

OPTIMASI VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOWS PADA DISTRIBUSI KATERING MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA

Dwi Cahya Astriya Nugraha¹⁾, Wayan Firdaus Mahmudy²⁾

¹Magister Ilmu Komputer/Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Jl. Veteran No. 8, Malang, 65145
Telp : (+62341) 577911, Fax : (+62341) 577911
E-mail : astriyanugraha@gmail.com¹⁾

Abstrak

Salah satu permasalahan dalam bidang optimasi yaitu penentuan rute distribusi katering makanan. Penentuan rute terpendek sangat penting karena pengiriman katering harus dilakukan dengan singkat dan tepat waktu dengan memaksimalkan penggunaan alat transportasi untuk mengurangi biaya transportasi. Berbeda dengan Vehicle Routing Problem (VRP) yang menyelesaikan permasalahan dengan meminimalkan biaya untuk jarak tempuh dan jumlah kendaraan yang digunakan, kasus distribusi katering ini mempertimbangkan waktu ketersediaan pelanggan. Algoritma genetika merupakan salah satu algoritma yang dapat diterapkan untuk menyelesaikan optimasi distribusi katering makanan dengan memperoleh rute terbaik. Pencarian solusi direpresentasikan oleh kromosom yang diproses oleh operator genetika (crossover, mutasi, dan seleksi). Dari hasil pengujian diperoleh hasil terbaik dengan nilai fitness tertinggi pada banyaknya generasi 450, ukuran populasi 90, nilai crossover rate 0.35 dan nilai mutation rate 0.05.

Kata kunci: VRPTW, time window, algoritma genetika, optimasi rute, distribusi katering.

Abstract

One of the problems in the optimization is determining routes of food catering service. Determination of the shortest route is very important because catering delivery should be done with a short and timely by maximize the use of means of transport to reduce transport costs. In contrast to the Vehicle Routing Problem (VRP), which solve the problems by minimizing the cost of mileage and the number of vehicles used, this case the catering distribution consider time availability of the customer. Genetic algorithm is an algorithm that can be applied to solve the optimization distribution of food catering to obtain the best route. The search for solutions is represented by chromosomes that are processed by genetic operators (crossover, mutation, and selection). Based on the results it is found that the highest fitness value on the size of the generation of 450, the population size of 90, the value crossover rate of 0.35 and the value mutation rate of 0.05.

Keywords: VRPTW, time window, genetic algorithm, route optimization, catering distribution,.

1. PENDAHULUAN

Bagian penting dalam proses penyampaian produk dari perusahaan manufaktur/produsen kepada konsumen adalah saluran distribusi. Tanpa saluran distribusi yang sistematis, sebagus apapun produknya dan segenar apapun promosinya tidak akan membuat produk tersebut dikenal dan dikonsumsi oleh konsumen akhir. Tujuan dari rantai dan saluran distribusi adalah untuk mengurangi biaya dan lebih dari itu adalah untuk memenuhi kebutuhan pelanggan [1]. Pendistribusian makanan adalah konsumen mendapatkan makanan sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Makanan harus didistribusikan dan disajikan kepada konsumen tepat pada waktunya, misal makanan yang diperuntukkan untuk makan siang harus didistribusikan pada jam 13.00-14.00 tepat pada waktu makan siang. Penentuan rute terbaik dengan mengoptimalkan sumber daya yang tersedia dapat menekan biaya operasional perusahaan dan juga dapat mengoptimalkan pendistribusian makanan dengan tepat waktu.

Untuk mengatasi permasalahan di atas dibutuhkan suatu sistem penentu rute dengan memperhatikan waktu tempuh perjalanan dan waktu layanan. Penentuan rute distribusi yang mempertimbangkan kapasitas kendaraan dan mempertimbangkan *time frame* tertentu dimana kendaraan boleh datang sebelum waktu buka tetapi konsumen tersebut tidak dapat dilayani sampai *time windows* buka, dan distribusi tidak dilayani ketika *time windows* sudah tutup dikenal dengan konsep *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) yang merupakan perluasan dari *Vehicle Routing Problem* (VRP) [2].

Pentingnya VRPTW ditunjukkan oleh sejumlah penelitian yang mengusulkan berbagai macam algoritma heuristic. Penelitian yang sudah pernah dilakukan terkait dengan permasalahan VRPTW yaitu penggunaan

Metode *Nearest Insertion* Heuristik untuk permasalahan distribusi Koran harian pagi Tribun Jabar [4]. Penelitian tersebut menentukan titik untuk disisipkan dengan mencari tempat titik bebas yang terletak paling dekat dengan suatu titik pada rute. Metode *Nearest Insertion Heuristik* lebih cepat dalam optimasi rute. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan metode tersebut dapat menghemat biaya transportasi sampai 5% dibandingkan dengan rute yang sudah ada sebelumnya. Akan tetapi, metode ini mempunyai kekurangan yaitu ruang pencarian yang sempit dan proses pencarian solusi hanya dilakukan satu kali. Tipe lain algoritma heuristic yaitu simulated annealing juga digunakan dalam penelitian optimasi VRPTW [12].

