PENYELESAIAN *MULTIPLE TRAVELLING SALESPERSON PROBLEM* (M-TSP) DENGAN ALGORITMA GENETIKA : STUDI KASUS PENDISTRIBUSIAN AIR MINERAL

Renzy Nuritha Sari[1], Wayan Firdaus Mahmudy[2]
Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya, Malang 65145, Indonesia
email: renzynuritha8@gmail.com[1], wayanfm@ub.ac.id[2]

ABSTRAK

Air mineral merupakan kebutuhan pokok yang berfungsi sebagai alat pelarut zat-zat nutrisi dan juga sebagai pembawa oksigen keseluruh tubuh manusia. Oleh karena itu muncul penjualan berbagai macam air mineral instan dalam berbagai kemasan dan merek. Kemasan yang tersedia saat ini ada berbagai variasi, yaitu dalam gelas, botol, dan galon.. Banyaknya tuntutan kepada manusia untuk bekerja menjadikan manusia saat ini lebih suka dengan sesuatu yang instan, salah satunya air mineral. Mereka cukup memesan lewat SMS (*Short Message Service*) dalam beberapa menit pun air mineral sudah akan diantar oleh agen kepada pelanggan. Pada skripsi ini sales yang terlibat lebih dari satu sales sehingga permasalahan disebut sebagai *Multiple Travelling Salesperson Problem* (M-TSP). Metode yang digunakan yaitu algorima genetika. Pada proses algoritma genetika ini menggunakan representasi permutasi dengan panjang kromosom sesuai dengan banyaknya pesanan pelanggan, yang setiap angka pada gennya merepresentasikan nomor pelanggan, metode crossover yaitu *one-cut point*, metode mutasi dengan *exchange mutation* dan diseleksi dengan *roulette wheel*. Dari hasil pengujian yang dilakukan diperoleh parameter optimal yaitu ukuran populasi sebesar 100 individu dengan rata-rata fitness sebesar 0.770, 80 generasi dengan rata-rata fitness sebesar 0.772 dan kombinasi cr = 0.9 dan mr 0.1 dengan rata-rata fitness sebesar 0.773. Hasil akhir berupa kombinasi urutan pelanggan yang harus didatangi oleh masing-masing sales beserta dengan total jarak yang paling minimum.

Kata Kunci : air mineral, algoritma genetika, *crossover*, mutasi, *multiple travelling salesperson problem* (M-TSP), *popSize*, seleksi.

ABSTRACT

Mineral water is the important needed that has fungtion not only as a tool of nutritional subtance solvent and also as bringing oxygen throughout of the body. Because of that there are several sell of instant varietis of mineral water in packagings and brands. Many packing varietis in the glass, bottles, and gallons. Many people have responsibility for working, so that they want to find something that really instant,one of them is mineral water. They simply order via SMS (Short Message Service) within a few minutes the mineral water will be delivered by the agent to the customer. In this thesis the sales involved more than one sales, so the problem are called Multiple Travelling Salesperson Problem (M-TSP). The method used is genetic algorithm. On this process of genetic algorithm is used the permutation represented with a length of chromosome based on many of costumer order, genes represented each digit of the number of order, methods of crossover with one-cut and mutation methods with exchange mutation and selection methods with roulette wheel. As the results, the test performed obtained optimal parameters is the measure population of 100 individuals with an average fitness of 0.770, 80 generations with the average fitness of 0.772 and combinations cr = 0.9 and 0.1 with the average fitness of 0.773. The final result is a combination number of consumer will must arrive to sales with total minimum distance.

***Key word** : mineral water, genetic algorithm, crossover, mutation, multiple travelling salesperson problem* (M-TSP), *popSize, selection.*

Sari, RN & Mahmudy, WF 2015, 'Penyelesaian multiple travelling salesperson problem (M-TSP) dengan algoritma genetika : studi kasus pendistribusian air mineral', *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya,* vol. 5, no. 14.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air mineral merupakan kebutuhan pokok bagi manusia. Semua orang membutuhkan air untuk melanjutkan hidupnya. Fungsi air dalam tubuh yaitu pembawa zat-zat nutrisi seperti karbohidrat, vitamin dan mineral serta juga berfungsi sebagai pembawa oksigen (O_2) ke dalam sel-sel tubuh [IRA-07]. Pemesanan air mineral saat ini telah marak seiring dengan perkembangan teknologi adanya antar jemput air mineral yang telah banyak dilakukan khususnya didaerah Malang melalui *Short Message Service* (SMS) dan sosial media.

Pada pembelian barang saat ini, jarak penyedia barang dengan pembeli tidaklah menjadi masalah. Pembeli cukup memesan dengan mengirim-kan SMS atau melalui media sosial kepada penjual, kemudian penjuallah yang akan mengirimkan barang tersebut kepada pembeli. Namun masalah yang muncul adalah pembeli memiliki alamat yang berbeda-beda dan memiliki jarak yang tidak dekat. Lalu bagaimana penjual dapat mengirimkan barang yang telah dipesan oleh semua pembeli dengan menempuh jarak terpendek, sedangkan jumlah pembeli bisa jadi lebih dari 20 dalam 1 kali keberangkatan. Masalah inilah yang sering disebut dengan *Travelling Salesperson Problem* (TSP). Di-karenakan agen air mineral tersebut memiliki 3 pegawai (*sales*) untuk mengantarkan air mineral ke semua pelanggan, lebih spesifiknya kasus ini disebut dengan *Multiple Travelling Salesperson Problem* (M-TSP).

Metode yang digunakan untuk meng-implementasikan aplikasi M-TSP sangat banyak, salah satunya adalah algoritma genetika. Algoritma genetika dapat menjadi solusi masalah optimasi yang model matematikanya kompleks atau bahkan sulit dibangun [MAH – 14]. Alamat-alamat yang akan dituju oleh *sales* air mineral ini merupakan masalah yang kompleks karena alamat yang dituju setiap hari akan berbeda. Oleh karena itu masalah ini dapat diselesaikan dengan menggunakan metode algoritma genetika dalam pengimplementasiannya. Algoritma genetika tidak selalu menghasilkan solusi yang optimum namun biasanya dapat diteruma dan mendekati solusi optimum. Persoalan M-TSP memiliki kesamaan dengan TSP namun pada M-TSP *sales* yang terlibat lebih dari 1 orang.

Penggunaan algoritma genetika untuk penyelesaian distribusi telah dibahas pada penelitian sebelumnya. Misalkan Suproyogi dan Mahmudy (2014) yang menuliskan tentang optimasi *Travelling Salesperson Problem with Time Window* (TSPTW). Penelitian yang sejenis dilakukan juga oleh Nisaa (2013) pada obyek yang berbeda, yaitu permasalahan distribusi angkutan umum di kota Malang. Perbedaan dengan penelitian M-TSP ini adalah pada kasus M-TSP tidak memperhatikan waktu ketersediaan pelanggan untuk menerima produk yang disalurkan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana mengimplementasikan algoritma genetika untuk optimasi rute terpendek pendistribusian air mineral?
2. Bagaimanan menentukan representasi kromosom yang paling efisien untuk optimasi rute terpendek pendistribusian air mineral?
3. Bagaimana penentuan parameter algoritma genetika untuk optimasi rute terpendek pendistribusian air mineral agar diperoleh solusi maksimum?
4. Bagaimana penentuan pengukuran kualitas solusi yang diperoleh oleh algoritma genetika?

