

**VEHICLE ROUTING PROBLEM PADA DISTRIBUSI PRODUK PERTANIAN  
MENGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA (Studi Kasus di Locarvest)**

**VEHICLE ROUTING PROBLEM IN AGRICULTURE PRODUCTS DISTRIBUTION BY  
GENETIC ALGORITHM (Study Case in Locarvest)**

**M Arif Darmawan\* , Hanifa Hasna Perdana**

\*Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

Kampus IPB Darmaga, Bogor, Indonesia

E-mail: [arifdarma1@gmail.com](mailto:arifdarma1@gmail.com)

**ABSTRACT**

Distribution routing, which is also called the vehicle routing problem (VRP) is one of the problems that exist in the distribution system. Similar problems were also experienced by Locarvest, which was still in the process of manually determining distribution routes. Efficiency in the distribution process is very necessary because distribution activities require high resources and costs. Therefore, the process of determining the distribution route needed optimization. This study aims to minimize the distance and cost of distribution by searching for the shortest distribution route. These research methods include gathering consumer addresses as the main data and observing the distribution system that occurs in the field. The process of optimizing the route search is done using a genetic algorithm by applying the VRP equation model. The results of the optimization process are in the form of the shortest route and total mileage. Based on the results of the study, obtained a reduction in a total distance of 19,967 km to 20 consumer points. The efficiency obtained by implementing the optimization system is 16.50%. The application of genetic algorithm methods successfully applied in the problem of determining the distribution route in Locarvest. In the future, it is necessary to calculate the financial feasibility of implementing the distributed routing system that has writer made.

**Keywords:** Distribution, Genetic Algorithm, Vehicle Routing Problem

**ABSTRAK**

Penentuan rute distribusi yang juga disebut *vehicle routing problem* (VRP) merupakan salah satu permasalahan yang ada pada sistem distribusi. Permasalahan serupa juga dialami oleh Locarvest yang masih melakukan proses penentuan rute distribusi secara manual. Efisiensi dalam proses distribusi sangat diperlukan karena kegiatan distribusi memerlukan sumberdaya dan biaya yang cukup tinggi. Oleh karena itu, diperlukan optimasi dalam proses penentuan rute distribusi. Penelitian

ini bertujuan meminimumkan jarak dan biaya distribusi dengan melakukan pencarian rute distribusi terpendek. Metode penelitian ini diantaranya adalah pengumpulan alamat konsumen sebagai data utama dan pengamatan sistem distribusi yang terjadi di lapangan. Proses optimasi pencarian rute dilakukan menggunakan algoritma genetika dengan menerapkan model persamaan VRP. Hasil dari proses optimasi yaitu berupa rute dan total jarak tempuh terpendek. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan pengurangan total jarak tempuh 19.967 km terhadap 20 titik konsumen. Efisiensi yang diperoleh dengan menerapkan sistem optimasi yang dibuat adalah sebesar 16.50%. Penerapan metode algoritma genetika dapat diterapkan dalam permasalahan penentuan rute distribusi di Locarvest. Kedepannya perlu dihitung kelayakan secara finansial dari penerapan sistem penentuan rute distribusi yang telah dibuat.

**Kata kunci:** Algoritma Genetika, Distribusi, Vehicle Routing Problem

## PENDAHULUAN

*Locarvest* merupakan bisnis *start-up* yang memberikan layanan jasa berupa pengiriman produk pertanian (pangan) yang segar dan berkualitas kepada konsumen. Salah satu bagian penting dalam proses bisnisnya adalah kegiatan distribusi produk kepada konsumen. Pemenuhan permintaan konsumen terhadap produk merupakan tujuan utama guna menjaga kepercayaan konsumen. Mengingat jenis produk yang disediakan oleh *Locarvest* adalah produk pertanian, maka terdapat tantangan tersendiri dalam proses distribusinya. Hal ini pun merupakan salah satu fokus masalah yang dihadapi oleh manajemen operasional *Locarvest*. Hal ini disebabkan oleh sifat komoditas pertanian yang kaku dan mudah rusak. Berdasarkan The World Bank (2015), kegiatan logistik dan distribusi dinilai sebagai kegiatan yang membutuhkan biaya besar dan penerapannya di Indonesia sangat tidak efisien. Oleh karena itu, untuk meminimumkan resiko kerusakan dan meminimumkan biaya, distribusi kepada konsumen perlu dilakukan dengan cepat dan efisien. Upaya efisiensi yang dapat dilakukan yaitu dengan proses penentuan rute distribusi. Penentuan rute terhadap titik-titik pengiriman konsumen yang tersebar di suatu area diduga mampu mempersingkat waktu distribusi dan menurunkan resiko kerusakan. Efisiensi pada sistem distribusi akan menurunkan biaya operasional (terutama biaya distribusi).