Algoritma genetika adalah solusi yang sangat efektif untuk permasalahan optimasi. Algoritma ini didasarkan atas mekanisme evolusi biologis. Keberagaman pada evolusi biologis adalah variasi dari kromosom antar individu organisme. Algoritma ini dapat memberikan solusi alternatif atas suatu masalah yang hendak diselesaikan. Algoritma genetika menawarkan suatu solusi pemecahan masalah yang terbaik, dengan memanfaatkan metode seleksi, crossover, dan mutasi [5]. Algoritma genetika memungkinkan optimasi dilakukan pada ruang pencarian yang sangat luas dan kompleks sehingga memungkinkan daerah solusi didapatkan melampaui daerah optimum local [6]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa algoritma genetika dapat diterapkan pada pencarian rute optimal pada distribusi air minum dengan kendala *time window* [10], dan juga dapat menyelesaikan permasalahan VRPTW pada distribusi beras bersubsidi [11]. Dengan melakukan modifikasi pada fungsi obyektif, penyelesaian VRPTW dengan menggunakan algoritma genetika juga bisa diterapkan untuk penentuan rute wisata [13].

Pada penelitian ini, penulis menggunakan algoritma genetika untuk menyelesaikan permasalahan VRPTW untuk kasus pendistribusian catering makanan karena algoritma genetika memiliki kelebihan dalam menghasilkan output yang optimal. Dengan menggunakan konsep evolusi biologis maka akan dihasilkan suatu output berupa kombinasi jalur distribusi catering makanan yang sebaiknya diambil untuk mengoptimalkan waktu dan biaya perjalanan.

2. VEHICLE ROUTING PROBLEM (VRP)

Vehicle Routing Problem (VRP) mendefinisikan permasalahan penentuan rute distribusi dimana Seorang Salesmen mendatangi beberapa kota dan tiap kota tersebut hanya dapat dikunjungi oleh satu Salesmen saja dimana tiap salesman berasal dari suatu depot dan harus kembali ke depot tersebut pada akhir perjalanannya. VRP juga mendefinisikan permasalahan rute dimana sebuah kota diasosiasikan sebagai sebuah demand atau konsumen, dan tiap kendaraan yang dipakai untuk perjalanan dianggap memiliki kapasitas tertentu. Total jumlah demand dalam suatu rute tidak boleh melebihi kapasitas dari kendaraan yang ditugasi melewati rute tersebut [2].

2.1 Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW)

Vehicle Routing Problem with Time Windows adalah perluasan dari permasalahan VRP, dimana VRP ditambahkan *time windows* pada masing-masing konsumen. Untuk VRPTW, selain adanya kendala kapasitas kendaraan, terdapat tambahan kendala yang mengharuskan kendaraan untuk melayani tiap konsumen pada *time frame* tertentu. Kendaraan boleh datang sebelum waktu buka tetapi konsumen tersebut tidak dapat dilayani sampai *time windows* buka. Distribusi tidak dilayani ketika *time windows* sudah tutup [2].

VRPTW digunakan untuk menjadwalkan sekumpulan kendaraan dengan kapasitas dan *travel time* terbatas dan dari sentral depot ke sekumpulan konsumen yang tersebar secara geografis dengan *demand* diketahui dalam *time windows* tertentu. *Time windows* adalah *two sided*, yang berarti bahwa tiap konsumen harus dilayani saat atau setelah *earliest time*, dan sebelum *latest time* dari konsumen tersebut. Jika kendaraan datang ke konsumen sebelum *earliest time* dari konsumen tersebut, maka akan menghasilkan *idle* atau waktu tunggu. Kendaraan yang datang ke konsumen setelah *latest time* adalah *tardy*. Terdapat pula waktu layanan yang diperlukan untuk melayani tiap konsumen. Biaya rute dari suatu kendaraan adalah total dari waktu travel (proporsional dengan jarak), waktu tunggu, dan waktu layanan, yang diperlukan untuk mengunjungi sekumpulan konsumen [3].

3 ALGORITMA GENETIKA

Algoritma genetika merupakan algoritma yang memanfaatkan proses seleksi alamiah yang dikenal dengan proses evolusi. Dalam proses evolusi, gen secara terus menerus mengalami penyesuaian dengan lingkungan hidupnya sehingga hanya individu-individu yang kuat yang mampu bertahan. Algoritma genetika merepresentasikan suatu solusi permasalahan dalam bentuk kromosom. Jumlah populasi solusi yang besar merupakan keunggulan algoritma genetika. Fungsi fitness, definisi dan implementasi representasi genetika, serta definisi dan implementasi operasi genetika merupakan tiga aspek pendukung kinerja algoritma genetika [7].