1.3 Batasan Masalah

1. Faktor utama yang dipertimbangkan dalam penelitian ini adalah jarak terpendek untuk mendistribusikan air mineral ke pelanggan.
2. Kendaraan diasumsikan dalam kondisi baik tidak mengalami bocor, dan keadaan jalan diasumsikan lancar tidak macet.
3. Objek yang digunakan dalam penelitian adalah kendaraan roda 3 (Viar) yang diasumsikan mampu membawa 10 ± 4 air mineral dalam sekali perjalanan.
4. Data jarak antar pelanggan didapatkan dari prediksi (*dummy*) dengan perkiraan dan tidak menggunakan data yang sebenarnya.
5. Tempat keberangkatan masing-masing *sales* dimulai dari dan berakhir di agen air mineral.

6. Masing-masing pelanggan diasumsikan memesan satu pesanan sehingga tidak terjadi dua kali pengiriman pada alamat yang sama.

1.4 Tujuan

1. Membuat sistem rekomendasi pengaturan rute bagi pendistribusi air mineral dengan memperhatikan jumlah pesanan dan jarak yang ditempuh menggunakan algoritma genetika.
2. Menentukan representasi kromosom yang paling efisien untuk optimasi rute terpendek pendistribusian air mineral.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Mineral

Air mineral merupakan salah satu kebutuhan primer bagi makhluk hidup khususnya manusia. Air mineral selain berfungsi sebagai penghilang haus dan proses metabolisme dalam tubuh, selain itu juga berperan sebagai pelembab jaringan-jaringan tubuh seperti mata, mulut dan hidung serta pelumas dalam cairan sendi tubuh [IRA - 07]. Pada era teknologi saat ini, air mineral didapat langsung dari alam tanpa dimasak dahulu namun di lakukan proses sterilisasi dan langsung dimasukkan kedalam kemasan untuk dijual dan dikonsumsi langsung oleh konsumen. Kemasan yang tersedia pun bermacam-macam ada yang berupa gelas, botol, dan galon.

Perkembangan kebutuhan manusia manuntut manusia untuk bekerja lebih keras. Sehingga menjadikan manusia semakin sibuk dengan pekerjaan mereka. Bahkan sering kali untuk memenuhi kebutuhan primer khususnya kebutuhan pangan, mereka sering menggunakan bahan makanan yang instan. Tidak hanya makanan, mereka juga memilih air mineral yang instan. Maka tidaklah heran jika distribusi air mineral saat ini banyak dilakukan oleh agen air mineral ke pelanggan-pelanggan. Sehingga diperlukan teknik yang dapat membantu agen untuk menyalurkan air mineral tersebut untuk menentukan rute jarak terpendek. Perkembangan teknologi telah menciptakan kemudahan bagi manusia.

2.2 Optimasi

Optimasi adalah suatu pendekatan normatif untuk mengidentifikasikan penyelesaian terbaik dalam pengambilan keputusan dari suatu permasalahan [WIT-12]. Teknik optimasi ini diharapkan dapat menemukan titik minimum atau titik maksimum yang dicari sesuai dengan kebutuhan *user*. Sehingga pada hasil akhir akan dicapai keuntungan yang maksimum. Untuk mendapatkan keuntungan yang maksimum, diperlukan suatu teknik untuk mengolah data masukan sehingga diperoleh data keluaran berupa *fitness*, dimana *fitness* inilah yang akan dijadikan pedoman untuk mencari solusi yang maksimum. Dari data masukan bisa jadi data diolah untuk mendapatkan *fitness* yang maksimum dan bisa juga diolah untuk mendapatkan *fitness* yang minimum.

Mencari titik minimum pada optimasi biasanya sering terjadi pada masalah *Travelling Salesperson Problem* (TSP). Optimasi didalam *Travelling Salesperson Problem* berarti usaha untuk memperoleh hasil yang optimal pada pencarian rute terpendek dengan jarak yang singkat sebagai tujuan dari optimasinya [SUP - 2014]. Semakin minimum jarak yang ditempuh, maka semakin maksimum keuntungan yang diperoleh. Sebaliknya jika jarak yang ditempuh semakin maksimum, maka semakin minimum keuntungan yang dicapai. Akan tetapi kurang etis jika nilai *cost* minimum yang terpilih, sehingga untuk menanggulangi agar yang tepilih adalah *fitness* maksimum dari *cost* minimum digunakan Persamaan 2.1.

$$fitness = \frac{1}{c}\ atau\ \frac{10}{c}\ atau\ \frac{100}{c}\ , dst \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 1$$

$$\frac{1}{c}\ , digunakan\ jika\ c\ bernilai\ desimal$$

$$\frac{10}{c}\ , digunakan\ jika\ c\ bernilai\ satuan$$

$$\frac{100}{c}\ , digunakan\ jika\ c\ \ bernilai\ puluhan$$

Sedangkan untuk mencari titik maksimum sering digunakan pada kasus untuk mencari laba terbesar yang akan diperoleh oleh sebuah produksi perusahaan dengan mempertimbangkan beberapa faktor sebagai parameternya. Parameter yang sering digunakan sebagai alat ukurnya yaitu berupa mesin produksi, bahan baku, dan tenaga kerja untuk memproduksi produk tersebut. Semakin minimum *cost* yang dikeluarkan, maka semakin maksimum hasil yang diperoleh. Sebaliknya jika *cost* yang dikeluarkan semakin maksimum, maka semakin

minimum hasil solusi yang dicapai. Sehingga tujuan dari optimasi adalah untuk meminimumkan usaha yang diperlukan atau biaya operasional dan memaksimumkan hasil yang diinginkan.

2.3 Algoritma Genetika

Algoritma genetika adalah algoritma yang memanfaatkan proses seleksi secara alamiah yang kenal dengan proses evolusi yang dikemukakan oleh Charles Darwin [SUP - 2014]. Proses evolusi adalah suatu proses perubahan yang mengarah ke arah yang lebih baik. Dalam proses evolusi individu terus mengalami perubahan gen untuk menyesuaikan dengan lingkungan disekitanya. Sehingga pada akhirnya hanya individu-individu yang mampu bertahan dalam lingkungan tersebutlah yang menjadi generasi berikutnya. Pada penerapan algoritma genetika, hasil solusi yang diperoleh tidak selalu yang terbaik, akan tetapi hasil yang diperoleh selalu dapat diterima dan cukup baik atau biasanya mendekati maksimum.

Algoritma genetika (*Genetic Algorithms*, GAs) merupakan tipe *Evolution Algorithm* (EA) yang paling popular. Algoritma genetika berkembang seiring dengan perkembangan teknologi informasi yang sangat pesat. Karena kemampuannya untuk menyelesaikan berbagai masalah kompleks, algoritma ini banyak digunakan dalam bidang fisika, biologi, ekonomi, sosiologi dan lain-lain yang sering menghadapi masalah optimasi yang model matematikanya kompleks atau bahkan sulit dibangun [MAH - 13]. Salah satu contoh dari penerapan algoritma genetika ini adalah pencarian rute terpendek dari satu tempat asal ke beberapa tempat tujuan, dimana semua tujuan harus dikunjungi atau sering disebut dengan *traveling sales problem*. Pada kasus *real* sering ditemui bahwa untuk menuju ke tempat tujuan tersebut dibagi kepada banyak orang. Tujuan dari pembagian tersebut adalah agar dapat mencapai semua tempat tujuan tersebut lebih cepat. Pada kasus tersebut karena oang yang melakukan kunjungan lebih dari satu orang, maka kasus tersebut disebut dengan *Multiple Traveling Salesperson Problem (*M-TSP*).*

Algoritma genetika merupakan pendekatan dari penggabungan secara acak dari berbagai macam solusi terbaik didalam suatu populasi dan dipilih sebanyak n individu yang terbaik untuk mencapai tujuan tertentu. Individu yang terpilih adalah individu yang memiliki n *fitness* terbaik. Misalkan saja dalam penentuan anggota tim sepak bola memerlukan sebelas orang, maka algoritma genetika akan menunjuk sebelas orang dengan sebelas nilai *fitness* terbaik. Metode seleksi yang digunakan bermacam-macam. Pada kasus diatas metode seleksi yang digunakan adalah *elitism*. Dengan metode *elitism* tentu hasil yang terpilih adalah individu-indidu yang lebih baik. Jika dilakukan iterasi, maka individu yang terpilih akan lebih baik dari individu-individu awal.

