



**IMPLEMENTASI ALGORITMA GENETIKA DALAM PENENTUAN
RUTE OPTIMAL UNTUK KURIR KANTOR POS BERBASIS WEB
(STUDI KASUS: KANTOR POS WATES)**

Imam Ihsani¹, Andri Pramuntadi², Deden Hardan Gutama³, Dhina Puspasari Wijaya⁴
^{1,2,3,4}Program Studi Informatika, Fakultas Komputer & Teknik, Universitas Alma Ata.
183200027@almaata.ac.id, andripramuntadi@almaata.ac.id,
hardan@almaata.ac.id, dhina.puspa@almaata.ac.id
Jl. Brawijaya No.99 Yogyakarta

Keywords:

*Expedition, TSP,
Genetic Algorithm,
Google Maps, Web.*

Abstract

The expedition is an important medium in the process of sending goods by many people and various agencies. Moreover, the pandemic situation has made expedition services increase as well. The author conducted research at the Wates Post Office which is under the Indonesian Postal company, which ranks far below other private expeditions. This reduction factor is possibly due to a problem with the delivery of goods by couriers called the TSP (Traveling Salesman Problem) where couriers have difficulty determining the shortest route in delivering packages to customers at each delivery location starting from the starting point to returning to the starting point again. The solution to this problem is the application of a genetic algorithm for the delivery of goods with the output of a web-based application so that couriers can deliver goods more effectively to save distance, time, and costs. The genetic algorithm is a metaheuristic algorithm so that it can solve the problem optimally. The stages of the genetic algorithm include generating populations, individuals, and chromosomes, determining genes, determining fitness, selecting to get parents, crossover to produce offspring, and mutation, to produce solutions.

In making the application, the Google Maps API is used to display the coordinates of locations defined as genes. The design of this application uses the Waterfall method so that the manufacturing process is carried out in an orderly and structured manner. The programming language used in this design is PHP to embed the genetic algorithm on the web. The results of this study are web applications that determine route recommendations that are generated based on the shortest distance that can be passed by the courier.

Kata Kunci:

*Ekspedisi, TSP,
Algoritma Genetika,
Google Maps, Web.*

Abstrak

Ekspedisi menjadi media penting dalam proses pengiriman barang oleh banyak orang maupun berbagai instansi. Terlebih situasi pandemi yang membuat jasa ekspedisi kian ikut meningkat pula. Penulis melakukan penelitian pada Kantor Pos Wates yang berada di bawah perusahaan Pos Indonesia yang justru peringkatnya jauh berada di bawah ekspedisi swasta lainnya. Faktor penurunan ini kemungkinan karena permasalahan pengiriman barang oleh kurir yang disebut dengan *TSP (Traveling Salesman Problem)* dimana kurir kesulitan menentukan rute terpendek dalam pengantaran paket kepada pelanggan di setiap lokasi pengirimannya mulai dari titik awal sampai kembali ke titik awal lagi. Solusi permasalahan ini adalah penerapan algoritma genetika untuk pengiriman barang dengan hasil keluaran aplikasi berbasis *web* sehingga kurir dapat mengirimkan barang lebih efektif untuk menghemat jarak, waktu dan biaya. Algoritma genetika adalah algoritma metaheuristik sehingga mampu menyelesaikan masalah

sampai optimal. Tahapan algoritma genetika meliputi pembangkitan populasi, individu, kromosom, penentuan gen, penentuan *fitness*, seleksi untuk mendapatkan *parents*, *crossover* untuk menghasilkan *offspring*, mutasi, sampai menghasilkan solusi. Dalam pembuatan aplikasi digunakan API pada *Google Maps* untuk menampilkan titik koordinat lokasi yang didefinisikan sebagai gen. Perancangan aplikasi ini menggunakan metode *Waterfall* agar proses pembuatannya dilakukan secara urut dan terstruktur. Bahasa pemrograman yang digunakan dalam perancangan ini adalah *PHP* untuk menanamkan algoritma genetika pada *web*-nya. Adapula hasil dari penelitian ini adalah aplikasi *web* penentu rekomendasi rute yang di-generate berdasarkan jarak terdekat yang dapat dilalui kurir.

Pendahuluan

Jasa ekspedisi menjadi salah satu media penting dalam proses penerimaan dan pengiriman barang oleh banyak orang. Pada situasi dunia selama pandemi masyarakat benar-benar dituntut untuk menerapkan berbagai hal secara daring sehingga kegiatan transaksi, pembelajaran, jual beli, pekerjaan hingga pengiriman barang harus dilakukan secara terbatas demi menghindari kerumunan untuk mencegah persebaran *Covid* [1].

Di Indonesia sendiri ada banyak jasa ekspedisi yang menjadi pilihan masyarakat dalam melakukan pengiriman barang. Untuk perusahaan ekspedisi di sektor BUMN negara kita memiliki Pos Indonesia yang terus melakukan berbagai inovasi untuk menyaingi banyaknya jasa ekspedisi milik swasta. Masyarakat cenderung lebih meminati jasa ekspedisi lain ketimbang milik Pos Indonesia atau Kantor Pos yang dari BUMN [2]. Adapula Kantor Pos yang dijadikan tempat penelitian penulis adalah Kantor Pos Wates yang menjadi pusat Kantor Pos di Kabupaten Kulonprogo.

Traveling Salesman Problem (Permasalahan Penjual Keliling) adalah permasalahan yang melibatkan seorang kurir atau penjual keliling dalam mengantarkan kirimannya di beberapa titik pada suatu kota. Seorang pengirim tersebut harus mengirimkannya secara optimal dengan cara hanya boleh melalui satu rute untuk semua titik dari titik awal hingga kembali ke titik semula lagi tanpa melewati rute yang sama. Teori ini terbilang cukup klasik karena ditemukan pada tahun 1800-an oleh matematikawan asal Irlandia William Rowan Hamilton dan Thomas Penyngton seorang matematikawan dari Inggris [3].