Proses dalam algoritma genetika diawali dengan inisialisasi, reproduksi, evaluasi, dan seleksi. Individu terbaik didapatkan setelah melewati sekian iterasi (generasi). Individu terbaik mempunyai chromosome yang dikonversi

menjadi solusi yang mendekati optimum dengan melakukan pencarian diantara sejumlah alternatif titik optimum berdasarkan fungsi probabilistic [8].

3.1 Inisialisasi

Inisialisasi yaitu membangkitkan individu secara acak yang memiliki susunan *chromosome* yang mewakili solusi dari permasalahan yang ingin dipecahkan. Tempat penampungan individu tersebut dikatakan sebagai populasi [8]. Representasi yang digunakan adalah representasi permutasi yang merupakan bentuk pengkodean yang direpresentasikan dengan angka sebagai gen. Dalam satu individu terdapat gen dimana gen tersebut mewakili lokasi pelanggan yang akan dilayani dan susunan gen dalam satu individu tersebut mewakili sebuah urutan lokasi pelanggan sebagai jalur distribusi yang digunakan untuk mendapatkan hasil yang optimal. Misalkan satu individu dengan susunan chromosome sebagai berikut $I = [3\ 4\ 2\ 5\ 1\ 6\ 20\ 16\ 11\ 17\ 10\ 18\ 8\ 9\ 7\ 12\ 14\ 15\ 13\ 19]$, berarti jalur distribusi bergerak dari kota 3 ke kota 4 dan seterusnya hingga ke kota 19. Tabel 1 menunjukkan contoh individu yang dibangkitkan dengan representasi permutasi.

Tabel 1. Contoh individu

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

3.2 Fitness

Fitness adalah nilai yang melekat pada tiap individu yang menentukan kesesuaian individu tersebut terhadap suatu permasalahan yang ingin dipecahkan [9]. Semakin besar fitness maka semakin baik individu tersebut untuk dijadikan calon solusi [8]. Fungsi *fitness* untuk optimasi VRPTW studi kasus pendistribusian catering makanan dapat dilihat pada persamaan 1:

$$\text{Fitness} = \frac{1000}{\text{penalti}} \quad (1)$$

Keterangan:

penalti = waktu yang digunakan setelah *latest time* (menit)

Dimisalkan jalur distribusi yang akan ditempuh adalah dari Lokasi Katering – Tidar Villa Estate – UB Hotel – Villa Puncak Tidar – Dome UMM – Hotel Santika – Hotel Pelangi – Universitas Brawijaya – Universitas Machung – Blimbing – Sawojajar – Rampal – Dieng – Matos – MOG – Hotel Swiss Belinn – Ibis Styles Malang – Harris Hotel – MX Mall – UMM – Poltek Malang. Kemudian menginisialisasi kota-kota tersebut dengan angka yaitu Lokasi Katering(0) – Tidar Villa Estate(1) – UB Hotel(2) – Villa Puncak Tidar(3) – Dome UMM(4) – Hotel Santika(5) – Hotel Pelangi(6) – Universitas Brawijaya (7) – Universitas Machung (8) – Blimbing (9) – Sawojajar (10) – Rampal (11) – Dieng (12) – Matos (13) – MOG (14) – Hotel Swiss Belinn (15) – Ibis Styles Malang (16) – Harris Hotel (17) – MX Mall (18) – UMM (19) – Poltek Malang (20). Lokasi Katering (0) tidak dimasukkan ke dalam individu karena lokasi asal sama dengan lokasi lokasi akhir dalam jalur distribusi.

Misalkan ada individu dalam satu generasi yaitu Individu[1]: [UB Hotel–Villa Puncak Tidar–Dome UMM–Hotel Santika–Hotel Pelangi–Tidar Villa Estate–Universitas Machung–Blimbing–Sawojajar–Universitas Brawijaya–Dieng–Matos–Ibis Styles Malang–Rampal–MOG–MX Mall–Harris Hotel–Hotel Swiss Belinn–UMM–Poltek Malang] atau [2 3 4 5 6 1 8 9 10 7 12 13 16 11 14 18 17 15 19 20], kemudian dihitung nilai fitnessnya, tabel 2 menunjukkan contoh perhitungan fitness suatu individu. Diasumsikan waktu keberangkatan selalu pukul 08.30 dari lokasi catering dan lama kunjungan di setiap lokasi 15 menit.