Secara umum langkah-langkah untuk menyelesaikan masalah dengan menggunakan algoritma genetika yaitu [MAH - 2013]:

2.3.1. Inisialisasi

Inisialisasi adalah proses membangkitkan himpunan solusi yang mungkin secara acak/*random* yang terdiri dari beberapa *string* kromosom dengan panjang (*stringLen*) tertentu. Panjang setiap *string* kromosom (*stringLen*) dihitung berdasarkan presisi variabel solusi yang dicari. Himpunan solusi tersebut dijadikan satu dan ditempatkan pada penampungan yang disebut populasi. Pada tahap ini ditetapkan ukuran populasi (*popSize*) yang menyatakan jumlah dari individu atau kromosom yang ditampung dalam satu populasi.

Pada suatu populasi misalkan saja ditentukan *popSize* dari sebuah populasi adalah 10 dan digunakan representasi kromosom bilangan basis 2 (biner). Nilai x ditentukan antara 0 sampai 31. Maka cara representasi kromosomnya yaitu dengan panjang 5 bit sudah dapat menjangkau nilai x (11111_2 = 31). Jadi *stringLen* pada populasi tersebut adalah 5.

Misalkan didapatkan 10 populasi inisial secara acak dan konversi kromosomnya menjadi x. Untuk lebih jelasnya akan dielaskan pada Tabel 1.

Diketahui fungsi max $y = x^2 + \text{x} + 2$, dan fungsi $fitness = f(x)$

Tabel Error! No text of specified style in document.**1** Perhitungan *fitness*

Individu	**Kromosom**	**x**	**C (f(x))**	***Fitness***
P1	[11001]	25	652	652

P2	[11100]	28	814	814
P3	[01010]	10	112	112
P4	[10101]	21	464	464
P5	[10011]	19	382	382
P6	[00110]	6	44	44
P7	[00100]	4	22	22
P8	[11101]	29	872	872
P9	[01110]	22	508	508
P10	[00111]	7	58	58

2.3.2. Reproduksi

Setelah diketahui individu yang terdapat pada populasi, maka individu-individu tersebut akan melakukan reproduksi. Reproduksi pada algoritma genetika terdapat dua cara, yaitu pindah silang (*crossover*) dan mutasi (*mutation*).

2.3.2.1. *Crossover*

Crossover adalah suatu metode reproduksi pada algoritma genetika dengan cara memotong kromosom *parent* 1 (P_1) pada *cut point* tertentu kemudian menggabungkannya dengan potongan kromosom *parent* 2 (P_2) sehingga didapatkan *child* (C_1). Dan sebaliknya memotong kromosom P_2 pada *cut point* tertentu kemudian menggabungkannya dengan potongan kromosom P_1 sehingga didapatkan *child* (C_2). Sehingga sifat keturunan (*child*) tidak akan jauh berbeda dengan dua induknya karena kromosom anak merupakan kombinasi dari kromosom induknya. Secara umum proses *crossover* jika diketahui *cut point* terjadi pada titik ke tiga adalah sebagai berikut:

- menentukan dua induk secara *random*
  P_1 [11001]
  P_9 [01110]
- menentuka *cut point* (misalkan pada titik ke tiga)
  P_1 [110 01]
  P_9 [011 10]
- melakukan pindah silang atau *crossover*
  C_1 [110 10]
  C_2 [011 01]

Sehingga *child* yang terbentuk adalah C_1 [11010] dan C_2 [01101]. Selain metode one *cut point*, metode lain untuk melakukan proses *crossover* adalah *single-point crossover*, *multi-point crossover*, *uniform crossover*, dan *permutation crossover* [NIS - 13].

2.3.2.2. *Mutation*

Mutation (mutasi) adalah suatu proses untuk mengubah secara acak salah satu dari bit kromosom. Proses mutasi berfungsi untuk menjadikan individu-individu dalam populasi semakin bervariasi. Karena perubahan yang terjadi adalah perubahan salah satu bit kromosom secara acak, maka individu yang terbentuk kemungkinannya akan memiliki perbedaan yang signifikan dengan sifat induknya. Langkah-langkah proses *mutation* jika diketahui gen yang terpilih adalah titik ke tiga adalah sebagai berikut:

- menentukan sebuah induk secara *random*
  P_1 [11001]
- menentukan titik gen yang akan dimutasi
  P_1 [11001]
- mengganti titik gen dengan nilai yang berbeda dengan awalnya
  C_1 [11011]

Sehingga *child* yang terbentuk adalah [11011]. Metode lain yang digunakan untuk proses mutasi adalah *insertion point*. Metode ini bekerja dengan memilih satu posisi (*selected point* / SP) secara *random* kemudian mengambil dan menyisipkan nilainya pada posisi lain (*insertion point* / IP) secara *random* [MAH - 13].

2.3.3. Evaluasi

Evaluasi merupakan proses pengumpulan semua individu dalam populasi beserta dengan *child*-nya kemudian dihitung *cost* dan *fitness* dari masing-masing kromosom. Semakin besar *fitness* yang dihasilkan, maka semakin baik kromosom tersebut unuk dijadikan calon solusi [MAH - 13]. *Fitness* adalah suatu nilai yang dihitung dengan rumusan tertentu untuk mengetahui seberapa besar kesesuaian solusi yang ditawarkan. Langkah-langkah proses evaluasi jika diketahui *popSize*=10 yang dan setelah proses reproduksi menghasilkan tiga *child* serta dikeahui fungsi seperti pada Persamaan 2 akan dijelaskan pada Tabel 2.

$$\max y = x^2 + x + 2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2$$

Tabel 2 Proses Evaluasi

Individu	Kromosom	x	C (f(x))	*Fitness*
P1	[11001]	25	652	652
P2	[11100]	28	814	814
P3	[01010]	10	112	112

P4	[10101]	21	464	464
P5	[10011]	19	382	382
P6	[00110]	6	44	44
P7	[00100]	4	22	22
P8	[11101]	29	872	872
P9	[01110]	22	508	508
P10	[00111]	7	58	58
C1	[11010]	26	704	704
C2	[01101]	13	184	184
C3	[11011]	27	758	758

2.3.4. Seleksi

Seleksi adalah proses pemilihan dari semua alternatif solusi untuk diambil beberapa individu yang memiliki nilai *fitness* yang diharapkan. Tujuan dari proses seleksi adalah untuk memperoleh induk yang terbaik didalam populasi tersebut. Karena jika induk memliki kromosom yang baik, maka kemungkinan anak yang dihasilkan juga akan memiliki kromosom yang baik pula. Langkah-langkah proses seleksi jika diketahui *popSize*=10 dengan menggunakan metode *elitism* dan setelah proses reproduksi menghasilkan tiga *child* adalah sebagai berikut:

- mengumpulkan semua individu seperti pada Tabel 2.
- mengurutkan *fitness* seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Pengurutan *Fitness*

Individu	Kromosom	X	C (f(x))	*Fitness*
P8	[11101]	29	872	872
P2	[11100]	28	814	814
C3	[11011]	27	758	758
C1	[11010]	26	704	704
P1	[11001]	25	652	652
P9	[01110]	22	508	508
P4	[10101]	21	464	464
P5	[10011]	19	382	382
C2	[01101]	13	184	184
P3	[01010]	10	112	112
P10	[00111]	7	58	58
P6	[00110]	6	44	44
P7	[00100]	4	22	22

- memilih 10 individu terbaik seperti pada Tabel 4

Tabel 4 Individu Terpilih

P (t)	P (t+1)	Kromosom	X	C (f(x))	*Fitness*
P8	P1	[11101]	29	872	872
P2	P2	[11100]	28	814	814
C3	P3	[11011]	27	758	758
C1	P4	[11010]	26	704	704
P1	P5	[11001]	25	652	652
P9	P6	[01110]	22	508	508
P4	P7	[10101]	21	464	464
P5	P8	[10011]	19	382	382
C2	P9	[01101]	13	184	184
P3	P10	[01010]	10	112	112

Metode lain yang digunakan untuk proses seleksi adalah *roulettete wheel*, *binary tournament*, dan *replacement*.