Algoritma Genetika sebagai algoritma metaheuristik yang dicetuskan oleh John Holland pada tahun 1975 dalam bukunya yang berjudul "*Adaption in Natural and Artificial Systems*" dapat menjadi kunci dari permasalahan ini. Hasil optimasi dapat ditentukan setelah menentukan Kromosom, Populasi, Gen, *Fitness*, Seleksi, *Crossover*, Mutasi, dsb. Langkah-langkah yang diadopsi oleh algoritma ini mengadopsi Teori Darwin tentang evolusi yang menjelaskan proses evolusi atau mutasi genetik makhluk hidup sehingga disebut dengan Algoritma Genetika [4].

Beberapa penelitian sebelumnya pernah dilakukan oleh Rahardja dengan judul "*Penerapan Algoritma Ant Colony Optimization Dalam Menyelesaikan Traveling Salesman Problem* (Studi Kasus: PT Wahana Prestasi Logistik)" dengan keluaran aplikasi berbasis *android* untuk menentukan rute terpendek berdasarkan perilaku semut [5]. Selain itu ada penelitian milik Sinaga dengan judul "*Optimalisasi Rute Pengiriman Paket Pada Perusahaan Ekspedisi Dengan Penerapan Algoritma Genetika*" dengan keluaran berupa aplikasi berbasis *web* namun tidak menyebutkan secara spesifik untuk jasa ekspedisi mana [6]. Kemudian adapula penelitian oleh Setiyawan, dkk dengan judul "*Pencarian Jalur Terpendek Untuk Penjemputan Barang Kiriman Pelanggan Mitra* (Studi Kasus Pada Kantor Pos Malang)" dengan keluaran aplikasi berbasis *web* menggunakan algoritma A^* [7]. Selain itu penelitian milik Hasyim, Djamal dan Komarudin berjudul "*Optimalisasi Rute Obyek Wisata Di Bandung Raya Menggunakan Algoritma Genetika*" dengan keluaran rekomendasi 5 rute

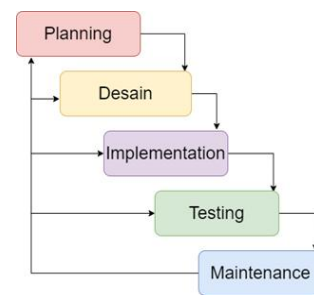
menggunakan penelitian kualitatif dan kuantitatif [8]. Dan yang terakhir penelitian berjudul "Prototype Sistem Pencarian Rekomendasi Lokasi Kerajinan Lokal di Yogyakarta Menggunakan *Traveling Salesman Problem (TSP)* Dengan Algoritma Genetika" milik Anwar, Nautami dan Wijaya yang melakukan implementasi algoritma genetika juga menjadi referensi penulis dalam penelitian ini. Perbedaannya dengan penelitian yang penulis lakukan adalah penelitian ini masih berbentuk aplikasi purwarupa atau belum final sedangkan milik penulis sudah final sehingga dapat diterapkan langsung di lapangan [9].

Metode

Dalam penyusunan penelitian ini jenis penelitian yang penulis gunakan adalah penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah penelitian yang bersifat objektif, dapat diperkirakan, dapat diukur instrumennya berupa data atau statistik yang valid dan tepat. Jadi pada dasarnya data yang dikumpulkan adalah berupa angka dengan analisis data yang dilakukan secara deduktif [10].

Pada penelitian ini Penulis melakukan wawancara semi terstruktur kepada narasumber agar memudahkan mendapatkan jawaban yang timbul dari pertanyaan yang tidak direncanakan untuk mengolah sampel awal yang akan dijadikan data primer. Alasan menggunakan wawancara semi terstruktur ini adalah agar mendapatkan hasil yang lebih mendalam. Dalam memperoleh sampel Penulis mewawancarai Manajer Proses Transportasi dan Antarannya serta Kurir-kurir di Kantor Pos Wates. Data yang diperoleh adalah berupa data lokasi pengiriman barang pelanggan yang nantinya akan diambil titik koordinat *geocode*-nya dari *Google Maps*.

Dalam proses perancangan aplikasi Penulis menggunakan metode *waterfall* atau metode air terjun agar perancangannya lebih terurut dan terstruktur seperti pada gambar 2.1 di bawah ini:



Gambar 2. 1 : Tahapan Metode *Waterfall*

Karena tahapan-tahapannya dilakukan secara terurut maka metode ini bersifat sekuensial sehingga mudah dijadikan acuan dalam proses pengembangan perangkat lunak tanpa harus melakukan tahapan yang tak terurut [11]. Tahapan pada proses ini yaitu mulai dari *Planning, Design, Implementation, Testing*, hingga *Maintenance*.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan wawancara dan kuesioner yang Penulis dapatkan dari Manajer Proses Transportasi dan Antarannya serta kurir-kurir dapat disimpulkan bahwa hampir dari separuh kurir sangat setuju dan memerlukan inovasi baru dalam mengantarkan barang atau paket. Dalam proses pengantaran pun kurir banyak yang harus melalui rute yang sama lebih dari satu kali dan dalam penemuan lokasinya masih kebanyakan masih menggunakan peta daring yang bukan bawaan dari aplikasinya yaitu *Mile App*. *Mile App* sendiri adalah aplikasi pengolahan data kiriman barang elektronik yang biasa digunakan kurir [12]. Dari permasalahan tersebut Penulis berasumsi bahwa sebagian besar kurir pun kesulitan dalam menentukan lokasi pengiriman barang.

Tak hanya permasalahan mengenai rute saja yang dialami kurir-kurir tetapi permasalahan pada penerima barang yang tidak mencantumkan nomor telepon atau *WhatsApp* yang bisa dihubungi dan nama penerima terkadang bukan menggunakan nama aslinya. Selain itu lokasi pengiriman terkadang tidak sesuai dengan alamat.