Tabel 2. Contoh perhitungan *fitness*

Individu	Node	Starting Time	Lama Perjalanan (Menit)	Tiba	Earliest Time	Mulai	Tunggu (menit)	Selesai	Latest Time	Penalti (Menit)
	0 ke 2	08.30	31	09.01	09.00	09.01	0	09.16	12.30	0
	2 ke 3	09.16	7	09.23	09.00	09.23	0	09.38	12.30	0
	3 ke 4	09.38	15	09.53	11.00	11.00	67	11.15	12.30	0
	4 ke 5	11.15	16	11.31	09.00	11.31	0	11.46	11.00	46
	5 ke 6	11.46	18	12.04	11.00	12.04	0	12.19	11.30	49
	6 ke 1	12.19	28	12.47	09.00	12.47	0	13.02	11.30	92
	1 ke 8	13.02	21	13.23	10.00	13.23	0	13.38	13.00	38
Individu[1]:	8 ke 9	13.38	10	13.48	11.00	13.48	0	14.03	12.00	123
[2 3 4 5 6	9 ke 10	14.03	16	14.19	08.00	14.19	0	14.34	12.00	154
1 8 9 10	10 ke 7	14.34	22	14.56	07.00	14.56	0	15.11	12.00	191
7 12 13	7 ke 12	15.11	24	15.35	09.00	15.35	0	15.50	12.00	230
16 11 14	12 ke 13	15.50	17	16.07	07.00	16.07	0	16.22	13.00	202
18 17 15	13 ke 16	16.22	9	16.31	07.00	16.31	0	16.46	12.30	256
19 20]	16 ke 11	16.46	12	16.58	07.00	16.58	0	17.13	12.00	313
	11 ke 14	17.13	4	17.17	09.00	17.17	0	17.32	12.30	302
	14 ke 18	17.32	9	17.41	07.00	17.41	0	17.56	11.00	416
	18 ke 17	17.56	7	18.03	09.00	18.03	0	18.18	12.30	348
	17 ke 15	18.18	6	18.24	08.00	18.24	0	18.39	12.00	399
	15 ke 19	18.39	14	18.53	08.00	18.53	0	19.08	12.00	428
	19 ke 20	19.08	20	19.28	07.00	19.28	0	19.43	12.00	463
Jumlah										4050
Fitness										1000/4050 = 0.246914

3.3 Reproduksi

Reproduksi adalah proses menghasilkan keturunan (offspring) dari individu-individu yang ada di populasi. *Crossover* dan *mutation* adalah dua operator genetika yang digunakan dalam proses reproduksi [8].

3.3.1 Crossover

Crossover adalah proses menghasilkan individu baru yang mewakili ciri-ciri dasar dari parentnya dimana sebagian informasi parents masih melekat pada individu baru [7]. Pada penelitian ini, penulis menggunakan metode *one-cut-point* yang secara acak memilih satu titik potong dan menukarkan bagian kanan dari tiap induk untuk menghasilkan individu baru.

3.3.2 Mutation

Mutation adalah proses menghasilkan individu baru dengan cara mengganti satu atau lebih gen dalam individu yang sama [8]. Variasi populasi akan meningkat dengan menggunakan proses *mutation* [7]. Pada penelitian ini, penulis menggunakan metode *reciprocal exchange point* yang memilih dua posisi gen pada individu kemudian menukarkan nilai kedua gen tersebut sehingga menghasilkan individu baru.

3.4 Seleksi

Seleksi dilakukan untuk memilih individu dari populasi untuk kemudian dijadikan parent pada generasi berikutnya. Untuk memilih individu yang dipertahankan pada generasi berikutnya, fungsi probabilitas sangat berguna. Semakin besar nilai fitness suatu individu maka semakin besar peluang terpilihnya individu tersebut untuk dipilih [8]. Dalam penelitian ini, metode seleksi yang digunakan adalah metode seleksi *roulette wheel*.

3.4.1 Metode Seleksi *Roulette Wheel*

Metode ini juga dikenal dengan nama *stochastic sampling with replacement* [7]. Perhitungan probabilitas seleksi (*prob*) dilakukan terhadap tiap individu berdasarkan nilai fitnessnya. Kemudian nilai probabilitas kumulatif (*probCum*) dapat dihitung dari nilai *prob* untuk kemudian digunakan untuk menyeleksi individu berdasarkan bilangan *r* random pada range [0,1].

4. METODOLOGI PENELITIAN

Data lama perjalanan antar lokasi pelanggan catering didapatkan dari *google maps* dan waktu *earliest time* dan *latest time* dibangkitkan secara acak dari pukul 07.00 sampai pukul 13.00, waktu layanan di asumsikan 15 menit untuk setiap lokasi. Tabel 3 menunjukkan contoh data lama perjalanan antar lokasi pelanggan catering dalam satuan menit dan Tabel 4 menunjukkan contoh data *earliest time* dan *latest time*.

