjalanannya. Destinasi wisata akan dikunjungi hanya ketika tempat tersebut buka atau pada waktu terbaik untuk dinikmati.

2.2. Algoritma Genetika

Algoritma genetika adalah algoritma yang menirukan konsep evolusi Charles Darwin yaitu memanfaatkan proses seleksi alamiah. Pendekatan yang diambil oleh algoritma genetik adalah dengan menggabungkan secara acak berbagai pilihan solusi terbaik di dalam suatu populasi untuk mendapatkan generasi solusi terbaik yaitu pada suatu kondisi dengan nilai *fitness* yang paling tinggi. Setiap generasi akan merepresentasikan perbaikan-perbaikan pada populasi awalnya. Proses tersebut dilakukan secara berulang sehingga dapat mensimulasikan proses evolusi yang semakin baik. Pada akhir proses akan didapatkan solusi-solusi yang paling tepat dimana akan direpresentasikan sebagai kromosom. Pada penelitian ini, proses pencarian rute terpendek menggunakan algoritma genetika ditampilkan pada gambar 1. Hasil akhir dari algoritma genetika adalah menampilkan kromosom yang memiliki nilai *fitness* tertinggi dari semua generasi. Parameter algoritma genetik yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- PopSize, yaitu banyaknya individu yang dilibatkan pada setiap generasi.
- Crossover Rate (C_r), adalah kemungkinan terjadinya persilangan (*crossover*) pada suatu generasi.
- Mutation Rate (M_r), adalah kemungkinan terjadinya mutasi pada setiap individu.
- Banyaknya generasi yang akan dibentuk dimana akan menentukan lama penerapan algoritma genetik.



Gambar 1. Flowchart Aplikasi

2.2.1. Representasi *Chromosome*

Dalam sebuah populasi terdapat anggota populasi yang disebut dengan kromosom, Kromosom berisikan informasi solusi dari sekian banyak alternatif solusi masalah yang dihadapi. Untuk mendapat solusi terbaik, setiap generasi akan menghasilkan kromosom-kromosom yang baru yang dibentuk dari generasi sebelumnya dengan menggunakan operator kawin silang dan mutasi. Representasi *chromosome* yang digunakan untuk algoritma genetika pada penelitian ini adalah representasi permutasi. Dalam satu individu terdapat beberapa gen yang direpresentasikan dalam bentuk angka-angka. Setiap angka dalam setiap *chromosome* akan mewakili destinasi-destinasi wisata. Satu kromosom atau susunan gen akan mewakili sebuah urutan destinasi wisata mana yang akan di kunjungi terlebih dahulu. Dimisalkan sebuah kromosom K_1 tersusun dengan susunan gen 4 5 6 1 2 3 11 15 16 7 12 17 8 14 18 19 9 13 20 10. Kromosom K_1 mempunyai arti rute perjalanan wisata berturut-turut dimulai dari destinasi wisata ke 4-5-6-1-2-3-11-15-16-7-12-17-8-14-18-19-9-13-20-10 dari daftar destinasi wisata yang dipilih. Tabel 1 menunjukkan contoh individu yang dibangkitkan dengan representasi permutasi.

Tabel 1. Contoh individu dan susunan gen pada chromosome-nya

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

2.2.2. Nilai *Fitness*

Nilai *fitness* adalah 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 tinggi pula kualitas kromosom. Fungsi *fitness* yang dipakai dalam Algoritma genetika pada penelitian ini ditunjukkan pada Persamaan 1 [7]. Dimisalkan sebuah kromosom K_1 tersusun dengan susunan gen 4 5 6 1 2 3 11 15 16 7 12 17 8 14 18 19 9 13 20 10. Kromosom K_1 dihitung total jarak yang di tempuh ($\sum C_{ij}$) dari destinasi wisata berturut-turut 4-5-6-1-2-3-11-15-16-7-12-17-8-14-18-19-9-13-20-10. Dari kromosom K_1 kemudian akan seberapa lama waktu keterlambatan atau kedatangan yang terlalu cepat ($\sum P_i$) jika menggunakan rute 4-5-6-1-2-3-11-15-16-7-12-17-8-14-18-19-9-13-20-10. Tabel 2 menunjukkan contoh perhitungan nilai *fitness* setiap individu.

$$Nilai_{fitness} = \frac{1}{\sum (c_{ij}) + \sum p_i} \quad (1)$$

dimana:

- c_{ij} adalah jarak tempuh dari titik i ke titik j.
- p_i merupakan penalti jika wisatawan mengunjungi tempat wisata diluar waktu buka/terbaik.