Adapun dalam persoalannya *TSP* ini dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$f(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{i,j}x_{i,j}$$

dimana $f(x)$ adalah fungsi objektif, n adalah banyaknya titik tujuan atau banyaknya gen, $d_{i,j}$ sebagai jarak dari titik i ke j dan $x_{i,j}$ sebagai titik yang dilewati dari titik i ke j [4].

Tahapan umum dalam algoritma genetika untuk mendapatkan solusi akhir adalah sebagai berikut:

a. Pendefinisian Gen dan Populasi Awal.

Gen adalah nilai atau objek yang akan membentuk suatu populasi yang akan dijadikan sampel [4]. Gen pada penelitian ini adalah titik antaran kurir. Dalam penentuan gen dan populasi awal sebagai titik lokasi pengantaran diperlukan titik koordinat *geocode* berupa *longitude* dan *latitude* milik *API Google Maps*. Dalam sampel yang akan digunakan ini Penulis menggunakan 21 titik koordinat lokasi. Di bawah ini adalah tabel 3.1 berisi *geocode* yang Penulis dapatkan dari salah satu kurir antaran yang beroperasi di wilayah Kecamatan Wates dan akan dijadikan sebagai sampel sebagai percobaan awal:

Tabel 3. 1 : Tabel *Geocode* Lokasi

No.	Nama Lokasi	Latitude	Longitude
0.	Kantor Pos Wates	- 7.8636550000 0	110.1526359
1.	Rumah di Cangkring	- 7.8850513886 8	110.1531476197 1283
2.	Rumah di Sanggrahan	- 7.8859943550 0	110.1439264147 8463
3	BTN Syariah Wates	-7.8654683	110.1552325
4.	Bank BRI Wates	- 7.8657258999 9	110.1571866
5.	Yamaha Mataram Sakti	-7.8671072	110.1668634
6.	Rumah di Durungan	- 7.8672772582 1	110.1617940595 2455

7.	SMA Maarif Wates	-7.863529	110.159062
8.	Sanggar Langit Alang-Alang	-7.867550	110.165377
9.	Balai Besar Veteriner Wates	-7.867008	110.167731
10.	Rumah di Gunung Gempal	-7.863032	110.169191
11.	Pemotongan Ayam Kedugsogo	-7.863368	110.186974
12.	Polres Kulonprogo	-7.866481	110.175339
13.	Perum BSA 2 Njoho	-7.862806	110.168729
14.	Toko Si Kembar	-7.859630	110.191405
15.	Hamaren Education Center	-7.868735	110.171669
16.	Yudha Bird	-7.879382	110.146586
17.	Cuci Mobil Doreneo	-7.866634	110.168233
18.	Ameera Hijab	-7.889145	110.139599
19.	RSU Kharisma Paramedika	-7.865167	110.154416
20.	Sekretariat RPT Binangun	-7.877528	110.159264

b. Penentuan Jarak Antar Titik .

Untuk menentukan jarak dari titik lokasi satu ke titik lokasi yang lainnya digunakan fitur rute pada *Google Maps*. Jarak antar lokasi ini akan nantinya akan dijumlahkan per individunya dan hasilnya akan dihitung sehingga menghasilkan sekumpulan *fitness* seperti pada tabel 3.2 berikut:

Tabel 3. 2 : Tabel Jarak Antar Titik

Titik	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	0	3	4.2	0.55	0.8	1.9	1.4	1.3	1.7	2	2.6	4.7	3	2.9	6.2	2.7	3.5	2	3.8	0.5	2.8
1	3	0	1.3	2.3	2.3	3.4	3	2.8	3.3	3.7	4.2	7.1	4.5	4.4	7.8	4.3	1.7	5.1	2.9	2.5	1.5
2	4.2	1.3	0	3.6	3.6	4.7	4.2	4	4.5	4.9	5.5	8.3	5.8	5.4	9	5.5	0.9	4.7	1.6	3.7	2.6
3	0.55	2.3	3.6	0	0.23	1.3	0.85	0.7	1.2	1.6	2.1	4.2	2.4	2	5.7	2.2	2.9	1.5	4.1	0.095	2.2
4	0.8	2.3	3.6	0.23	0	1.1	0.65	0.45	0.95	1.2	1.8	4.8	2.2	1.8	5.4	1.9	2.8	1.3	4.3	0.3	2.1
5	1.9	3.4	4.7	1.3	1.1	0	0.65	1.1	0.19	0.24	0.75	3.7	1.1	0.7	4.4	0.85	3.9	0.19	5.4	1.4	2.3
6	1.4	3	4.2	0.85	0.65	0.65	0	0.7	0.5	0.75	1.4	4.3	1.8	1.4	5	1.5	3.5	0.85	5	0.95	2.6
7	1.3	2.8	4	0.7	0.45	1.1	0.7	0	1	1.3	1.9	4.8	2.2	1.8	5.5	2	3.3	1.3	4.8	0.75	2.6
8	1.7	3.3	4.5	1.2	0.95	0.19	0.5	1	0	0.35	0.95	3.9	1.3	0.9	4.5	1	3.8	0.4	5.3	1.3	2.1
9	2	3.7	4.9	1.6	1.2	0.24	0.75	1.3	0.35	0	0.75	3	1	0.6	3.9	0.75	4.2	0.06	5.6	1.6	2.3
10	2.6	4.2	5.5	2.1	1.8	0.75	1.4	1.9	0.95	0.75	0	3.9	1.3	0.03	4.6	1.1	4.8	0.6	6.2	2.2	3.1
11	4.7	7.1	8.3	4.2	4.8	3.7	4.3	4.8	3.9	3	3.9	0	2.6	2.7	1.4	3.3	7.6	3.5	9.1	5.1	5.4
12	3	4.5	5.8	2.4	2.2	1.1	1.8	2.2	1.3	1	1.3	2.6	0	1.1	3.6	0.6	5.2	1.1	6.8	2.7	3.6
13	2.9	4.4	5.4	2	1.8	0.7	1.4	1.8	0.9	0.6	0.03	2.7	1.1	0	4.5	1	4.7	0.55	6.2	2.2	3.1
14	6.2	7.8	9	5.7	5.4	4.4	5	5.5	4.5	3.9	4.6	1.4	3.6	4.5	0	4	8.3	4.2	9.7	5.8	6.9
15	2.7	4.3	5.5	2.2	1.9	0.85	1.5	2	1	0.75	1.1	3.3	0.6	1	4	0	4.8	0.7	6.2	2.3	2.7
16	3.5	1.7	0.9	2.9	2.8	3.9	3.5	3.3	3.8	4.2	4.8	7.6	5.2	4.7	8.3	4.8	0	3.9	2.5	3	1.8
17	2	5.1	4.7	1.5	1.3	0.19	0.85	1.3	0.4	0.06	0.6	3.5	1.1	0.55	4.2	0.7	3.9	0	5.6	1.6	2.4
18	3.8	2.9	1.6	4.1	4.3	5.4	5	4.8	5.3	5.6	6.2	9.1	6.8	6.2	9.7	6.2	2.5	5.6	0	4	4.9
19	0.5	2.5	3.7	0.095	0.3	1.4	0.95	0.75	1.3	1.6	2.2	5.1	2.7	2.2	5.8	2.3	3	1.6	4	0	2.3
20	2.8	1.5	2.6	2.2	2.1	2.3	2.6	2.6	2.1	2.3	3.1	5.4	3.6	3.1	6.9	2.7	1.8	2.4	4.9	2.3	0