2.4. M-TSP

Travelling Salesperson Problem (TSP) adalah permasalahan perjalanan seorang *sales* yang harus mengunjungi n buah kota tepat satu kali dan pada akhirnya harus kembali ke kota awal dengan mempertimbangkan biaya perjalanan [SAR - 12]. Pada saat ini banyak perusahaan berskala besar maupun yang masih dalam tahap berkembang memiliki lebih dari satu orang *sales* yang siap mendistribusikan barang perusahaan ke konsumen, dimana jumlah kota yang harus dilalui sangat banyak. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan penyelesaian untuk permasalahan yang kompleks tersebut agar TSP dapat diselesaikan secara efisien. Salah satu pendekatan untuk menyelesaikan persoalan tersebut dengan menggunakan *Multiple Travelling Sales-person Problem* (M-TSP).

Multiple Travelling Salesperson Problem (M-TSP) adalah suatu metode yang digunakan untuk mencari rute jarak terpendek yang harus dilewati oleh beberapa orang *sales* dalam mengunjungi beberapa tempat tujuan dari suatu tempat asal. Sehingga M-TSP hampir sama konsep dan tujuannya dengan TSP. Akan tetapi bedanya adalah terletak pada M-TSP *sales* yang melakukan kunjungan lebih dari satu orang. Sehingga diperlukan konsep yang lebih dalam lagi untuk dapat menyelesaikan permasalahan M-TSP. Kemungkinan alternatif solusi yang terbentuk pada permasalahan M-TSP akan semakin banyak. Jika jumlah sales dan tempat kunjungan semakin

banyak, maka alternatif solusi yang terbentuk semakin banyak pula.

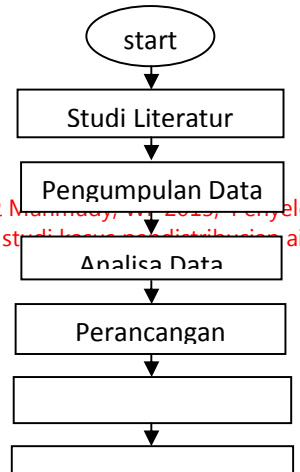
M-TSP dapat diselesaikan dengan metode heuristik salah satunya yaitu algoritma genetika. Kebanyakan metode heuristik yang digunakan yaitu menerima solusi baru yang lebih baik, namun pada metode algoritma genetika solusi baru yang lebih buruk kadang-kadang dapat diterima, sehingga solusi dapat terhindar dari nilai maksimum lokal. Tujuan yang ingin dicapai adalah mendapatkan rute dengan jarak terpendek dari perjalanan para *sales*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif penyelesaian M-TSP sehingga dapat dijadikan pertimbangan untuk bidang usaha yang menerapkan M-TSP dalam aktivitas kerjanya. Data yang digunakan adalah data perkiraan jarak antar tempat-tempat tujuan *sales* mengirimkan air mineral dan jumlah *sales*. M-TSP juga dapat diselesaikan dengan metode heuristik lainnya salah satunya adalah *Simulated Annealing* [MAY - 12]. Selain itu metode lainnya yaitu algoritma koloni semut, hill climbing dan tabu search [MAH – 13] dalam cuplikan [Mahmudy & Rahman 2011].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas pokok-pokok yang akan dibahas pada bab ini yaitu tahapan penelitian, kebutuhan sistem, formulasi permasalahan, dan siklus penyelesaian masalah menggunakan algoritma genetika.

3.1 Tahapan Penelitian

Pada tahapan penelitian akan dibahas secara detail tentang tahapan penelitian yang dilakukan untuk membuat perangkat lunak optimasi pendistrisibusian air mineral dengan menggunakan algoritma genetika. Metode penelitian yang digunakan yaitu *waterfall*. Metode ini harus dilakukan secara bertahap jika tahap sebelumnya belum selesai, maka tidak dapat mengerjakan tahap selanjutnya. Tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian dengan metode *waterfall* digambarkan pada **Gambar 1.**



Gambar 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

3.1.1 Studi Literatur

Tahap awal dalam penelitian ini adalah memepelajari metode yang digunakan. Metode yang digunakan yaitu algoritma genetika. Literatur yang digunakan mengacu pada sumber dari beberapa buku dan jurnal-jurnal penelitian sebelumnya yang memiliki relevansi dengan penelitian ini. Pustaka yang terkait dengan penelitian ini antara lain:

- Pendistribusian
- Pendistribuasian Air Mineral
- Pencarian Rute Jarak Terpendek
- *Multiple Travelling Salesperson Problem* (M-TSP)
- Algoritma Genetika

3.1.2 Pengumpulan data

Pada tahap ini digunakan untuk mendapatkan data sampel sebagai acuan untuk pengembangan sistem. Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan data perkiraan jarak antar pelanggan air mineral. Data yang diperoleh berupa nama pelanggan dan alamat pelanggan. Karena parameter yang dibutuhkan pada penelitian algoritma genetika ini adalah jarak, maka digunakan *googlemap*. *Googlemap* adalah sebuah peta yang diambil dari google yang menggambarkan denah suatu daerah tertentu sesuai dengan yang diinginkan oleh user dengan skala peta tertentu. Pada penelitian ini karena lokasi dari agen air mineral didaerah Malang, maka peta yang digunakan yaitu peta daerah yang Ketawanggede, Sumbersari, Dinoyo, dan daerah sekitarnya.

Sari, RN & Mahmudy, WF 2015, 'Penyelesaian multiple travelling salesperson problem (M-TSP) dengan algoritma genetika : studi kasus pendistribusian air mineral', *DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*, vol. 5, no. 14.

3.1.3 Pengolahan dan Analisa data

Pada tahap ini akan dibuat analisa terhadap data studi kasus yang akan dioptimasi dengan metode algoritma genetika sehingga menemukan hasil akhir yang mendekati optimum. Dalam pengolahan data dilakukan beberapa tahap untuk mendapatkan hasil yang lebih optimum, tahapan yang dilakukan yaitu :

1. Membuat populasi awal secara *random* lalu melakukan reproduksi dengan *crossover* dan mutasi pada populasi tersebut.
2. Seleksi dengan menggunakan metode *roulette wheel*.
3. Rumus *fitness* pada penelitian ini adalah $\frac{100}{c}$
4. Iterasi dilakukan untuk memperoleh generasi berikutnya

3.1.4 Perancangan Metode

Perancangan metode adalah tahap dimana penulis mulai merancang implementasi metode yang digunakan untuk aplikasi distribusi air mineral. Perancangan implementasi algoritma genetika yang akan digunakan untuk pendistribusian air mineral yaitu: pengkodean kromosom, pembuatan populasi awal, proses reproduksi (mutasi dan *crossover*), proses evaluasi, proses seleksi, serta pengulangan proses reproduksi dan seleksi. Teori-teori dari pustaka dan data dari sample digabungkan dengan ilmu yang didapat diimplementasikan untuk merancang serta mengembangkan sistem ini.