Tabel 2. Contoh perhitungan nilai fitness setiap individu

Individu	Chromosome	Total Jarak (KM)	Total Pinalti (Menit)	Fitness
K 1	4 5 6 1 2 3 11 15 16 7 12 17 8 14 18 19 9 13 20 10	128	125	0.003952
K 2	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	320	230	0.001818
K 3	5 6 1 2 3 4 10 15 7 9 8 14 20 16 11 17 18 13 19 12	210	20	0.004347

2.2.3. Crossover

Crossover adalah proses penggabungan dua kromosom sehingga menghasilkan anak kromosom yang mewarisi ciri-ciri dasar dari *parent crossover* pada algoritma genetika. Cara kerja crossover adalah dengan membangkitkan *offspring* baru dengan mengganti sebagian informasi dari *parents*[7]. Pada penelitian ini akan digunakan metode *partially matched crossover* (PMX) karena metode ini dapat mencegah adanya gen ganda pada suatu individu.

2.2.4. Mutasi

Mutasi adalah proses untuk menciptakan individu baru dengan melakukan modifikasi satu atau lebih gen dalam individu itu sendiri. Mutasi akan meningkatkan variasi populasi dengan mengganti gen yang hilang dari populasi selama proses seleksi serta menyediakan gen yang tidak ada dalam populasi awal[9]. Pada penelitian ini kami akan menggunakan metode mutasi *reciprocal exchange*. Metode mutasi *reciprocal exchange* tidak akan menghasilkan gen yang sama pada anaknya dimana cara kerjanya adalah dengan memilih dua posisi secara random, kemudian menukar kedua posisi tersebut

2.2.5. Seleksi

Proses seleksi adalah proses untuk mendapatkan calon generasi yang terbaik. Semakin tinggi nilai *Fitness* dari suatu individu maka semakin besar kemungkinannya untuk terpilih[4]. Pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan dua metode seleksi yaitu Roulette Wheel dan Elitism. Konsep kerja metode Roulette Wheel sama seperti sebuah roda roulette dengan isi kemungkinan adalah semua kromosom. Besarnya nilai kemungkinan bagi setiap kromosom adalah tergantung dari nilai *fitness*nya[8]. Dari konsep kerja metode ini, semakin baik nilai *fitness*-nya maka semakin besar kemungkinannya untuk terpilih. Metode Seleksi Elitis adalah Metode dengan mempertahankan individu-individu yang mempunyai nilai *fitness* tinggi untuk menjadi generasi selanjutnya. Individu yang telah dipertahankan akan dibandingkan dengan individu hasil proses regenerasi[11].

3. PENGUJIAN

3.1. Data

Data mentah yang digunakan pada penelitian ini adalah data Latitude dan Longitude setiap destinasi wisata maupun penginapan di Pulau Bali. Data mentah destinasi wisata dan penginapan didapat dari website resmi Dinas Pariwisata Provinsi Bali. Setiap destinasi, akan dicari Latitude dan Longitude dengan menggunakan Google Maps. Data Latitude dan Longitude tiap destinasi akan berfungsi sebagai penentu jarak antar masing-masing destinasi yang dibuat menjadi matriks jarak antar destinasi wisata.