Tabel 3. Contoh data lama perjalanan antar lokasi (menit)

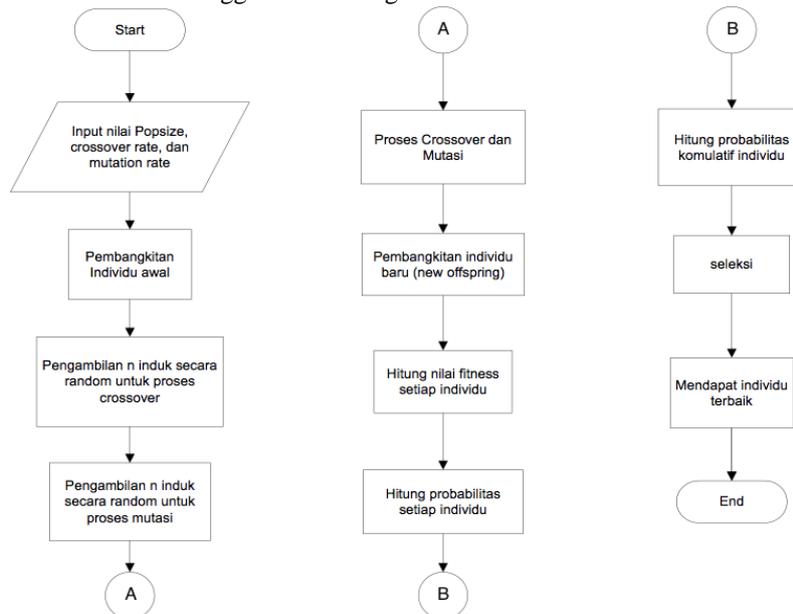
Lokasi	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	0	30	31	30	30	27	23	5	12	17	10	12	10	12	7	12	5	5	7	9	8
1	30	0	14	18	5	16	28	7	21	18	9	12	21	17	5	13	10	10	10	5	9
2	31	14	0	7	11	5	21	9	20	19	18	10	19	21	23	16	12	11	12	10	12
3	30	18	7	0	15	5	21	2	21	20	17	11	17	26	12	19	13	12	16	12	16
4	30	5	11	15	0	16	28	12	16	23	30	21	21	27	16	21	16	14	18	13	19
5	27	16	5	5	16	0	18	15	18	25	21	21	20	12	17	11	17	17	20	14	10
6	23	28	21	21	28	18	0	17	19	21	23	10	23	11	21	21	21	18	21	17	23
7	5	7	9	2	12	15	17	0	20	20	22	12	24	10	22	28	22	19	22	18	21
8	12	21	20	21	16	18	19	20	0	10	21	12	30	10	23	21	20	21	24	19	22
9	17	18	19	20	23	25	21	20	10	0	16	11	21	12	9	19	22	10	26	21	30
10	10	9	18	17	30	21	23	22	21	16	0	23	12	14	5	13	21	20	29	8	19
11	12	12	10	11	21	21	10	12	12	11	23	0	12	15	4	16	12	13	28	9	20
12	10	21	19	17	21	20	23	24	30	21	12	12	0	17	8	17	10	19	12	10	29
13	12	17	21	26	27	12	11	10	10	12	14	15	17	0	21	21	9	18	10	12	27
14	7	5	23	12	16	17	21	22	23	9	5	4	8	21	0	19	8	20	9	13	5
15	12	13	16	19	21	11	21	28	21	19	13	16	17	21	19	0	5	6	8	14	12
16	5	10	12	13	16	17	21	22	20	22	21	12	10	9	8	5	0	5	5	10	21
17	5	10	11	12	14	17	18	19	21	10	20	13	19	18	20	6	5	0	7	10	9
18	7	10	12	16	18	20	21	22	24	26	29	28	12	10	9	8	5	7	0	9	12
19	9	5	10	12	13	14	17	18	19	21	8	9	10	12	13	14	10	10	9	0	20
20	8	9	12	16	19	10	23	21	22	30	19	20	29	27	5	12	21	9	12	20	0

Tabel 4. Contoh data *earliest time* dan *latest time*

Tujuan	<i>Earliest time dan latest time</i>
0	08.00-12.00
1	09.00-11.30
2	09.00-12.30
3	09.00-12.30
4	11.00-12.30
5	09.00-11.00
6	11.00-11.30
7	07.00-12.00
8	10.00-13.00
9	11.00-12.00
10	08.00-12.00
11	07.00-12.00
12	09.00-12.00
13	07.00-13.00
14	09.00-12.30
15	08.00-12.00
16	07.00-12.30
17	09.00-12.30
18	07.00-11.00
19	08.00-12.00
20	07.00-12.00

Langkah-langkah dalam mencari rute tercepat dengan algoritma genetika dapat dilihat pada Gambar 1. Proses pertama adalah menginisialisasikan parameter awal yaitu memasukkan nilai *popsi*, *crossover rate* (cr), *mutation rate* (mr), dan jumlah generasi. Setelah parameter awal diinputkan, proses selanjutnya yaitu pembangkitan individu awal sesuai dengan banyaknya *popsi* yang diinputkan sebelumnya, setelah individu awal terbentuk kemudian dilakukan reproduksi *crossover* dan *mutation*. Pada proses *crossover* dan *mutation* individu pada populasi diambil secara acak untuk dijadikan sebagai calon induk kemudian menghasilkan anak

sebanyak cr dan mr . Selanjutnya proses menghitung fitness dari semua individu yang terbentuk dengan menggunakan Persamaan 1, setelah itu dilakukan perhitungan probabilitas dan probabilitas kumulatif, kemudian dilakukan seleksi untuk diproses pada generasi selanjutnya dan menyimpan kromosom dengan nilai fitness terbaik. Kemudian membandingkan nilai fitness terbaik disetiap generasi sehingga hasil akhir merupakan kromosom yang memiliki fitness tertinggi dari semua generasi.