Kasus distribusi yang terjadi di *Locarvest* dapat dipandang sebagai *Vehicle Routing Problem* (VRP). VRP merupakan kondisi dimana armada pengiriman memiliki kapasitas, titik-titik pengiriman, dan memiliki titik keberangkatan yang sama dengan titik akhir (depot). Setiap titik pengiriman hanya boleh didatangi satu kali oleh satu armada (Masum *et al.* 2011). Rute yang dihasilkan dibuat untuk meminimumkan total biaya pengiriman. Penyelesaian kasus VRP ini dapat diselesaikan dengan algoritma genetika. Algoritma genetika merupakan metode optimasi yang kuat

dan adaptif. Hal tersebut didasarkan pada prinsip algoritma genetika yang terinspirasi oleh genetika dan evolusi alam yang mampu mendapatkan solusi optimum dari permasalahan (linier atau non-linier) melalui lingkup penyelesaian yang luas (Arkeman *et al.* 2012). Algoritma genetika dinilai mampu menyelesaikan permasalahan yang kompleks dalam waktu yang singkat (Mahmudy *et al.* 2014). Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi proses bisnis di Locarvest dan menerapkan metode algoritma genetika dalam pembuatan perangkat lunak penentuan rute distribusi

## METODE

### Pengumpulan Data

Pengambilan data dilakukan di Locarvest, Bandung, Jawa Barat. Data yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah data kualitatif dan kuantitatif yang didapatkan dari data primer (observasi lapang dan wawancara). Data dan informasi yang diperlukan diantaranya sistem distribusi, sistem penentuan rute, jumlah armada, spesifikasi armada, dan alamat konsumen.

### Pembentukan Model VRP

Pemodelan awal terdiri dari 3 (tiga) tahapan yaitu identifikasi variabel keputusan, identifikasi kendala dan perumusan fungsi tujuan (Siregar 2012). Berikut uraian mengenai setiap tahapan pemodelan awal VRP;

#### 1. Identifikasi variabel keputusan

Tahap ini merupakan dasar utama dari kegiatan selanjutnya dalam pengembangan model keputusan. Variabel-variabel keputusan adalah variabel yang mempengaruhi proses pengambilan keputusan. Variabel didapatkan dari hasil pengamatan di lapangan. Bentuk solusi yang direpresentasikan dalam bentuk kromosom pada algoritma genetika akan didasari oleh bentuk variabel keputusan yang ada.