3.2. Skenario Pengujian

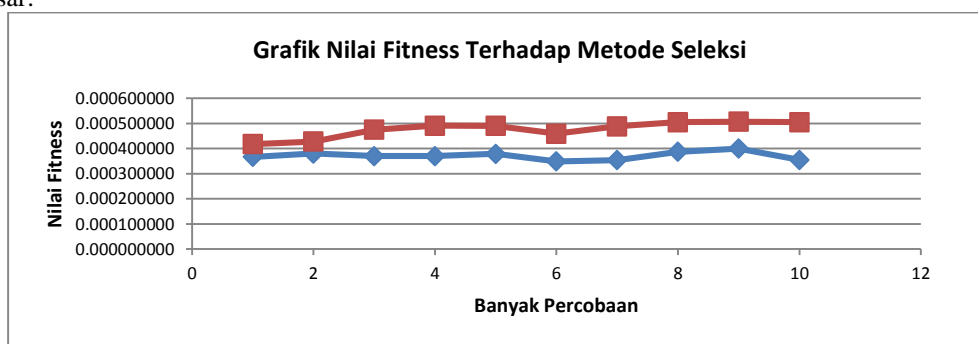
Dalam penelitian ini kami melakukan beberapa rangkaian skenario uji coba dengan beberapa asumsi. Uji coba dilakukan dengan menggunakan 20 data destinasi dengan mengambil secara acak dari daftar destinasi wisata Pulau Bali. Lama kunjungan pada setiap tempat wisata yaitu 2 jam. Kecepatan perjalanan dari satu destinasi ke destinasi lain adalah 60km/jam. Data jarak antar destinasi dan kecepatan akan mempengaruhi waktu tempuh. Lama kunjungan dan waktu tempuh akan mempengaruhi ketepatan waktu untuk sampai di destinasi berikutnya. Skenario pengujian yang akan dilakukan adalah :

1. Pengujian perbandingan metode seleksi (*roulette wheel* dan elitis) yang terbaik untuk proses algoritma genetika pada penjadwalan harian dan paket rute wisata di Pulau Bali dengan konsep TSP-TW.
2. Pengujian banyak Generasi yang optimal untuk proses algoritma genetika TSP – TW pada penjadwalan harian dan paket rute wisata di Pulau Bali.
3. Pengujian banyak Populasi yang optimal untuk proses algoritma genetika TSP – TW pada penjadwalan harian dan paket rute wisata di Pulau Bali.
4. Pengujian kombinasi *Crossover Rate* (C_r) dan *Mutation Rate* (M_r) yang terbaik untuk permasalahan TSP-TW pada penjadwalan harian dan paket rute wisata di Pulau Bali.

3.3. Hasil dan Analisa Pengujian

3.3.1. Hasil dan Analisa Pengujian Perbandingan Metode Seleksi

Pengujian metode seleksi akan menggunakan metode seleksi elitis dengan metode seleksi *roulette wheel* dengan parameter perubahan nilai *fitness*. Jumlah populasi yang dipakai sebanyak 50 individu, jumlah generasi yang dipakai sebanyak 200 generasi, kombinasi *Crossover Rate* (C_r) dan *Mutation Rate* (M_r) yang dipakai masing-masing adalah 0,5. Uji coba ini dilakukan sebanyak 10 kali percobaan untuk setiap metode seleksi dimana nilai *fitness* tiap percobaan didapat dari rata-rata dari 10 kali menjalankan program. Dari uji coba tersebut nantinya akan diperoleh metode seleksi mana yang paling baik untuk digunakan dengan menghasilkan nilai *fitness* yang paling besar.

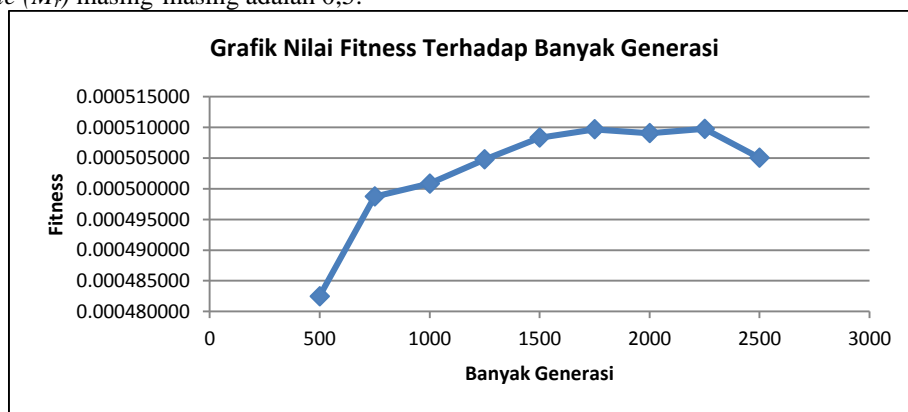


Gambar2. Grafik Perbandingan Metode Seleksi Elitis dan Roulette Wheel Terhadap Nilai Fitness

Gambar 2 menunjukkan hasil dari 10 kali percobaan perbandingan metode seleksi terhadap nilai *fitness*. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa penggunaan metode elitis rata-rata menghasilkan nilai *fitness* yang lebih baik daripada menggunakan metode Roulette Wheel pada setiap percobaannya. Rata-rata nilai *fitness* metode seleksi elitis adalah 0.000476853 dimana lebih besar dari pada metode seleksi *roulette wheel* yaitu dengan nilai rata-rata *fitness* sebesar 0.000371115. Hal ini membuktikan bahwa metode seleksi elitis lebih sesuai untuk masalah TSP-TW pada penjadwalan harian dan paket rute wisata di Pulau Bali.