3.1.5 Implementasi sistem

Tahap ini mengimplementasikan hasil perancangan metode yang akan digunakan serta sistem pendistribusian yang telah dibuat kedalam komputer dengan menggunakan bahasa pemrograman dengan hasil akhir yang berupa program aplikasi. Bahasa yang digunakan untuk implementasinya adalah php. *Compiler* yang digunakan adalah mozilla firefox dengan memanfaat *line editor* berupa notepad++, dan penghubung atau pembangun website pada localhost menggunakan xampp.

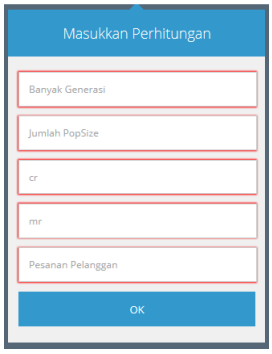
3.1.6 Analisa dan Pengujian Sistem

Pada tahap ini dilakukan pengujian berdasarkan implementasi yang telah dibuat melalui perhitungan *fitness* dari alternatif solusi aplikasi pendistribusian air mineral bila dibandingkan dengan sistem manual. Pada tahap ini dilakukan analisa dan uji coba dengan data-data jarak antar pelanggan yang telah didapat, serta menguji apakah metode yang digunakan telah memberikan hasil yang optimum. Hasil *fitness* dari uji coba metode algoritma genetika akan dilakukan evaluasi, untuk mendapatkan pendistribusian yang optimal.

4. IMPLEMENTASI

4.1. Halaman Input Data

Pada halaman input data, user akan ditampilkan data jarak antar pelanggan dan juga *user* diminta untuk input data yang terdiri dari jumlah iterasi, jumlah individu dalam populasi (*popSize*), *mutation rate* (mr), *crossover rate* (cr), jumlah pesanan *sales* 1, jumlah pesanan *sales* 2, dan jumlah pesanan *sales* 3. Untuk lebih jelasnya tentang halaman input user akan dijelaskan pada Gambar 2.



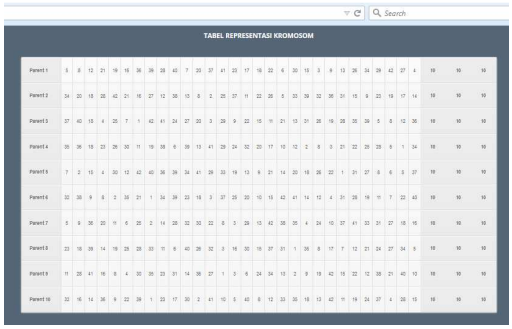
Gambar 2 Halaman *Input User*

4.2. Halaman Output

Pada halaman output terdapat beberapa tampilan seperti representasi kromosom, perhitungan jarak dan total jarak, hasil crossover, hasil mutasi, proses penggabungan, dan proses seleksi dengan menggunakan metode *roulette wheel*.

4.2.1. Tampilan Representasi Kromosom

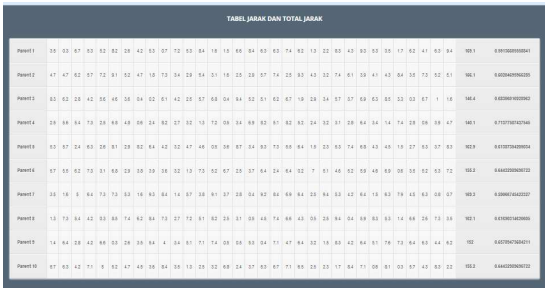
Tabel representasi kromosom adalah contoh dari representasi kromosom yang digunakan dalam implementasi aplikasi dengan menggunakan representasi kromosom permutasi. Panjang kromosom sesuai dengan jumlah pesanan semua sales. Untuk lebih memahami tentang representasi kromosom permutasi pada aplikasi akan dijelaskan pada Gambar 3. Misalkan diketahui pesanan masing-masing sales 10, maka stringLen 30 dan popSize 10.



Gambar 3 Tabel Representasi Kromosom

4.2.2. Tampilan Jarak dan Total Jarak

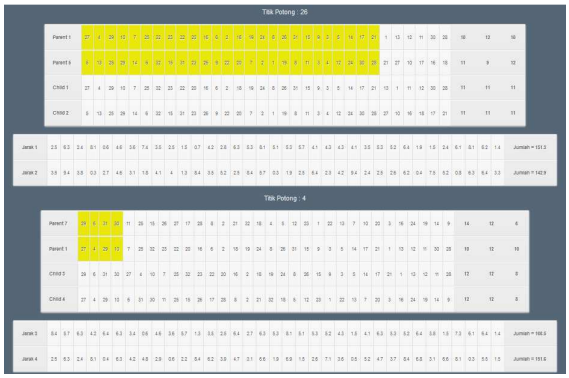
`Tabel jarak dan total jarak merupakan jarak dan total jarak yang ditempuh oleh semua sales dari pertama berangkat dari agen menuju pelanggan pertama hingga pelanggan terakhir dan kembali lagi ke agen sehingga tabel jarak lebih panjang jika dibandingkan dengan panjang representasi kromosom. Untuk lebih jelasnya tentang jarak dan total jarak akan dijelaskan pada Gambar 4. Pada tabel jarak dan total jarak juga dihitung nilai *fitness*. Misalkan diketahui pesanan masing-masing *sales* 10, maka stringLen 30 dan popSize 10.



Gambar 4 Tabel Jarak dan Total Jarak

4.2.3. Tampilan Hasil Crossover

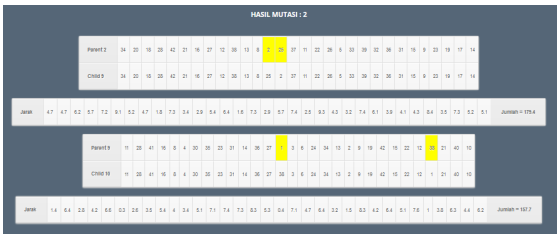
Tabel hasil *crossover* berisi 2 buah kromosom sebagai *parent* dan 1 kromosom sebagai *child*. Para tabel hasil *crossover* juga disertakan jarak dan total jarak dari *child* yang dihasilkan. Banyaknya proses *crossover* tergantung pada nilai *crossover rate* dan *popSize*. Untuk lebih memahamahi tentang proses *crossover* akan dijelaskan pada Gambar 5. Misalkan diketahui pesanan masing-masing *sales* 10, maka stringLen 30, nilai cr 0.8 dan popSize 10. Maka akan terdapat 8 proses *crossover*.



Gambar 5 Tabel Hasil *Crossover*

4.2.4. Tampilan Hasil Mutasi

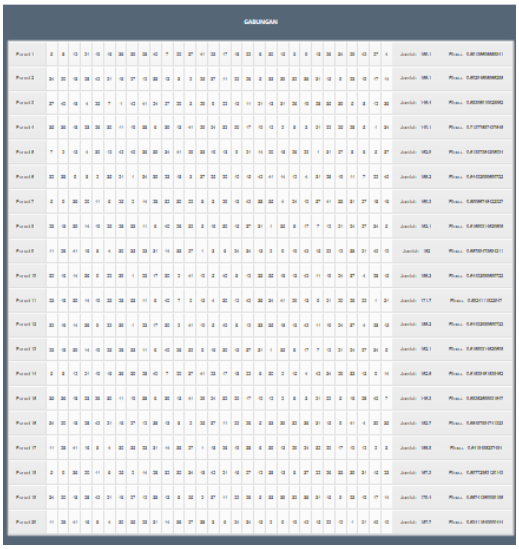
Tabel hasil mutasi berisi 1 buah kromosom sebagai *parent* dan 1 kromosom sebagai *child*. Para tabel hasil mutasi juga disertakan jarak dan total jarak dari *child* yang dihasilkan. Banyaknya proses mutasi tergantung pada nilai *mutation rate* dan *popSize*. Untuk lebih memahamahi tentang proses mutasi akan dijelaskan pada Gambar 6. Misalkan diketahui pesanan masing-masing *sales* 10, maka stringLen 30, nilai mr 0.2 dan popSize 10. Maka akan terdapat 2 proses mutasi.