#### 2. Identifikasi kendala-kendala

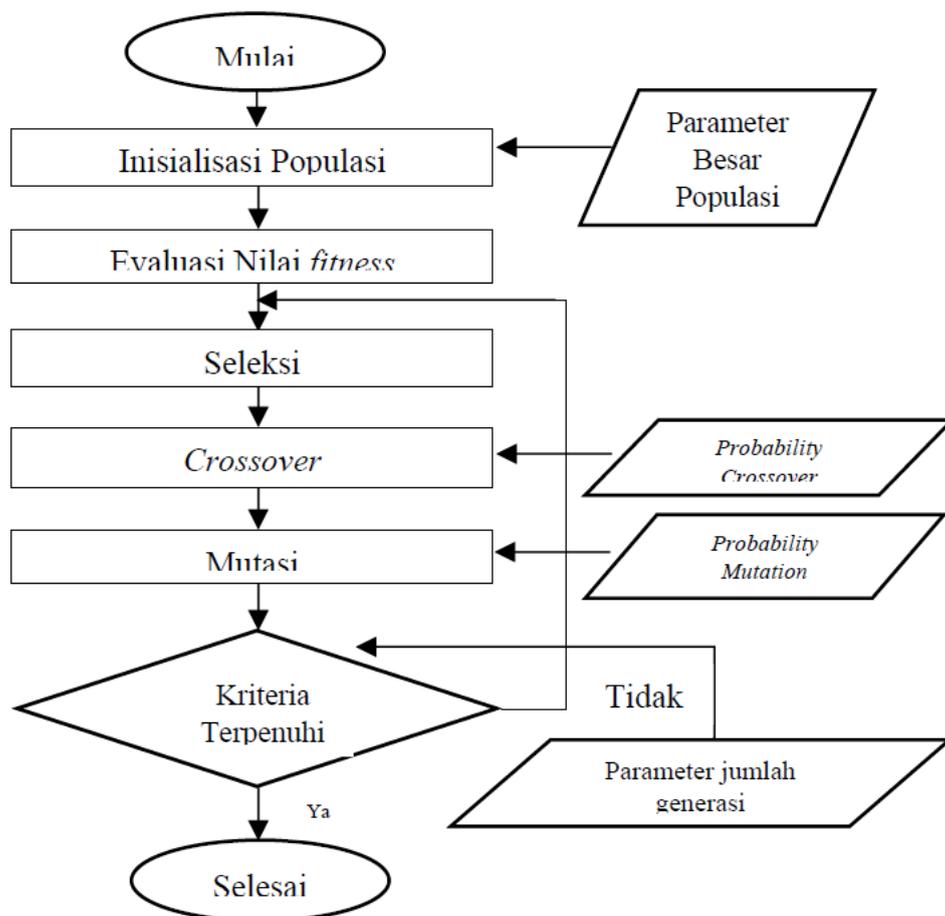
Kendala yang teridentifikasi di lapangan akan menjadi batasan pada model yang ada. Kendala atau batasan yang ada mempengaruhi variabel keputusan. Hubungan antar batasan dan variabel keputusan bersifat saling mempengaruhi, timbal balik ataupun saling menunjang. Bentuk matematis dibuat dari batasan-batasan yang ada.

#### 3. Perumusan fungsi tujuan

Fungsi tujuan adalah fungsi dari variabel keputusan yang akan dimaksimumkan atau diminimumkan. Pada penelitian ini fungsi tujuannya adalah meminimumkan total biaya pendistribusian. Fungsi tujuan dibuat secara matematis. Pengujian nilai *fitness* pada algoritma genetika akan disesuaikan dengan fungsi tujuan yang ada.

## Penyelesaian dengan Algoritma Genetika

Pendekatan penyelesaian masalah optimasi menggunakan algoritma genetika dilakukan dengan pendekatan sistem, untuk menentukan kombinasi paling optimal sebagai outputnya. Pendekatan sistem adalah penyelesaian masalah dengan cara mengidentifikasi kebutuhan dalam masalah guna menghasilkan suatu sistem operasi efektif (Eriyatno 2003). Analisis metode genetika algoritma dilakukan dengan 6 (enam) tahap yaitu pembentukan populasi awal, evaluasi, seleksi, rekombinasi (*crossover*), mutasi dan pembentukan generasi baru.



Gambar 1 Diagram Proses Algoritma Genetika (Jacobson dan Kanber 2015)

## System Development Life Cycle (SDLC)

Pembentukan perangkat lunak penentuan rute distribusi dalam penelitian ini mengacu pada SDLC. SDLC merupakan salah satu teknik manajemen proyek pembuatan perangkat lunak. Proses pembentukan perangkat lunak terdiri dari berbagai tahapan, mulai dari perencanaan hingga bagaimana *software* tersebut dapat digunakan (Ragunanth *et al.* 2010). Melalui SDLC, pembuatan *software* dilakukan dalam 5 (lima) tahapan yaitu;

- Tahapan analisis bertujuan untuk menentukan permasalahan dan penyelesaian permasalahan tersebut. Tujuan dan batasan dari permasalahan dijelaskan pada tahapan analisis.
- Tahapan perancangan merupakan tahapan merancang arsitektur sistem yang akan dibuat

meliputi identifikasi sistem abstraksi dan keterkaitannya (Sommerville 2016). Pembuatan *data flow diagram*, *use case* dan *class diagram* akan dilakukan dalam proses perancangan arsitektur.