3.3.2. Hasil dan Analisa Pengujian Generasi

Pengujian Generasi adalah pengujian yang mencari banyaknya generasi yang optimum untuk menyelesaikan masalah Optimasi TSP-TW pada penjadwalan harian dan paket rute wisata di Pulau Bali menggunakan Algoritma Genetika. Banyaknya generasi adalah kelipatan 250 dimulai dari 500 sampai dengan 2500 generasi. Nilai *fitness* setiap generasi didapat dari rata-rata 10 kali percobaan berulang. Banyak populasi yang digunakan adalah 50, metode seleksi yang digunakan adalah metode seleksi elitis, kombinasi *Crossover Rate* (C_r) dan *Mutation Rate* (M_r) masing-masing adalah 0,5.

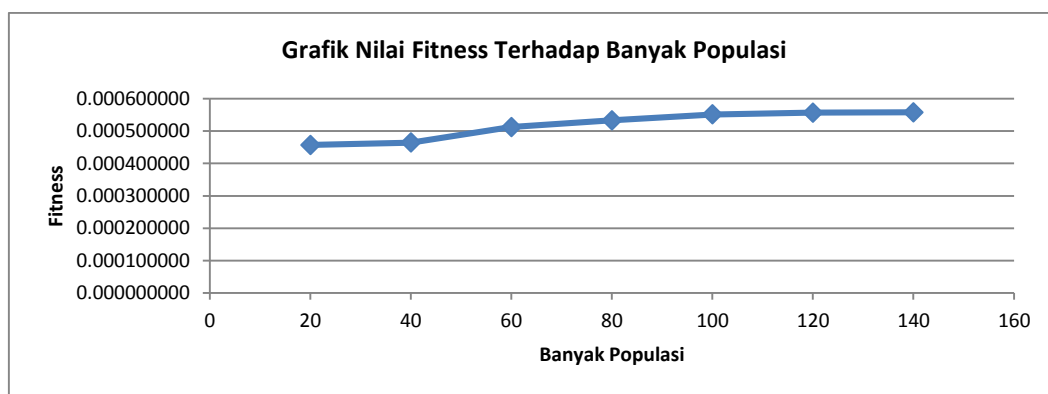


Gambar3. Grafik Pengaruh Jumlah Generasi Terhadap Nilai Fitness

Gambar 3 menunjukkan hasil dari pengujian generasi dimana proses algoritma genetika dapat dipengaruhi oleh jumlah generasi. Nilai *fitness* paling kecil yaitu berada pada jumlah generasi 500 yaitu 0.000482483. Nilai *fitness* paling besar yaitu berada pada jumlah generasi 1750 dengan nilai 0.000509668. Nilai *fitness* terendah terdapat pada jumlah generasi terendah. Hal ini disebabkan karena algoritma genetika belum dapat memproses secara optimal karena kurangnya jumlah generasi. Jumlah generasi yang terlalu banyak, akan menyebabkan waktu proses yang menjadi lebih lama dan hasil nilai *fitness* yang dihasilkan juga belum tentu jauh lebih baik dari generasi yang lebih sedikit. Pada pengujian ini, nilai *fitness* telah mencapai titik optimum pada jumlah generasi 1750. Pada jumlah generasi setelah 1750, tidak ada peningkatan nilai *fitness* yang signifikan bahkan terdapat penurunan pada jumlah generasi 2500. Kesimpulan yang didapat dari pengujian ini adalah generasi yang optimal hasil untuk kasus TSP-TW pada penjadwalan harian dan paket rute wisata di Pulau Bali yaitu 1750 generasi dengan rata-rata nilai *fitness* 0.000509668.