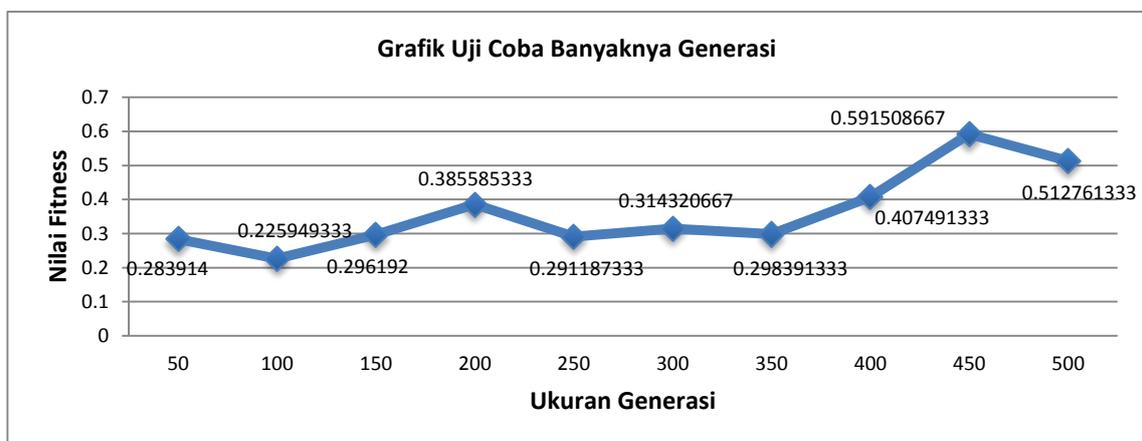
Gambar 1. Flowchart Aplikasi

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan beberapa skenario uji coba, yaitu (1) uji coba menentukan ukuran generasi yang optimal, (2) uji coba menentukan ukuran populasi yang optimal, dan (3) uji coba menentukan kombinasi cr dan mr yang optimal.

5.1 Hasil dan Analisa Uji Coba Banyaknya Generasi

Uji coba yang pertama adalah pencarian banyaknya generasi yang optimal. Percobaan untuk banyaknya generasi dilakukan dengan pelanggan tetap yaitu sebanyak 20 pelanggan. Banyak generasi yang digunakan sebanyak kelipatan 50 dengan banyak maksimal 500 generasi [9] [14] [15], mulai dari 50 generasi sampai 500 generasi. Setiap generasi dilakukan 10 kali uji coba dengan populasi sebanyak 10 individu, $crossover\ rate$ dan $mutation\ rate$ masing-masing sebesar 0.3 dan 0.1 [9] [14] [15] [16] dan menggunakan metode seleksi *Roulette wheel*. Gambar 2 menunjukkan hasil percobaan banyaknya generasi.



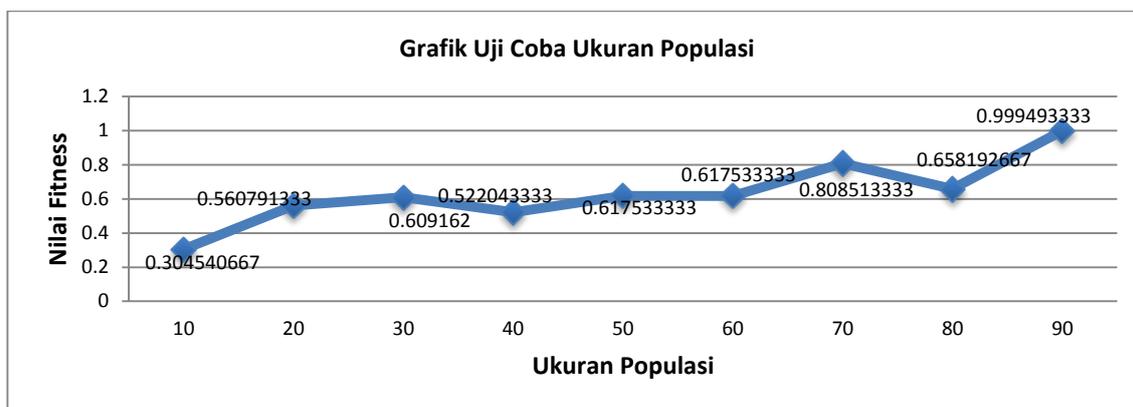
Gambar 2. Grafik Rata-rata Nilai Fitness dalam Ukuran Generasi