- Tahapan implementasi adalah proses pembuatan perangkat lunak, pengembangan perangkat lunak dilakukan menggunakan bahasa pemrograman java melalui IDE Eclipse. Input berupa jarak antar titik konsumen dibuat dalam bentuk database pada MySQL dengan bahasa SQL. Data jarak antar titik konsumen diambil melalui fitur *Distance Matrix* API.
- Tahapan pengujian (*testing*) merupakan proses verifikasi dan validasi perangkat yang telah dibuat. Verifikasi dan validasi untuk mengetahui apakah sistem yang dibuat memiliki penerapan metode dan fungsi yang sesuai dengan tahapan yang benar dan diinginkan (Swengky 2019).
- Tahapan operasi dan pemeliharaan merupakan tahapan penggunaan sistem secara menyeluruh oleh pengguna serta pemeliharaan sistem kedepannya. Pada penelitian ini, tahapan *operate and maintenance* tidak dilakukan.



Gambar 2 Diagram *System Development Life Cycle* (SDLC) (Amrillah 2009)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Tentang Perusahaan

Locarvest merupakan start-up yang bergerak dibidang pertanian. Berfokus pada penyediaan produk pangan segar seperti sayur, buah, daging serta olahannya. Visi dari Locarvest yaitu mengurangi *gap* antara petani dengan konsumen akhir terhadap produk pangan dan pertanian khususnya di wilayah perkotaan dengan memotong rantai pasok. Kantor Locarvest berlokasi di Jl. Sinom no.10 Turangga, Lengkong, Kota Bandung. Produk yang dijual oleh Locarvest diantaranya aneka sayur, buah, daging ayam, produk olahan pertanian dan produk siap makan (seperti salad). Pembelian dilakukan dengan sifat *pre-order*. Proses bisnis yang dilakukan di Locarvest diantaranya adalah input pesanan dari konsumen, pemesanan ke pemasok, pengemasan dan pengiriman.

#### 1. Input Pesanan Konsumen

Pengiriman produk dilakukan setiap Selasa, Kamis dan Sabtu sehingga pemesanan oleh konsumen dilakukan maksimal H-1 sebelum jadwal pengiriman. Pemesanan dapat dilakukan sebelum

pukul 17.00 WIB kepada admin. Setelah waktu pemesanan tutup, data total barang yang dipesan direkap untuk selanjutnya menjadi data pemesanan kepada pemasok.

## 2. Pemesanan Produk ke Pemasok

Pemesanan dilakukan terlebih dahulu untuk dilanjutkan dengan pemesanan produk kepada pemasok. Mitra petani dan UMKM yang bekerjasama dengan Locarvest berlokasi di Pangalengan, Cimahi dan Lembang. Pemesanan produk ke pemasok dilakukan H-1 sebelum jadwal pengiriman. Produk dari pemasok akan datang atau diambil (di titik pertemuan) pada jangka waktu 22.00 – 00.00.

## 3. *Quality Check* dan pengemasan

Kegiatan dilanjutkan dengan *quality check* dan mengemas produk dan membagi produk ke setiap kantong belanja konsumen. *Quality check* dilakukan dengan memperhatikan kualitas produk. Kemasan primer yang digunakan untuk melapisi produk diantaranya *plastic wrap* dan *paper bag*. Produk dikemas sesuai dengan standar berat yang dijual. Kemasan sekunder untuk menggabungkan pesanan masing-masing konsumen adalah kantong plastik putih. Setiap kantong belanja konsumen diberi nota, kontak konsumen dan alamat konsumen.