Gambar 6 Tabel Hasil Mutasi

4.2.5. Tampilan Gabungan

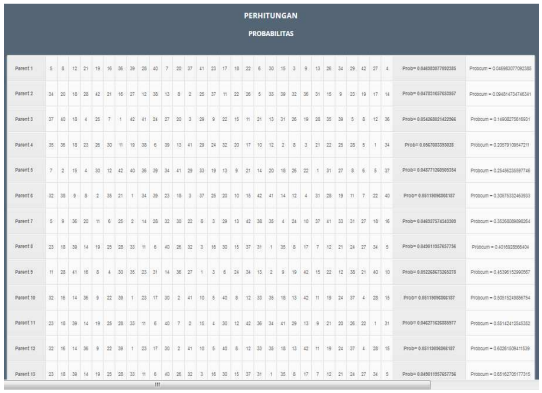
Tabel gabungan merupakan penggabungan semua individu yang telah terbentuk yaitu termasuk individu awal yang telah diinisialisasikan dan *child* yang dihasilkan pada saat proses *crossover* dan mutasi. Untuk lebih memahamahi tentang proses gabungan akan dijelaskan pada Gambar 7. Misalkan diketahui pesanan masing-masing *sales* 10, maka stringLen 30, nilai cr 0.8, nilai mr 0.2 dan popSize 10. Maka akan terdapat 20 individu yang akan digabungkan. Pada tabel ini juga akan dihitung nilai *fitness*.



Gambar 7 Tabel Gabungan

4.2.6. Tampilan Perhitungan Probabalitas dan *ProbCum*

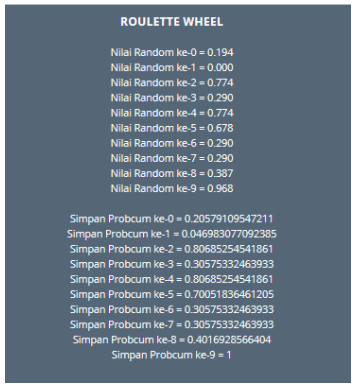
Tabel perhitungan *probabilitas* dan *probCum* merupakan perhitungan dari nilai *probabilitas* masing-masing individu yang terletak pada tabel gabungan. Kebudian dari nilai *probabilitas* tersebut dihitung nilai *probCum* yang berfungsi saat proses seleksi. Untuk lebih memahami tentang perhitungan nilai *probabilitas* dan *probCum* akan dijelaskan pada Gambar 8. Misalkan diketahui pesanan masing-masing *sales* 10, maka stringLen 30, nilai cr 0.8, nilai mr 0.2 dan popSize 10. Maka akan terdapat 20 individu yang akan digabungkan. Pada tabel ini juga akan dihitung nilai *probabilitas* dan *probCum* masing-masing individu.



Gambar 8 Tabel Perhitungan *Probabilitas* dan *ProbCum*

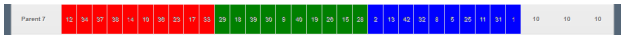
4.2.7. Tampilan Proses Seleksi

Tabel seleksi berisi individu baru yang menjadi individu pada generasi berikutnya. Sebelum memilih individu baru, pada proses seleksi dengan metode *roulette wheel* ditentukan nilai random untuk dapat memilih individu yang akan lolos ke generasi berikutnya dengan memperhatikan nilai *probCum*. Untuk lebih jelasnya tentang proses seleksi akan dijelaskan pada Gambar 9. Misalkan diketahui pesanan masing-masing *sales* 10, maka stringLen 30, nilai cr 0.8, nilai mr 0.2 dan popSize 10. Sehingga dibangkitkan nilai random sebanyak 10. Maka akan terdapat 10 individu yang akan terpilih. Pada tabel ini juga akan dihitung nilai *fitness*, *probabilitas*, dan *probCum*.



Gambar 9 Proses Seleksi dengan *Roulette Wheel*

Pada hasil akhir yang diperoleh, solusi yang paling maksimum terletak pada parent 2 yaitu dengan urutan pelanggan sebagai berikut:



Gambar 10 Solusi Optimum

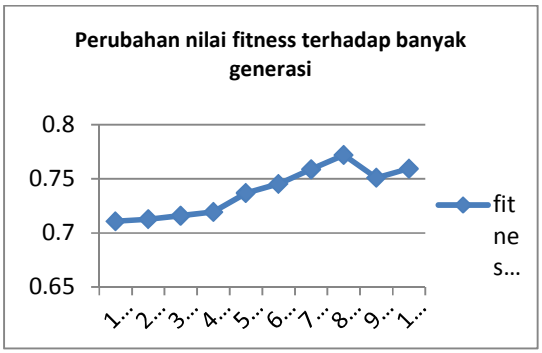
Pada hasil akhir yang didapat, sales 1 harus mengirimkan air mineral kepada 10 pelanggan yang diblok warna merah, yaitu pelanggan 12, 34, 37, 38, 14, 10, 36, 23, 17 dan 33. Sedangkan sales 2 harus mengirimkan air mineral kepada 10 pelanggan yang diblok warna hijau, yaitu pelanggan 29, 18, 39, 30, 9, 40, 19, 26, 15, dan 28. dan sales 3 harus mengirimkan air mineral kepada 10 pelanggan yang diblok biru, yaitu pelanggan 2, 13, 42, 32, 8, 5, 25, 11, 31, dan1.

5. PENGUJIAN

5.1. Pengujian Banyak generasi dan Pembahasan Hasil

Berdasarkan perancangan uji coba banyak generasi yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya, didapatkan hasil uji coba banyak generasi sebanyak 5 kali dengan menggunakan banyak generasi 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 dan 100. Pada uji coba tersebut nilai yang diperhatikan yaitu nilai rata-rata *fitness* dan rata-rata waktu eksekusi pada masing-masing banyak generasi. Pada pengujian ini nilai parameter dibuat sama, yaitu ukuran populasi 20, banyak pesanan 30, *crossover rate* 0.8 dan *mutation rate* 0.2.

Dari pengujian di atas ditunjukkan bahwa nilai *fitness* rata – rata paling besar yang dihasilkan adalah 0.772 terjadi pada saat iterasi 80 dengan waktu eksekusi rata-rata 34.8 detik dan nilai *fitness* rata – rata paling kecil adalah 0.711 terjadi pada saat iterasi 10 dengan waktu eksekusi rata-rata 7.9 detik. Kesimpulan yang dapat diambil dari pengujian banyak generasi adalah semakin banyak generasi, semakin baik individu yang terpilih sebagai solusi. Perubahan nilai *fitness* terhadap jumlah iterasi pada masing-masing percobaan ditunjukkan pada Gambar 11.