Berdasarkan grafik pada gambar 2, nilai rata-rata fitness paling rendah diperoleh pada generasi 100 karena algoritma genetika belum melakukan proses genetika secara optimal dan nilai rata-rata fitness tertinggi

diperoleh pada generasi 450. Terlalu banyak generasi belum tentu menghasilkan fitness yang lebih baik. Pada grafik diatas untuk generasi 500 nilai fitness yang dihasilkan menurun, apabila terus dilakukan penambahan generasi dan tidak menghasilkan solusi yang lebih baik maka hanya akan membuang waktu [9]. Banyaknya generasi yang tinggi akan mengakibatkan proses evolusi lebih sering, pada setiap generasi proses rekombinasi yang terdiri dari proses *crossover* dan mutasi dilakukan sehingga semakin banyak generasi maka akan semakin banyak proses rekombinasi yang berpengaruh pula pada individu-individu yang dihasilkan dan memberikan peluang yang besar untuk memperoleh nilai fitness yang baik.

5.2 Hasil dan Analisa Uji Coba Ukuran Populasi

Percobaan kedua adalah pencarian ukuran populasi yang optimal. Percobaan ini dilakukan dengan menggunakan 20 pelanggan, ukuran populasi kelipatan 10, mulai dari 10 sampai 90 populasi, banyaknya generasi adalah 450, kombinasi *crossover rate* 0.3 dan *mutation rate* 0.1, metode seleksi *Roulette wheel*, dan uji coba dilakukan 10 kali disetiap populasi yang diujikan. Gambar 3 menunjukkan hasil percobaan ukuran populasi.

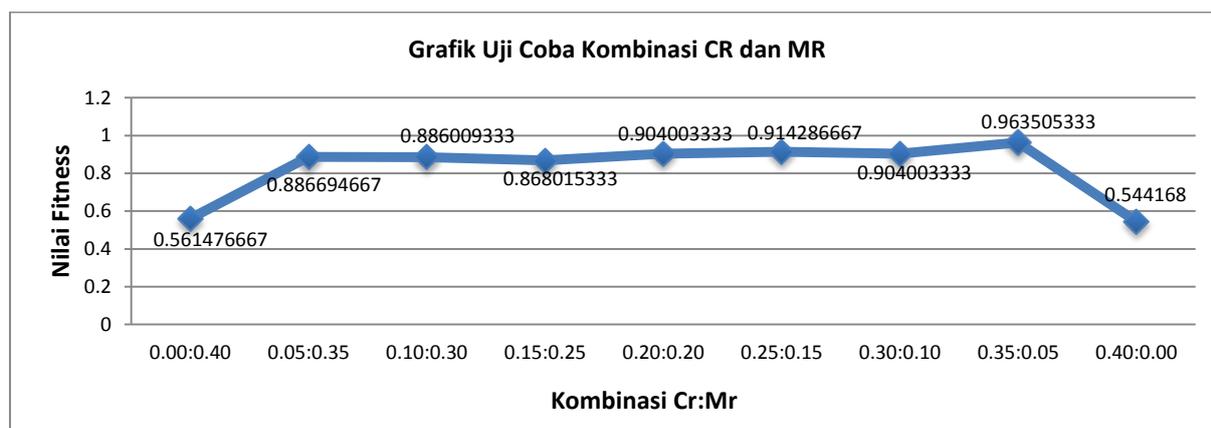


Gambar 3. Grafik Rata-rata Nilai Fitness dalam Ukuran Populasi

Berdasarkan Gambar 3 nilai rata-rata fitness terbesar terjadi pada populasi 90. Pada ukuran populasi 90 merupakan ukuran populasi yang paling optimal untuk permasalahan VRPTW. Semakin tinggi ukuran populasi dapat mempengaruhi nilai fitness yang dihasilkan akan tetapi semakin banyak ukuran populasi maka waktu yang dibutuhkan untuk proses algoritma genetika juga semakin besar.

5.3 Hasil dan Analisa Uji Coba Kombinasi Crossover Rate dan Mutation Rate

Uji coba yang ketiga dilakukan pencarian kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* yang optimal. Kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* dilakukan 10 kali percobaan dengan ukuran populasi 90 dan banyaknya generasi 450. *Crossover rate* dan *mutation rate* yang tepat akan membantu untuk menyeimbangkan kemampuan eksplorasi dan eksploitasi serta menghindari konvergensi dini [14] [16]. Untuk mendapatkan hasil yang baik, digunakan *crossover rate* (cr) yang berkisar antara 0-0,4 dan mengatur *mutation rate* (mr) sedemikian rupa sehingga $cr + mr = 0,4$ [14] [16]. Metode seleksi yang digunakan adalah *Roulette Wheel*. Gambar 4 menunjukkan hasil kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate*.