## 4. Pengiriman / Distribusi

Kegiatan pengiriman atau distribusi dilakukan mulai pukul 06.00 – 11.00. Distribusi dilakukan oleh kurir menggunakan armada berupa motor. Armada dilengkapi dengan kontainer berukuran 60 Liter. Locarvest memiliki dua orang kurir yang bertugas dalam kegiatan operasional termasuk distribusi produk kepada konsumen. Sebelum kurir berangkat menuju berbagai titik konsumen, rute atau urutan distribusi ke setiap titik konsumen ditentukan terlebih dahulu oleh bagian operasional. Setiap satu kali perjalanan distribusi, estimasi kantong yang dapat dikirimkan adalah maksimal 7 kantong. Oleh karena itu, dengan rata-rata jumlah konsumen setiap harinya 20 konsumen, kurir harus melakukan beberapa kegiatan bolak-balik ke kantor/ gudang.

Penentuan rute distribusi oleh bagian operasional dilakukan dengan cara konvensional atau menggunakan nalar. Titik-titik konsumen dipetakan menjadi beberapa area, misalnya area Bandung Utara, Barat, Timur dan Selatan. Alat bantuan yang digunakan biasanya adalah *Google Maps* untuk melihat titik alamat konsumen berada. Rute yang dibuat berupa urutan tujuan konsumen (1 sampai total jumlah konsumen), namun tanpa memperhitungkan kapasitas armada dan jarak antar seluruh titik konsumen.

### **Formulasi Model *Vehicle Routing Problem***

Berdasarkan hasil identifikasi, variabel yang terdapat pada sistem distribusi diantaranya kapasitas armada, pemasok (depot), titik permintaan (konsumen) dan jarak. Variabel-variabel keputusan pada model ini disimbolkan menjadi  $X_{ij}$ . Dimana  $X_{ij}$  akan menentukan apakah armada melakukan perjalanan dari  $i$  menuju ke  $j$ . Jika perjalanan dilakukan  $X_{ij}$  bernilai 1, selainnya akan bernilai 0

dengan nilai  $i, j \geq 0$ . Fungsi tujuan dari permasalahan ini bersifat tunggal. Model bertujuan untuk meminimasi total biaya pendistribusian berdasarkan jarak yang ditempuh sehingga fungsi tujuan dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Minimasi} \quad z = r \sum_i^N \sum_j^N C_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

Keterangan :

$z$  = total biaya distribusi

$r$  = konstanta biaya distribusi per-kilometer

$N$  = jumlah titik permintaan

$C_{ij}$  = jarak tempuh dari  $i$  menuju  $j$

$X_{ij}$  = armada melewati titik  $i$  menuju  $j$

dengan  $X_{ij}$  menentukan apakah armada melewati jalur  $ij$  dan  $C_{ij}$  merupakan jarak yang ditempuh armada melewati jalur  $ij$ . Sedangkan  $r$  merupakan biaya distribusi (per-kilometer). Kendala dalam model VRP diantaranya kapasitas armada, ketentuan kembali ke depot dan permintaan. Kendala-kendala yang ada diformulasikan sebagai berikut:

$$\sum_i^N \sum_j^N X_{ij} \leq 7 \quad (2)$$

Batasan di atas menyatakan bahwa kapasitas armada sebanyak 7 kantong. Pada permasalahan ini diasumsikan setiap 1 titik konsumen memiliki permintaan sebanyak 1 kantong.

$$\sum_{i=0}^N X_{ij} = 1 \quad , j = 1, 2, \dots, 7 \quad (3)$$

Batasan ini menyatakan bahwa setiap konsumen hanya dikunjungi tepat satu kali.

$$X_{ij} \in \{0,1\} \quad , \forall (i,j) \in N \quad (4)$$

$X_{ij}$  merupakan variabel keputusan yang bernilai 0 atau 1.

$$\sum_{i=0}^N X_{il} - \sum_{j=0}^N X_{lj} = 0 \quad , l = 0, 1, \dots, N \quad (5)$$

Kendaraan mengunjungi titik  $l$  dari  $i$  maka armada harus meninggalkan  $l$  menuju  $k$ .

$$\sum_{i=1}^N X_{ij} = 1 \quad , j = 0 \quad (6)$$

Batasan di atas menunjukkan apabila kapasitas armada sudah penuh, maka perjalanan diselesaikan dengan kembali ke depot.