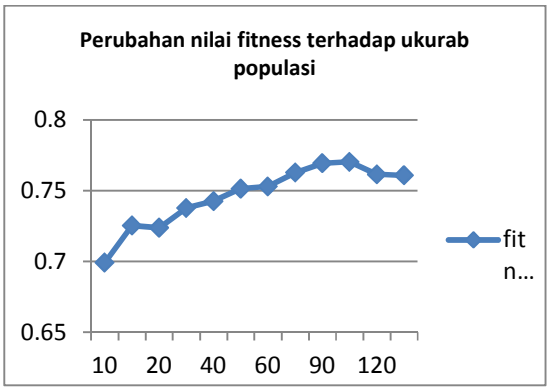


Gambar 11 Hasil Uji Coba Banyak generasi

5.2. Pengujian PopSize dan Pembahasan Hasil

Berdasarkan perancangan uji coba ukuran populasi (*popSize*) yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya, didapatkan hasil uji coba ukuran populasi sebanyak 5 kali dengan menggunakan *popSize random* yaitu 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60 dan 70. Pada uji coba ini, nilai parameter cr dan mr dibuat sama, yaitu cr = 0.8, dan cr = 0.2 dengan jumlah iterasi 50 dan jumlah pesanan 30. Pada uji coba tersebut nilai yang diperhatikan yaitu nilai rata-rata *fitness* dan nilai rata-rata waktu eksekusi pada masing-masing pengujian ukuran populasi.

Dari pengujian di atas menunjukkan bahwa nilai *fitness* rata – rata paling besar yang dihasilkan adalah 0.770 terjadi pada saat ukuran populasi (*popSize*) 100 dengan waktu eksekusi rata-rata 71.3 detik dan nilai *fitness* rata – rata paling kecil adalah 0.662 pada saat ukuran populasi (*popSize*) 10 dengan waktu eksekusi rata-rata 24.3 detik. Kesimpulan yang dapat diambil dari pengujian ukuran populasi (*popSize*) adalah semakin besar ukuran populasi yang diberikan, maka akan menghasilkan solusi yang lebih baik. Perubahan nilai *fitness* terhadap *popSize* pada masing-masing percobaan ditunjukkan pada Gambar 12.

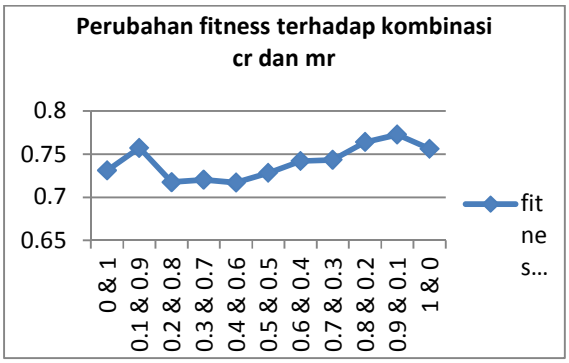


Gambar 12 Hasil Uji Coba Ukuran Populasi (*popSize*)

5.3. Pengujian Kombinasi Crossover Rate dan Mutation Rate serta Pembahasan Hasil

Berdasarkan perancangan uji coba kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya, didapatkan hasil uji coba kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* sebanyak 5 kali dengan menggunakan *crossover rate* dan *mutation rate* secara berpasangan dimana jika *crossover rate* dan *mutation rate* tersebut dijumlah maka bernilai 1. Hal ini dimaksudkan agar jumlah individu setelah proses reproduksi (*crossover* dan mutasi) dalam populasi tetap stabil. Pengujian ini dilakukan dengan parameter tetap setiap kali pengujian, yaitu dengan *popSize* 70, jumlah pesanan 30 dan jumlah iterasi 50. Pada uji coba tersebut nilai yang diperhatikan yaitu nilai rata-rata *fitness* dan nilai rata-rata waktu eksekusi pada masing-masing pengujian kombinasi nilai *crossover rate* dan *mutation rate*.

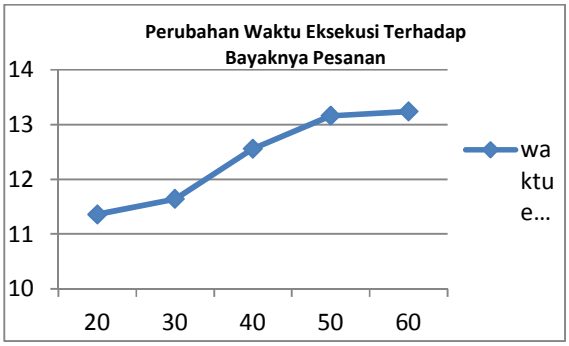
Dari pengujian di atas ditunjukkan bahwa nilai *fitness* rata – rata paling besar yang dihasilkan adalah 0.773 terjadi pada saat kombinasi *crossover rate* 0.8 dan *mutation rate* 0.2 dengan waktu eksekusi rata-rata 327.2 detik. Nilai *fitness* rata – rata paling kecil adalah 0.717 terjadi pada saat kombinasi *crossover rate* 0.4 dan *mutation rate* 0.6 dengan waktu eksekusi rata-rata 282.9 detik. Kesimpulan yang dapat diambil dari pengujian kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* adalah solusi optimum diperoleh dari nilai *crossover rate* (cr) lebih tinggi dibandingkan dengan nilai *mutation rate*. Perubahan nilai *fitness* terhadap kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* pada setiap percobaan ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13 Hasil Uji Coba Kombinasi *Crossover Rate* dan *Mutation Rate*

5.4. Pengujian Waktu Eksekusi

Pada pengujian ini akan dilakukan uji coba terhadap pengaruh waktu eksekusi terhadap perubahan banyaknya pesanan. Banyak pesanan akan diinputkan secara acak dengan pesanan pelanggan dengan bilangan kelipatan 10. Masing-masing sampel akan dilakukan pengujian sebanyak lima kali. Nilai yang diambil yaitu rata-rata waktu eksekusi. Parameter genetika yang digunakan yaitu banyak generasi 3, popSize 20, dan kombinasi cr:mr = 0.8:0.2. Hasil yang diperoleh dari pengujian banyak pesanan terhadap waktu eksekusi ditunjukkan pada Gambar 14.

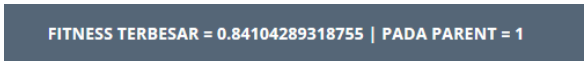


Gambar 14 Hasil Uji Coba Waktu Eksekusi Terhadap Perubahan Jumlah Pesanan

Pada hasil uji coba waktu eksekusi terhadap perubahan banyak pesanan diperoleh hasil bahwa waktu eksekusi terus mengalami kenaikan terhadap setiap banyaknya pesanan yang semakin banyak. Kesimpulan yang diperoleh dari pengujian yaitu bahwa waktu eksekusi berbanding lurus dengan banyaknya pesanan. Semakin banyak pesanan pelanggan maka waktu eksekusi yang dibutuhkan semakin besar.

5.5. Pengujian Parameter Terbaik

Pada eksekusi ini merupakan pengujian dengan menggunakan parameter terbaik yang didapatkan dari hasil pengujian sebelumnya. Parameter yang digunakan yaitu banyak generasi, ukuran populasi, dan kombinasi cr dan mr. Pada pengujian banyak generasi didapatkan solusi maksimum dengan banyak generasi 80. Pada pengujian ukuran populasi didapatkan solusi maksimum dengan ukuran generasi 100. Sedangkan pengujian kombinasi cr dan mr didapat solusi maksimum dengan kombinasi cr:mr 0.9:0.1. Hasil yang diperoleh dari eksekusi pamater terbaik ditampilkan pada Gambar 14.

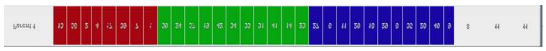


Gambar 15 Hasil Pengujian Parameter Terbaik

Dari Gambar 15 diatas diketahui bahwa solusi yang dicapai dari pengujian parameter terbaik yaitu parent 1 merupakan kromosom yang membarikan solusi yang paling maksimal dengan nilai fitness 0.841. Jarak dan total jarak yang ditempuh oleh sales ditampilkab pada Gambar 16.

Daftar pelanggan yang harus dikunjungi oleh masing-masing sales ditampilkan pada Gambar 17.