c. Pembentukan Individu dan *Fitness*.

Untuk membangun individu dapat digunakan rumus:

$S = \frac{(n-1)!}{2}$ dimana n adalah jumlah titik yang akan dituju oleh kurir [6], maka:

$S = \frac{(21-1)!}{2} = 1.216.451.004.088.320.000$

Jadi hasil dari banyaknya 21 titik dapat dibentuk sebanyak 1.216.451.004.088.320.000 individu atau rute yang kemungkinan dapat dilalui oleh kurir antaran.

Sebagai contoh Penulis akan membuat 6 individu secara acak untuk dijadikan sampel pengujian:

- 1) 0>1>4>6>12>3>20>7>2>9>18>14>5>8>10>11>15>17>16>13>19>0 = 66.4 Km
- 2) 0>19>4>13>6>16>12>17>1>3>15>20>11>7>10>2>8>9>5>14>18>0 = 70.3 Km
- 3) 0>1>3>5>7>9>2>4>6>8>10>11>13>15>17>19>12>14>16>18>20>0 = 57.5 Km
- 4) 0>10>8>6>4>2>19>17>15>13>11>1>3>5>7>9>20>18>16>14>12>0 = 63 Km
- 5) 0>8>10>4>6>19>2>15>17>11>13>3>1>7>5>20>18>9>14>16>12>0 = 71.5 Km
- 6) 0>12>16>14>9>18>20>5>7>1>3>13>11>17>15>2>19>6>4>10>8>0 = 66.5 Km

Setelah mendapatkan hasil di atas maka selanjutnya adalah tahap menemukan *fitness* dengan rumus $\frac{1}{total\ jarak}$.

- 1) 1/66.4 = 0.015
- 2) 1/70.3 = 0.014
- 3) 1/57.5 = 0.017
- 4) 1/63 = 0.015
- 5) 1/71.5 = 0.013
- 6) 1/66.5 = 0.015

Kemudian setelah itu setiap hasil akhirnya dijumlahkan seperti pada perhitungan di bawah ini:

$0.015+0.014+0.017+0.015+0.013+0.015 = 0.089.$

Hasil ini disebut total [6]. Kemudian selanjutnya adalah menentukan generasi baru dengan rumus probabilitas sebagai berikut.

$\frac{Individu[i]}{total}$, maka:

- 1) 0.015/0.089 = 0.168
- 2) 0.014/0.089 = 0.157
- 3) 0.017/0.089 = 0.191
- 4) 0.015/0.089 = 0.168
- 5) 0.013/0.089 = 0.146
- 6) 0.015/0.089 = 0.168

Dari hasil perhitungan tersebut nilai terbesar ada pada kromosom 3 sehingga dapat dijadikan sebagai generasi yang baru.

d. Seleksi.

Penulis menggunakan metode *tournament* dimana semua kromosom yakni kromosom satu dengan kromosom lain akan dibandingkan hasil *fitness*-nya kemudian hasil tersebut akan dipilih nilai yang paling bagus sehingga dapat dijadikan sebagai *parents* atau induk untuk memperoleh anak atau *offspring* [13]. Diperlukan 2 induk untuk dikawin silangkan maka dilakukan juga proses turnamen sebanyak 2 kali. Pada tahapan di bawah ini Penulis mengambil contoh kromosom yang akan diturnamenkan sebagai proses seleksi secara acak seperti pada tabel 3.3 berikut:

Tabel 3. 3 : Seleksi Tahap Pertama

Populasi	Kontestan	Jarak	Pemenang
1) 4)	1) dan 6)	1) = 66.4	1) = 66.4
2) 5)		6) = 66.5	
3) 6)	2) dan 5)	2) = 70.3	2) = 70.3
		5) = 71.5	
	3) dan 4)	3) = 57.5	3) = 57.5
		4) = 63	

Tabel 3. 4 : Seleksi Tahap Kedua

Populasi	Kontestan	Jarak	Pemegang
1)	1) dan	1) =	1) = 66.4
2)	2)	66.4	
3)		2) =	
		70.3	
	1) dan 3)	1) =	3) = 57.5
		66.4	
		3) =	
		57.5	

Dari hasil akhir seperti yang ditampilkan pada tabel 3.4 di atas dapat diketahui bahwa kromosom 1 dan 3 dapat dijadikan induk untuk proses *crossover*.

e. *Crossover*/Kawin Silang.