### Penerapan Algoritma Genetika

Proses algoritma genetika dimulai dengan pembentukan populasi awal. Populasi terdiri atas kumpulan kromosom yang dibentuk secara acak. Kromosom akan berisikan solusi dari permasalahan yang ada yaitu rute distribusi (urutan pengiriman). Ukuran dari kromosom yaitu sebesar jumlah titik konsumen ( $N$ ) yang harus dikunjungi, dalam hal ini 20 titik (20 gen). Ilustrasi dari kromosom yang

dibentuk ada pada Gambar 3.

n1	n2	n3	n4	.....													n20		
3	11	9	7	2	4	1	5	6	19	15	8	16	18	10	17	20	13	14	13

Gambar 3 Representasi Kromosom

**Evaluasi Nilai *Fitness***

Evaluasi nilai fitness adalah uji untuk menentukan nilai 'kebugaran' setiap kromosom/solusi. Nilai fitness menunjukkan tingkat kualitas dari solusi (Alabsi dan Naoum 2012). Cara menguji nilai fitness yaitu berpanduan pada fungsi tujuan yang sudah dibuat sebelumnya pada pemodelan fungsi tujuan (1), dimana nilai fitness yang digunakan seperti persamaan (7). Mengingat nilai *r* merupakan konstanta, maka pada sistem dapat diabaikan terlebih dahulu. Sehingga, yang dicari yaitu total jarak terpendek. Pada permasalahan ini, nilai fitness yang dicari adalah nilai minimal paling optimum, atau total jarak terpendek.

$$Fitness = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \tag{7}$$

**Seleksi**

Tahapan seleksi merupakan proses dimana kromosom diseleksi berdasarkan nilai fitness value nya. Semakin baik nilai fitness, maka kemungkinan besar kromosom tersebut terpilih semakin besar. Tujuan dari tahapan seleksi ini yaitu untuk menentukan kromosom-kromosom yang akan menjadi induk pada tahapan rekombinasi (crossover dan mutasi). Seleksi dilakukan menggunakan teknik *Stochastic Universal Sampling* (SUS). SUS merupakan teknik seleksi dengan pemilihan N jumlah kromosom dalam sekali putaran sampling. Setiap kromosom memiliki besar bagian sesuai *Fitness* kromosomnya. Sejumlah N pointer awal diberikan setiap 1/N. Nilai acak diambil untuk memutar populasi dan menentukan N kromosom yang terpilih (Pencheva *et al.* 2009).

$$Rataan Fitness Value (RFV) = \frac{\sum_{i=1}^n Fitness Value}{n kromosom} \tag{8}$$

**Crossover**

*Crossover* adalah proses utama dalam algoritma genetika. Tujuan dari dilakukannya crossover adalah untuk memperluas area pencarian guna mempercepat ditemukannya hasil optimum (Arkeman *et al.* 2012). Tahapan ini mempertemukan dua induk untuk menghasilkan anak/ keturunan. Probabilitas terjadinya *crossover* ditentukan oleh parameter *probability of crossover* (pc) yang umumnya bernilai antara 0.6-1. Teknik *crossover* yang digunakan adalah *Partially-Mapped Crossover* (PMX). Berikut ilustrasinya;



Gambar 4 Ilustrasi *Partially-Mapped Crossover*

## Mutasi

Tahapan berikut berfungsi untuk memperluas area pencarian dengan melakukan perubahan pada sejumlah gen. Terjadinya mutasi ini sangatlah kecil kemungkinannya yaitu 0.001 - 0.2 dari total gen dalam populasi (*probability of mutation*). Pada mutasi ini diharapkan mampu mengatasi kemungkinan terjebaknya hasil algoritma pada *local optima* dengan memunculkan gen yang baru dan mengembalikan gen sebelumnya (Arkeman *et al.* 2012). Selain itu juga, mutasi mampu mempercepat penemuan hasil optimum. Teknik mutasi yang digunakan pada permasalahan VRP kali ini yaitu, *insertion*. *Insertion* adalah proses mutasi dengan memilih dua titik gen pada kromosom, dimana titik kedua ditarik untuk mendekati titik ke satu dan yang lainnya mengikuti (Soni dan Kumar 2014).