Gambar 4. Hasil Kombinasi Crossover rate dan Mutation rate

Berdasarkan grafik gambar 4 rata-rata nilai *fitness* terbesar terdapat pada kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* 0.35:0.05 dengan nilai rata-rata *fitness* 0.963505333.

6. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan dan saran untuk pengembangan aplikasi sebagai berikut:

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah penggunaan banyaknya generasi, ukuran populasi, dan *crossover rate* dan *mutation rate* yang tepat dalam algoritma genetika dapat diimplementasikan untuk menyelesaikan permasalahan pendistribusian catering makanan. Banyaknya generasi yang optimal untuk studi kasus pendistribusian catering makanan adalah 450 dan populasi sebesar 90 dengan kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* 0.35:0.05.

6.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat dikembangkan dengan menggunakan atau meng-*hybrid* beberapa algoritma dengan algoritma genetika untuk menyelesaikan permasalahan rute tercepat.

7. DAFTAR RUJUKAN

- [1] Mumuh Mulyana, 2012. *Strategi Distribusi Produk Makanan*. [Online] Available at: <https://mmulyana.wordpress.com/2012/03/23/strategi-distribusi-produk-makanan/>. [Accessed 26 Juli 2015].
- [2] Kallehauge, B., Larsen, J. and Madsen, O. 2006. Lagrangian duality applied to the vehicle routing problem with time windows. *Computers & Operations Research*, 33 (5), pp.1464-1487.
- [3] Thangiah, S. (1993). *Vehicle routing with time windows using genetic algorithms*. Slippery Rock, Pa.: Artificial Intelligence Lab., Slippery Rock Univ.
- [4] Purnomo, A., 2010. Analisis Rute Pendistribusian dengan Menggunakan Metode Nearest Insertion Heuristic Persoalan the Vehicle Routing Problem with Time Windows (Vrptw) (Studi Kasus Di Koran Harian Pagi Tribun Jabar). In: Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri UNISBA, *Pemberdayaan Rekayasa Industri Berbasis Eco - Efficiency pada Era Perdagangan Bebas*. Bandung 24 November 2010
- [5] Kusumadewi, S., 2003. *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. 1st ed. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [6] Gen, M. and Cheng, R., 2000. *Genetic algorithms and engineering optimization*. New York: Wiley.
- [7] Suprayogi, D.A., & Mahmudy, W.F., 2015. Penerapan algoritma genetika traveling salesman problem with time window: Studi kasus rute antar jemput laundry. *Jurnal Buana Informatika*, 6 (2), pp.121-130.
- [8] Mahmudy, W.F., 2013. *Algoritma Evolusi*. Malang: Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya.
- [9] Mahmudy, W.F., Marian, R.M., & Luong, L.H.S., 2014. Hybrid Genetic Algorithms for Part Type Selection and Machine Loading Problems with Alternative Production Plans in Flexible Manufacturing System. *ECTI Transactions on Computer and Information Technology (ECTI-CIT)*, 8 (1), pp.80-93.
- [10] Sundarningsih, D., Mahmudy, W.F., & Sutrisno, 2015. Penerapan Algoritma Genetika untuk Optimasi *Vehicle Routing Problem With Time Window (VRPTW)* Studi Kasus Air Minum Kemasan. S.Kom. Malang: Universitas Brawijaya.
- [11] Putri, F.B., Mahmudy, W.F., Ratnawati, D.E., 2014. Penerapan Algoritma Genetik Untuk Vehicle Routing Problem with Time Window (VRPTW) Pada Kasus Optimasi Distribusi Beras Bersubsidi. S.Kom. Malang: Universitas Brawijaya.
- [12] Mahmudy, W.F., 2014. Improved simulated annealing for optimization of vehicle routing problem with time windows (VRPTW). *Kursor*, 7 (3), pp.109-116.
- [13] Widodo, A.W., & Mahmudy, W.F., 2010. Penerapan algoritma genetika pada sistem rekomendasi wisata kuliner. *Kursor*, 5 (4), pp.205-211.
- [14] Mahmudy, W.F., Marian, R.M., & Luong, L.H.S., 2013. Modeling and Optimization of Part Type Selection and Loading Problem in Flexible Manufacturing System Using Real Coded Genetic Algorithms. World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronic and Communication Engineering, 7 (4), pp.251-260.
- [15] Mahmudy, W.F., Marian, R.M., & Luong, L.H.S., 2012. Solving Part Type Selection and Loading Problem in Flexible Manufacturing System Using Real Coded Genetic Algorithms – Part I: Modeling. World Academy of Science, Engineering and Technology, 6, pp.685-691.
- [16] Mahmudy, W.F., Marian, R.M., & Luong, L.H.S., 2012. Solving Part Type Selection and Loading Problem in Flexible Manufacturing System using Real Coded Genetic Algorithms – Part II: Optimization. World Academy of Science, Engineering and Technology, 6, pp.692-696.