Karena sebelumnya kromosom 1 dan 3 terpilih sebagai pemenang turnamen maka keduanya akan dijadikan *parents* untuk dikawin silangkan sehingga membentuk *offspring* atau anak. Cara yang dilakukan yaitu dengan membagi gen pada kedua kromosom pada posisi yang sama dengan saling berpasangan kemudian memisahkan gen-gen lainnya yang tidak dipilih. Kemudian gen yang tidak dipilih tersebut diurutkan dengan syarat hanya boleh ditampilkan satu kali saja sehingga membentuk kromosom anak [14].

Kromosom 1:

0	1	4	6	12	3	20	7	2	9	18	14	5	8	10	11	15	17	16	13	19
---	---	---	---	----	---	----	---	---	---	----	----	---	---	----	----	----	----	----	----	----

Kromosom 2:

0	1	3	5	7	9	2	4	6	8	10	11	13	15	17	19	12	14	16	18	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Tahap kawin silang untuk memperoleh anak pertama:

Kromosom 1:

0	1	4	6	12	3	20	7	2	9	18	14	5	8	10	11	15	17	16	13	19
---	---	---	---	----	---	----	---	---	---	----	----	---	---	----	----	----	----	----	----	----

Kromosom 2:

0	1	3	5	7	9	2	4	6	8	10	11	13	15	17	19	12	14	16	18	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Untuk menghasilkan anak pertama maka diambil gen dari kromosom 2 yang belum ada sebagai pembentukan anak pertama secara urut. Maka diperoleh hasil *Crossover* menjadi anak pertama seperti di bawah ini:

0	1	3	4	6	11	13	7	2	9	18	14	5	8	10	15	17	19	12	16	20
---	---	---	---	---	----	----	---	---	---	----	----	---	---	----	----	----	----	----	----	----

Tahap kawin silang untuk memperoleh anak kedua:

Kromosom 1:

0	1	4	6	12	3	20	7	2	9	18	14	5	8	10	11	15	17	16	13	19
---	---	---	---	----	---	----	---	---	---	----	----	---	---	----	----	----	----	----	----	----

Kromosom 2:

0	1	3	5	7	9	2	4	6	8	10	11	13	15	17	19	12	14	16	18	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Untuk menghasilkan anak pertama maka diambil gen dari kromosom 1 yang belum ada sebagai pembentukan anak kedua secara urut. Maka diperoleh hasil *Crossover* menjadi anak pertama seperti di bawah ini:

0	1	12	3	20	7	2	4	6	8	10	11	13	15	17	9	18	14	5	16	19
---	---	----	---	----	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	---	----	----	---	----	----

f. Mutasi.

Setelah mendapatkan kedua anak dari tahap kawin silang sebelumnya, selanjutnya dilakukan tahap mutasi. Metode mutasi yang digunakan adalah *swap* atau dengan cara menukarkan gen yang dipilih secara *random* pada tiap anak yang dihasilkan [15].

Anak pertama:

0	1	3	4	6	11	13	7	2	9	18	14	5	8	10	15	17	19	12	16	20
---	---	---	---	---	----	----	---	---	---	----	----	---	---	----	----	----	----	----	----	----

Maka perubahan pada anak pertama menjadi:

0	16	3	4	6	11	13	7	2	9	18	14	5	8	10	15	17	19	12	1	20
---	----	---	---	---	----	----	---	---	---	----	----	---	---	----	----	----	----	----	---	----

Anak kedua:

0	1	12	3	20	7	2	4	6	8	10	11	13	15	17	9	18	14	5	16	19
---	---	----	---	----	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	---	----	----	---	----	----

Maka perubahan pada anak kedua menjadi:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Anak pertama = 62.7 Km.

Anak kedua = 56.8 Km.

g. Populasi Baru dan Solusi.

Setelah mendapatkan kedua anak beserta total jaraknya lalu kedua anak tersebut dibandingkan dengan populasi awal untuk menggantikan jarak yang paling panjang sehingga akan menjadi populasi baru. Proses penggantian ini disebut *elitism* [16].

Tabel 3. 5 : Tahap *Elitism*

Individu	Populasi lama	Anak	Populasi baru
1)	66.4 Km	Anak 1 = 62.7 Km Anak 2 = 56.8 Km	66.4 Km
2)	70.3 Km		62.7 Km
3)	57.5 Km		57.5 Km
4)	63 Km		63 Km
5)	71.5 Km		56.8 Km
6)	66.5 Km		66.5 Km

Dari tabel 3.5 di atas dapat diketahui bahwa sekumpulan jarak yang tercantum pada daftar populasi baru dapat diartikan sebagai generasi kedua dan sekumpulan jarak yang tercantum pada daftar populasi lama sebagai generasi pertama. Dan sementara ini jarak terpendek ada pada individu ke 5 sejauh 56.8 Km dengan rute:

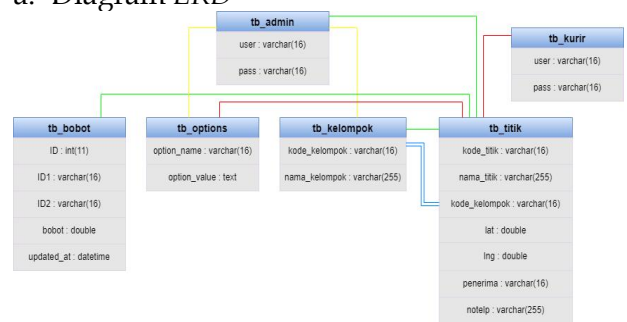
0>1>12>3>20>7>9>4>6>8>10>11>13>15>17>2>18>14>5>16>19>0.