## Seleksi II

Guna mencegah keterlambatan tercapainya konvergensi, Jebari dan Madiafi (2013) menyarankan untuk menggunakan dua teknik seleksi dalam algoritma. Teknik seleksi kedua yang dipilih yaitu elitisme. Elitisme merupakan teknik seleksi yang hanya memilih individu yang bernilai *fitness* tinggi dimana hal tersebut akan mempercepat proses konvergensi. Tahap elitisme akan mempertahankan individu yang memiliki nilai *fitness* tinggi untuk dijadikan induk pada populasi generasi selanjutnya. Melalui penerapan dua teknik seleksi, diharapkan keduanya akan saling menyeimbangkan proses pencarian.

## *System Development Life Cycle (SDLC)*

### 1. Tahapan Analisis

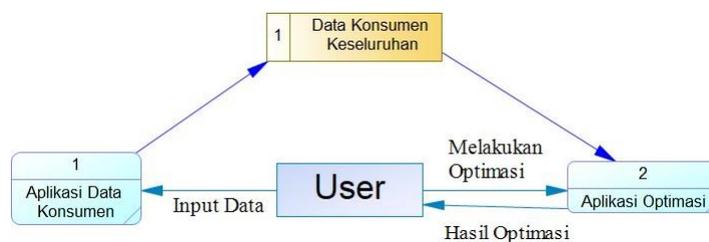
Tahapan analisis berisikan perumusan masalah yang terjadi, dimana pada penelitian ini yaitu mengenai efektivitas kegiatan distribusi khususnya penentuan rute. Perumusan masalah telah dilakukan pada sub-bab *Vehicle Routing Problem* mengenai fungsi tujuan dan batasan dari model permasalahan penentuan rute distribusi. Tujuan dari rumusan yang telah dibuat pada persamaan (1) adalah minimasi biaya distribusi. Batasan yang dimiliki oleh penentuan rute distribusi ada pada persamaan (2) hingga (6).

Kegiatan utama dari sistem yang dibangun adalah membuat rute distribusi. Sedangkan data utama yang digunakan adalah alamat (titik) pengiriman dan lokasi depot. Data pendukung yang dibutuhkan

diantara lain yaitu kapasitas armada, nama konsumen, dan parameter algoritma genetika. User pada perangkat lunak yang akan digunakan adalah manajer operasional Locarvest. Mengingat user merupakan orang awam terhadap bahasa pemrograman, proses pemasukan data berupa alamat lebih baik dilakukan melalui tampilan antarmuka.

## 2. Tahapan Perancangan

Pengembangan perangkat lunak optimasi penentuan rute distribusi, sebelumnya membutuhkan gambaran yang jelas dan mudah dimengerti mengenai bagaimana perangkat lunak yang dibangun akan bekerja. Alat representasi grafis yang dapat digunakan diantaranya yaitu *Data Flow Diagram* (DFD) dan *Class Diagram*. Pembuatan DFD dan *class diagram* dilakukan menggunakan perangkat lunak PowerDesigner ver 16.6. Pada Gambar 5, DFD level 0 menggambarkan dengan sederhana bagaimana sistem bekerja.