3.3.3. Hasil dan Analisa Pengujian Populasi

Pengujian Populasi adalah pengujian yang mencari banyaknya populasi dalam satu generasi yang optimum pada kasus TSP-TW pada penjadwalan harian dan paket rute wisata di Pulau Bali. Pengujian ini menggunakan metode seleksi elitis, banyaknya generasi yaitu 1750 generasi dan untuk nilai kombinasi *Crossover Rate* (C_r) dan *Mutation Rate* (M_r) masing-masing adalah 0,5. Populasi yang ditentukan adalah kelipatan 20 dimana dimulai dengan banyak populasi 20 sampai dengan 140. Nilai *fitness* setiap populasi didapat dari rata-rata 10 kali percobaan berulang.

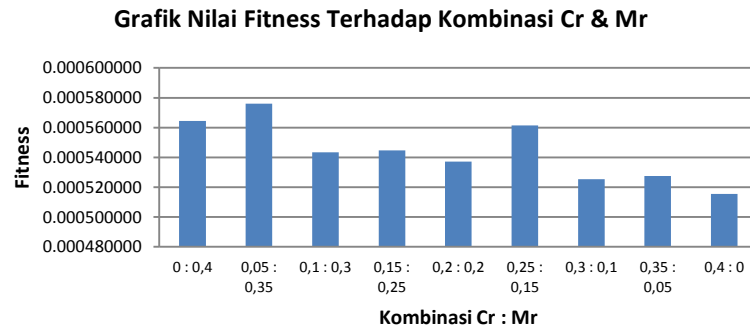


Gambar 4. Grafik Pengaruh Jumlah Populasi Terhadap Nilai Fitness

Gambar 4 menunjukkan hasil dari pengujian pengaruh populasi terhadap nilai *fitness*. Pada banyak populasi 20, nilai *fitness* yang didapat adalah nilai yang paling kecil yaitu 0.000457002. Sampai dengan posisi banyak populasi 100, terdapat kenaikan yang signifikan dari banyak populasi sebelumnya dimana nilai *fitness* adalah 0.000551453. Sama halnya seperti generasi, populasi yang terlalu sedikit akan menyebabkan sedikitnya individu yang belum cukup baik akan terpilih sehingga membuat nilai *fitness* juga akan kurang optimal. Sebaliknya, jika semakin banyak populasi belum tentu juga didapat nilai *fitness* yang cukup tinggi dari jumlah populasi yang lebih sedikit. Hal tersebut dapat dilihat dari grafik dimana kenaikan nilai *fitness* yang signifikan hanya sampai dengan jumlah populasi 100. Setelah jumlah populasi 100, tidak ada perubahan yang cukup signifikan. Maka dapat disimpulkan bahwa jumlah populasi yang paling optimum untuk kasus penelitian ini adalah 100 populasi dalam 1 generasi.

3.3.4. Hasil dan Analisa Pengujian Kombinasi *Crossover Rate* dan *Mutation Rate*

Pengujian kombinasi *Crossover Rate* (C_r) dan *Mutation Rate* (M_r) adalah pengujian yang mencari kombinasi C_r dan M_r yang optimum pada kasus TSP-TW pada penjadwalan harian dan paket rute wisata di Pulau Bali. Berdasar penelitian yang dilakukan oleh Mahmudy, Marian, dan Luong [11], pengujian kombinasi C_r dan M_r ditentukan nilai C_r dan M_r dengan kelipatan 0,05 pada nilai 0 sampai 0,4 dimana jumlah C_r dan M_r adalah 0,4. Pada pengujian penelitian ini, jumlah populasi yang dipakai adalah 100 populasi, jumlah generasi yang dipakai adalah 1750 generasi dan untuk metode seleksi akan digunakan metode elitis. Uji coba ini dilakukan sebanyak 10 kali pada setiap kombinasi C_r dan M_r .



Gambar 5. Grafik Pengaruh Kombinasi Crossover rate dan Mutation rate Terhadap Nilai Fitness

Dari gambar 5 didapatkan bahwa rata-rata nilai *fitness* terbaik adalah 0.000575945 yaitu kombinasi *Crossover Rate* (C_r) dan *Mutation Rate* (M_r) masing-masing 0,05 dan 0,35. Rata-rata nilai *fitness* terburuk adalah pada kombinasi kombinasi *Crossover Rate* (C_r) dan *Mutation Rate* (M_r) 0,4:0 dengan rata-rata nilai *fitness*-nya adalah 0.000515450. Hal ini menunjukkan bahwa kasus TSP-TW pada penjadwalan harian dan paket rute wisata di Pulau Bali memerlukan lebih banyak proses *crossover* daripada mutasi dengan kombinasi $C_r : M_r$ adalah 0,05 : 0,35.