Namun proses penemuan rute terdekat tidak hanya berhenti sampai di sini saja, sekumpulan populasi baru yang terbentuk pada generasi kedua ini akan terus dilakukan tahap *fitness*, seleksi, *crossover*, mutasi sampai *elitism* lagi dan menciptakan generasi-generasi baru selanjutnya hingga menemukan nilai yang paling optimal dan ditandai dengan jarak terpendek yang tidak berubah barulah suatu solusi dari permasalahan *TSP* ini selesai atau berhenti di generasi ke *n* [17]. Kita juga dapat menghentikan proses penemuan rute optimal

ini tergantung mau seberapa banyak pembentukan generasi yang diinginkan.

Perancangan Aplikasi

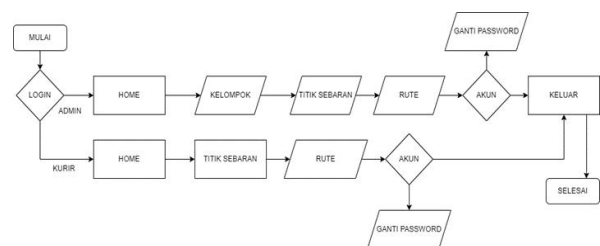
a. Diagram ERD



Gambar 4. 1 : Diagram ERD

Pada gambar 4.1 yang menggambarkan perancangan aplikasi di atas terdapat 6 buah tabel yang saling berrelasi yang tersimpan di dalam *database* untuk menyimpan kata sandi maupun *username* milik *admin* maupun kurir. Selain itu pada diagram ini juga ditampilkan untuk menyimpan titik koordinat lokasi serta besaran ukuran peta pada tabel "tb_titik" dan "tb_options". Setiap titik koordinat akan dikelompokkan pada *tb_kelompok* berdasar area kecamatan pengiriman kurir. Jarak antar lokasi disimpan pada "tb_bobot" untuk menentukan *fitness*-nya.

b. Alur Sistem Aplikasi

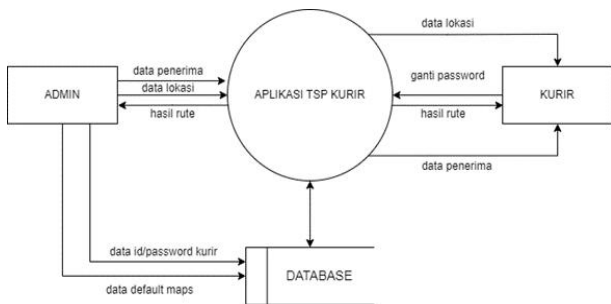


Gambar 4. 2 : Alur Sistem Aplikasi

Pada alur sistem aplikasi yang digambarkan pada gambar 4.2 di atas terdapat dua cara masuk yaitu sebagai *admin* dan sebagai kurir. Di sini *admin* bertugas untuk menginputkan maupun menyunting kelompok atau daerah pengiriman barang berupa kecamatan yang diampu setiap kurir, selain itu *admin* juga dapat melakukan penginputan maupun pengeditan

titik lokasi sebaran. Kemudian untuk sistem khusus kurir, kurir hanya bisa melihat data yang sudah diinput oleh *admin* pada laman titik sebaran yang berisi data lokasi kirim dan penerima tanpa bisa mengeditnya.

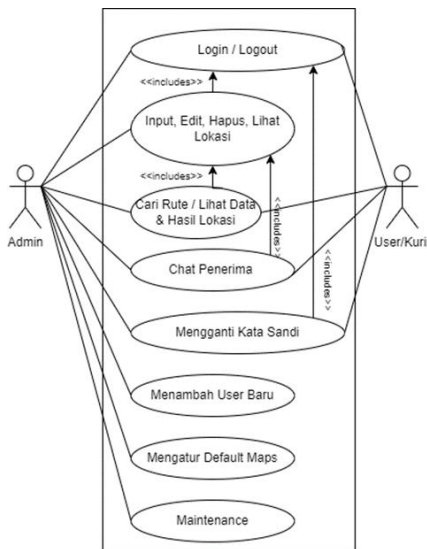
c. Data Flow Diagram



Gambar 4. 3 : Data Flow Diagram

Pada diagram DFD yang disajikan dalam gambar 4.3 di atas terdapat *admin* dan kurir sebagai pengguna yang terhubung dengan server dan aplikasinya. Jadi *admin* dan kurir adalah dua pengakses yang berbeda dengan data-data yang tersimpan pada satu database yang sama.

d. Use Case Diagram



Gambar 4. 4 : Use Case Diagram

Untuk menggambarkan interaksi antara pengguna dengan proyek aplikasi yang dibuat maka dibuatlah (UCD) Use Case Diagram dengan *admin* dan kurir sebagai actor-nya seperti gambar 4.4 di atas dimana kedua pihak *admin* dan kurir adalah orang yang

menggunakan aplikasinya. Sedangkan kedua pihak tersebut berinteraksi dengan fitur-fitur maupun konfigurasi keluar masuknya data yang terhubung dengan server dan aplikasi namun dengan syarat harus melakukan *login* ke aplikasi terlebih dahulu. Seorang *admin* melakukan *input* data titik koordinat dan data penerima serta kelompok sehingga kurir tidak perlu memasukkannya lagi secara manual dan dapat langsung melakukan pencarian rute optimal dari titik-titik koordinat yang di-*input* *admin*.