Gambar 15 Jarak dan Total Jarak Solusi Maksimum



Gambar 16 Daftar Pelanggan Solusi Maksimum

Berdasarkan Gambar 16, solusi maksimum yang diperoleh selama pengujian dengan total jarak 118.9 satuan panjang. Sehingga didaptkan nilai fitness 0.841. Berdasarkan Gambar 16, sales1 mengirimkan 8 pesanan pelanggan yang diblok warna merah, yaitu 13, 36, 2, 4, 27, 39, 7 dan 1. Dan sales 2 mengirimkan 11 pesanan pelanggan yang diblok warna hijau yaitu 30, 24, 37, 19, 42, 34, 33, 31, 41, 14, dan 23. Sedangkan sales 3 mengirimkan 11 pesanan yang diblok warna biru yaitu 27, 6, 11, 20, 18, 29, 8, 35, 28, 40, dan 9.

6. PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pengujian yang telah dilakukan pada skripsi ini didapatkan kesimpulan bahwa :

1. Dalam mengimplementasikan algoritma genetika untuk optimasi rute terpendek pendistribusian air mineral maka diperlukan *software* dan *hardware* pendukung dengan spesifikasi tertentu untuk dapat membangun aplikasi yang diharapkan.
2. Penentuan representasi kromosom yang paling efisien dan sesuai dengan permasalahan M-TSP untuk optimasi rute terpendek pendistribusian air mineral adalah dengan representasi permutasi dikarenakan urutan pengantaran air mineral kepada pelanggan diperhatikan untuk mendapatkan jarak minimum yang sesuai.
3. Penentuan parameter algoritma genetika untuk permasalahan optimasi rute terpendek pendistribusian air mineral agar diperoleh solusi maksimum adalah sebagai berikut:
   - Semakin besar banyak generasi semakin baik individu yang dihasilkan, akan tetapi jangan terlalu besar karena jika terlalu besar akan memperlambat waktu eksekusi. Banyak generasi yang menghasilkan nilai fitness rata-rata tertinggi yaitu 80 dengan fitness 0.772. Sedangkan banyak generasi yang menghasilkan nilai fitness rata-rata terkecil yaitu 10 dengan fitness 0.711.
   - Semakin besar ukuran populasi semakin baik individu yang dihasiakan, akan tetapi jangan terlalu besar karena jika terlalu besar akan memperlambat waktu eksekusi. Ukuran populasi yang menghasilkan nilai fitness rata-rata tertinggi yaitu 100 dengan fitness 0.770. Sedangkan banyak generasi yang menghasilkan nilai fitness rata-rata terkecil yaitu 10 dengan fitness 0.662.
   - Kombinasi nilai *crossover rate* dan *mutation rate* yang menghasilkan solusi terbaik yaitu 0.9 dan 0.1 dengan memperoleh nilai fitness rata-rata tertinggi sebesar 0.773. Sedangkan kombinasi terburuk nilai *crossover rate* dan *mutation rate* adalah 0 dan 1 yang memperoleh nilai fitness rata-rata terkecil sebesar 0.717.
4. Penentuan pengukuran kualitas solusi yang diperoleh oleh algoritma genetika dengan membandingkan hasil pengujian yang diperoleh dengan mengubah-ubah nilai parameter algoritma genetika. Hasil terbaik pada pengujian dianggap hasil yang maksimum pada kenyataan mengingat algoritma genetika adalah salah satu metode heuristik sehingga tidak selalu memberikan hasil yang optimum.

6.2. Saran

Berdasarkan penelitian dan pengujian yang dilakukan pada skripsi ini, didapatkan saran sebagai berikut:

1. Proses pengujian parameter genetika dapat dilakukan pengembangan dengan melakukan beberapa kali uji coba dengan memberikan nilai jumlah iterasi, ukuran populasi yang lebih besar sehingga dapat ditemukan hasil solusi dengan nilai *fitness* yang paling optimal.
2. Penelitian ini dapat dilakukan pengembangan untuk menyelesaikan masalah optimasi pendistribusian air mineral dengan menggunakan kondisi yang sebenarnya yaitu dengan jarak yang sebenarnya sehingga akan dapat menyelesaikan masalah yang sebenarnya.

3. Penelitian selanjutnya juga dapat dilakukan dengan penambahan parameter atau kriteria penelitian terkait dengan optimasi pendistribusian air mineral dengan melihat beberapa aspek antara lain jika diperlakukan suatu aturan (penalti) jika jarak tempuh dari agen ke pelanggan lebih dari 3 km.
4. Pada penelitian selanjutnya seharusnya terdapat perbedaan penghantaran antara daerah yang memiliki jarak yang jauh dan dekat. Misalkan daerah yang jauh akan dikunjungi oleh sales dengan jumlah daerah yang lebih sedikit, sedangkan daerah yang dekat akan dikunjungi oleh sales dengan jumlah yang lebih banyak. Sehingga hal tersebut akan menyeimbangkan total jarak yang dikunjungi oleh masing-masing sales.

DAFTAR PUSTAKA

Eka. (2012). "Penentuan Rute Distribusi Produk Minuman Ringan PT. Coca-Cola Distribution Indonesia DC (*Distribution Center*) Pontianak Menggunakan Metode *Travelling Salesman Problem*". Prigram Studi Teknik Industri, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura.

Gen, M. R. Cheng. 1997. "*Genetic Algorithm and Engineering Design*". *New York*: John Wiley & Sons, Inc"

Haupt, RL & Haupt, SE 2004, *Practical Genetic Algorithm*, 2 edn, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

Irawan, M. Anwari. 2007. "Cairan Tubuh,Elektrolit & Mineral Vol. 01 No.01". Polton Sports Science and Performance Lab.

Mahmudy, Wayan Firdaus. 2009. "*Optimasi Fungsi tak Berkendala Menggunakan Algoritma Genetika Terdistribusi dengan Pengkodean Real*". Seminar Nasional *Basic Science* VI FMIPA. Universitas Brawijaya.

Mahmudy, Wayan Firdaus. 2013. "*Modul Algoritma Evolusi*". Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer. Universitas Brawijaya.

[Mahmudy & Rahman 2011] Mahmudy, WF & Rahman, MA 2011, 'Optimasi fungsi multi-obyektif berkendala menggunakan algoritma genetika adaptif dengan pengkodean real', Kursor, vol. 6, no. 1, pp. 19-26.

dengan pengkodean real', Kursor, vol. 6, no. 1, pp. 19-26.

Marian, R. M. 2003. "*Optimisation of Assembly Squences Using Genetic Algorithm* ". *University of South Australia*.

Mayasari, Eka. 2012. "Penyelesaian *Multiple-Travelling Salesman Problem* dengan *Simulated Annealing*". Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Jember.

Nisaa, Khoiron. 2013. "*Optimasi Rute Angkutan Kota Malang dengan Penerapan Algoritma Genetika*". Universitas Brawijaya.

Sari, Eka, Maya. 2012. "Penyelesaian *Multiple-Travelling Salesperson Problem* dengan *Simulated Annealing*". Universitas Negeri Jember.

Setiawan, Kuswara. 2003. *Paradigma Sistem Cerdas*. Bayumedia. Surabaya. Diakses tanggal 15 Desember 2014.

Suprayogi, DA. Mahmudy, WF 2015. "Penerapan algoritma genetika *Traveling Salesman Problem with Time Wndow*: Studi kasus rute antar jemput laundry", Jurnal Buana Informatika, vol. 6, no. 2, pp. 121-130.

Witary, Vinny. Nur Rachmat. Inayatullah. " Optimasi Penjadwalan Perkuliahan dengan Menggunakan Algoritma Genetika". Jurusan Teknik Informatika. STMIK GI MDP.

Zulfikar, N. (2012, Oktober 11). "Aplikasi Algoritma Genetika Untuk Mencari Rute Tependek N-Buah Node".