4. SIMPULAN DAN SARAN

4.1. Simpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah:

1. Algoritma Genetika dapat digunakan pada kasus pencarian solusi *Travelling Salesman Problem* dengan tambahan variabel *Time Windows* yang diterapkan pada kasus penentuan rute wisata pada Pulau Bali.
2. Parameter-parameter Algoritma Genetika yang digunakan untuk mengoptimalkan pemilihan jadwal rute wisata wisata Pulau Bali dengan konsep TSP-TW adalah sebagai berikut
 - Metode seleksi yang paling optimal adalah Metode Elitis dengan nilai rata-rata *fitness* adalah 0.000476853.
 - Jumlah generasi yang optimal adalah sebanyak 1750 Generasi dengan nilai rata-rata *fitness* adalah 0.000509668.
 - Jumlah populasi yang optimal adalah sebanyak 100 populasi dalam satu generasi dengan nilai rata-rata *fitness* adalah 0.000457002.
 - Kombinasi kombinasi *Crossover Rate* (C_r) dan *Mutation Rate* (M_r) yang paling baik adalah 0,05 untuk probabilitas *Crossover Rate* (C_r) dan 0,35 untuk *Mutation Rate* (M_r).

4.2. Saran

Dari simpulan hasil penelitian ini, saran yang dapat diberikan adalah:

1. Pengembangan sistem informasi penjadwalan rute wisata baik berbasis *web* maupun *mobile* untuk pengguna nyata dengan menggunakan konsep TSP-TW dengan algoritma Genetika sebagai optimotor dimana parameter-parameternya telah disebutkan pada hasil penelitian.
2. Penelitian lanjutan mengenai optimasi TSP-TW menggunakan algoritma genetika dengan menimbang jarak dan waktu kepadatan lalu lintas sehingga didapatkan hasil yang lebih mendekati nyata.

5. DAFTAR RUJUKAN

- [1] Kementerian Pariwisata Republik Indonesia. *Destinasi Wisata Indonesia: Bali*. 2013. [Online]. Available: <http://www.indonesia.travel/id/discover-indonesia/region-detail/35/bali>. [Accessed: 19-Apr-2015].
- [2] F. Y. Saptaningtyas., 2013. Optimasi Pengelolaan Pariwisata Di Diy Dengan Menggunakan Metode Campbell Dudeck Smith (CDS). pp. 978–979.
- [3] Gambardella, L. M., Taillard, E., & Agazzi, G., 1999. A Multiple Ant Colony System For Vehicle Routing Problems With Time Windows. *New Ideas in Optimization*, 3.
- [4] Widodo, W. A., & Mahmudy, W. F., 2010. Penerapan Algoritma Genetika Pada Sistem Rekomendasi Wisata Kuliner., *Jurnal Ilmiah KURSOR*.
- [5] Chen, T., & Zhou, G., 2013. Vehicle Routing Optimization Problem with Time-windows and its Solution by Genetic Algorithm. *Journal of Digital Information Management*, 7.
- [6] Purwanto, Y., Purwitasari, D., & Wibowo, W. A., 2005. Implementasi Dan Analisis Algoritma Pencarian Rute Terpendek Di Kota Surabaya. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan TELEKOMUNIKASI*, 10, 1.

- [7] Mahmudy, W. F., 2013. *Modul Matakuliah Algoritma Evolusi*. Malang: Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.
- [8] Wati, A. W., 2011. Penerapan Algoritma Genetika Dalam Optimasi Model Dan Simulasi Dari Suatu Sistem. *Jurnal Keilmuan Teknik Industri*, 1, 4.
- [9] Zukhri, Z., 2004. Penyelesaian Masalah Penugasan dengan Algoritma Genetika. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*, 5.
- [10] Kusumadewi, S., 2003. *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. 1st ed. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [11] Mahmudy, W. F., Marian, Romeo M., Luong, Lee H. S., 2013. Modeling and Optimization of Part Type Selection and Loading Problem in Flexible Manufacturing System Using Real Coded Genetic Algorithm., *International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronic and Communication Engineering* Vol:7, No:4.