Hasil dan Pembahasan

a. Tampilan Aplikasi



Gambar 5. 1 : Laman Home

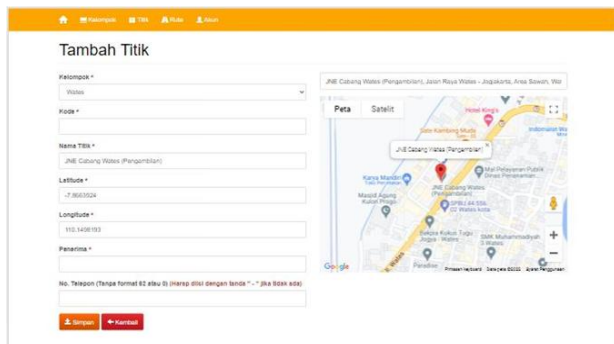
Pada laman Home seperti gambar 5.1 di atas adalah sebagai halaman awal ketika setelah memasukkan *username* dan kata sandi akan langsung diarahkan ke laman ini.

Kategori	Kode	Nama TSK	Lat	Lng	Penerima	No. Telp	Aksi
Wates	A	Kantor Pos Wates	-7.863600000000001	110.1628330	Smart	81290231946	[icon]
Wates	B	Rumahan di Gunung	-7.860011888888888	110.151476191283	Smart	81290231946	[icon]
Wates	C	Rumahan di Sanggrah	-7.860943000000000	110.1430264447643	Smart	81290231946	[icon]
Wates	D	Bank BNI SIMUBUH WATES	-7.8604883	110.1552325	Smart	81290231946	[icon]
Wates	E	Bank BRI Cabang Wates	-7.860726888888888	110.1571866	Smart	81290231946	[icon]
Wates	F	Yonuhu Muband Sakti Kurir Progi	-7.8616772	110.1688634	Smart	81290231946	[icon]
Wates	G	Rumahan di Durungan	-7.86727268218175	110.1617840552435	Smart	81290231946	[icon]
Wates	H	SMA MAARIF WATES	-7.863021000000000	110.1506024	Smart	81290231946	[icon]
Wates	I	Sanggar Lingsih Aling-aling	-7.867541000000000	110.1546277	Smart	81290231946	[icon]
Wates	J	Balai Besar Veteran Wates Yogyakarta	-7.867021000000000	110.1677884	Smart	81290231946	[icon]
Wates	K	Rumahan di Giriam	-7.862970000000000	110.1621146	Smart	81290231946	[icon]
Wates	L	Pembangunan Asim Kelungangan	-7.8623687	110.1688706	Smart	81290231946	[icon]
Wates	M	PCURUS Kurir Progi	-7.861442000000000	110.1756634	Smart	81290231946	[icon]

Gambar 5. 2 : Laman Titik Sebaran Lokasi

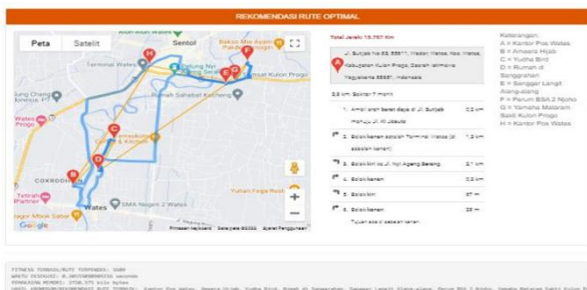
Pada gambar 5.2 di atas adalah laman titik sebaran lokasi. Ini digunakan untuk mengelola data lokasi kiriman dan penerima beserta *latitude* dan *longitude* dari Google Maps. Terdapat juga fitur *link* yang langsung menghubungkan ke nomor *WhatsApp* penerima.

Perbedaan tampilan pada versi milik kurir yaitu tidak ada fitur edit data sebaran lokasinya.



Gambar 5. 3 : Laman Tambah Titik

Gambar 5.3 di atas adalah tampilan tambah titik yang berfungsi untuk menambahkan lokasi kirim. Pada laman ini hanya bisa diakses oleh *admin* untuk menginput lokasi kirim dengan cara search melalui peta *Google Maps* yang sudah di-embed menggunakan *API*-nya.



Gambar 5. 4 : Laman Rekomendasi Hasil Rute

Setelah proses meng-generate rekomendasi rute akan ditampilkan urutan titik-titik yang harus dilalui beserta dengan garis *graph*-nya seperti pada gambar 5.4 di atas.

b. Uji Coba Aplikasi

Dalam pengujian ini Penulis menggunakan 11 titik pengantaran secara acak sudah termasuk dengan titik awal berada di Kantor Pos Wates. Banyaknya generasi dan kromosom serta rasio mutasi dengan *crossover*-pun diatur dengan *default*. Titik sebaran tersebut adalah seperti berikut:

Kantor Pos Wates, BRI Wates, Sanggar Langit Alang-Alang, Pemotongan Ayam Kedungsogo, Toko Si Kembar, Ameerah Hijab, Rumah di Cangkring, SMA Ma'arif Wates, Balai Besar Veteriner Wates, Perum BSA 2 Njoho, Yudha Bird.

- 1) Hasil pencarian rute pertama
Perolehan rute: 0-9-1-16-18- 4-11-14-7-13-8-0.
Dengan total jarak 32.2 Km.
- 2) Hasil pencarian rute kedua
Perolehan rute: 0-18-16-1-14-7-4-11-9-13-8-0.
Dengan total jarak 36.4 Km.
- 3) Hasil pencarian rute ketiga
Perolehan rute: 0-8-14-11-4-7-13-18-16-1-9-0.
Dengan total jarak 32.1 Km
- 4) Hasil pencarian rute keempat
Perolehan rute: 0-18-16-1-9-7-4-13-14-11-8-0.
Dengan total jarak 28.1 Km
- 5) Hasil pencarian rute kelima
Perolehan rute: 0-8-18-16-1-13-7-11-14-4-9-0.
Dengan total jarak 33.5 Km

Dari kelima kali proses pencarian rute di atas dapat diketahui bahwa rute terpendek ternyata dimiliki pada pencarian rute keempat dengan jarak 28.1 Km dengan rute Kantor Pos Wates > Ameerah Hijab > Yudha Bird > Rumah di Cangkring > Balai Besar Veteriner Wates > SMA Maarif Wates > Bank BRI Wates > Perum BSA 2 Njoho > Toko Si Kembar > Pemotongan Ayam Kedungsogo > Sanggar Langit Alang-Alang > Kantor Pos Wates.

Kesimpulan dan Saran

a. Kesimpulan

Setiap pencarian rute yang dilakukan ternyata mendapatkan hasil yang berbeda-beda dengan jarak yang berbeda pula. Sehingga dapat disimpulkan bahwa algoritma genetika merupakan algoritma dengan penerapan generator acak. Hasil setelah melakukan pencarian rute sebanyak 5 kali meng-generate dapat dipilih hasil yang mengeluarkan rute

terpendek sehingga algoritma genetika ini dapat digunakan untuk penyelesaian TSP terutama kurir di Kantor Pos Wates. Selain itu jumlah banyaknya generasi dan kromosom yang dibangkitkan mempengaruhi lama dan pemakaian memori dalam pemrosesan penentuan rute optimal. Jika semakin besar nilai yang dimasukkan maka waktu yang dibutuhkan serta memori yang dipakai akan lebih besar juga.

b. Saran

Untuk memecahkan kasus TSP baiknya digunakan algoritma lain agar dapat memberikan solusi yang lebih optimal dengan hasil akhir yang tidak *random*. Dan juga dalam perancangan aplikasi baiknya menggunakan bahasa pemrograman lain yang lebih banyak diminati sesuai dengan perkembangan zaman contohnya seperti *Python* yang pengkodeannya lebih ringkas.

Referensi

- [1] Prawitasari, "Implementasi Pelaksanaan Bimbingan dan Konseling di Masa Pandemi Covid-19 : A Literature Review," *Jurnal Ilmu Komunikasi, Penyuluhan dan Bimbingan Masyarakat Islam*, vol. 3, no. 2, pp. 123-130, 2020.
- [2] Sumarna & Faisal, "Pengukuran dan Perbaikan Kualitas Pelayanan PT Pos Indonesia Menggunakan Metode *Importance Performance Analysis (IPA)*," *Jurnal Logistik Bisnis*, pp. 52-55, 2020.
- [3] Madonna, "Aplikasi Metode *Nearest Neighbour* Pada Penentuan Jalur Evakuasi Terpendek untuk Daerah Rawan Gempa dan Tsunami," *Jurnal Elektron*, pp. 45-46, 2013.
- [4] Syarif, "Algoritma Genetika : Teori dan Aplikasi Edisi 2," Yogyakarta, Graha Ilmu, 2014, pp. 1-3.
- [5] Rahardja, "Penerapan Algoritma *Ant Colony Optimization* Dalam Menyelesaikan *Traveling Salesman Problem* (Studi Kasus: PT Wahana Prestasi Logistik)," Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, Jakarta, 2018.
- [6] Sinaga, "Optimalisasi Rute Pengiriman Paket Pada Perusahaan Ekspedisi Dengan Penerapan Algoritma Genetika," Repositori USU, Medan, 2019.
- [7] Setiyawan, Aji, Ririd, Rohadi & Ananta, "Pencarian Jalur Terpendek Untuk Penjemputan Barang Kiriman Pelanggan Mitra (Studi Kasus Pada Kantor Pos Malang)," *Jurnal Informatika Polinema*, vol. 05, no. 2, pp. 101-107, 2019.
- [8] Hasyim, Djamal & Komarudin, "Optimalisasi Rute Obyek Wisata Di Bandung Raya Menggunakan Algoritma Genetika," *Jurnal SNATI*, pp. 6-10, 2017.
- [9] Anwar, Nautami & Wijaya, "Prototype Sistem Pencarian Rekomendasi Lokasi Kerajinan Lokal di Yogyakarta Menggunakan *Traveling Salesman Problem (TSP)* Dengan Algoritma Genetika," *Teknoin*, vol. 22, no. 9, pp. 673-682, 2016.
- [10] Pramudyani, Penelitian Pendidikan, Yogyakarta: Suryacahya, 2018.
- [11] Pressman, Rekayasa Perangkat Lunak (Pendekatan Praktisi) Edisi 7 : Buku 1, Yogyakarta: Andi, 2012.
- [12] Fajrin, "Sistem Informasi Pelayanan Jasa Pos Surat Korporat Melalui Aplikasi *MileApp* di KCU (Kantor Cabang Utama) Pos Solo 57100," UNS Institutional Repository, Surakarta, 2022.
- [13] Inayati, "Analisa Perbandingan Metode *Roulette Wheel Selection, Rank Selection* dan *Tournament Selection* Pada

Algoritma Genetika (Studi Kasus: *Travelling Salesman Problem (TSP)*)," Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau Repository, Riau, 2010.

- [14] Wulandari, Helmi & Yudhi, "Penyelesaian *Multiple Travelling Salesman Problem (Multi-TSP)* Dengan Metode *Order Crossover* Dalam Algoritma Genetika (Studi Kasus: Data Pelanggan Agen Surat Kabar di Kota Singkawang)," *Jurnal Bimaster Untan*, vol. 8, no. 2, pp. 157-166, 2019.
- [15] Albab, Ulil & Sutikno, "Implementasi Algoritma Genetika Pada Pencarian Rute Terpendek Situs Cagar Budaya di Kota Semarang," *Insyst*, vol. 4, no. 1, pp. 32-44, 2022.
- [16] Ramadhani, Fathurrachman, dkk, "Optimasi Pendistribusian Barang Farmasi Menggunakan Algoritma Genetika," *Jurnal KLIK*, vol. 5, no. 2, pp. 159-168, 2018.
- [17] Putra & Sahari, "Optimasi Rute Distribusi Koran Radar Sulteng Palu Menggunakan Algoritma Genetika," *Jurnal Ilmiah Matematika dan Terapan*, vol. 19, no. 1, pp. 39-48, 2022.