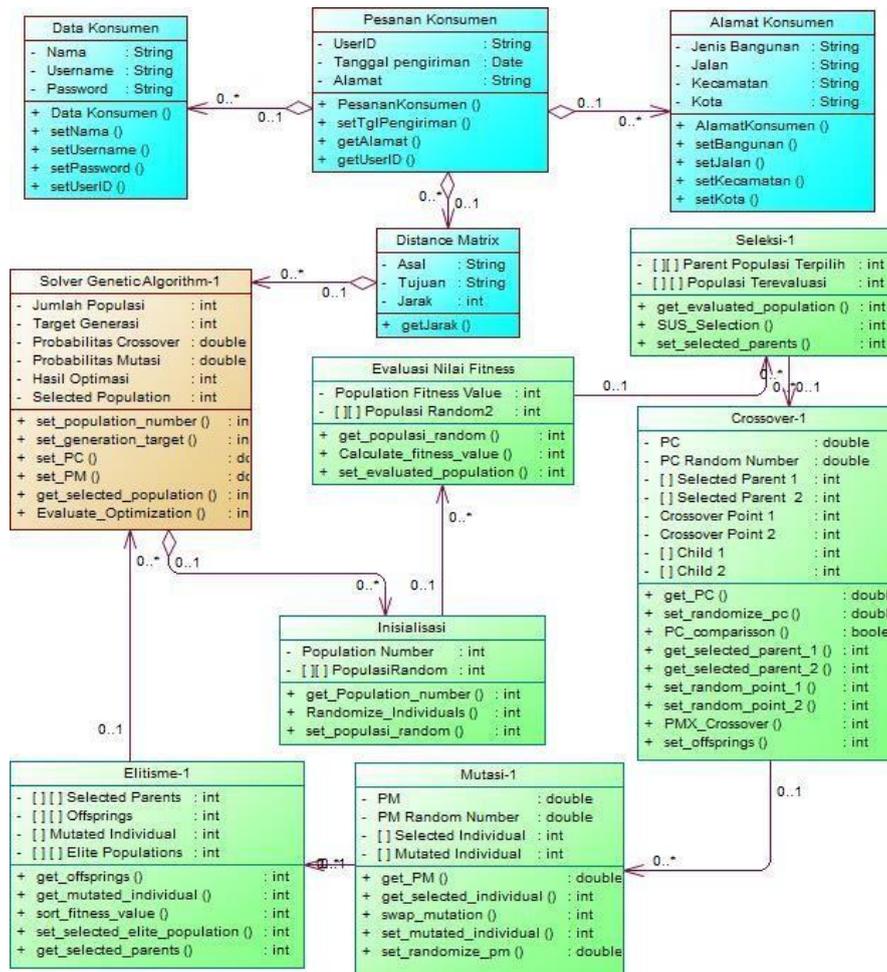


Gambar 5 DFD level 0

Sistem optimasi rute distribusi terdiri atas dua sub sistem yaitu aplikasi pencatatan data konsumen dan aplikasi optimasi. Aplikasi data konsumen berfungsi untuk menyimpan seluruh data pesanan konsumen yang akan digunakan pada proses optimasi. Data pesanan konsumen yang dimasukkan diantaranya, nama, used ID, alamat (jenis bangunan, jalan, kecamatan dan kota/kabupaten). Proses selanjutnya dilakukan pada aplikasi optimasi. Aplikasi optimasi akan mengolah data konsumen untuk dioptimasi menggunakan metode algoritma genetika dan parameter-parameter di dalamnya. Seluruh data yang masuk ke dalam aplikasi data konsumen selanjutnya akan disimpan di dalam database sehingga tidak memerlukan proses input data ulang setiap akan melaksanakan proses optimasi.

Gambar 6 memperlihatkan *class diagram* dari perancangan perangkat lunak penentuan rute distribusi. *Class diagram* mampu mempermudah proses pembuatan perangkat lunak pada IDE Eclipse menggunakan bahasa java dan penyimpanan data pada server My SQL. Berdasarkan *class diagram* pada Gambar 6, data konsumen berupa nama, username, password terlebih dahulu diinput pada *class Data Konsumen*. Pada sisi lain, pada alamat konsumen diinput melalui class Alamat Konsumen. Data yang ada pada *class Data Konsumen* dan *class Alamat konsumen*, kemudian

dilanjutkan ke class rekapan seluruh konsumen yaitu *class* pesanan konsumen. Data yang terkumpul disimpan di pangkalan data. MySQL Setelah data yang diinginkan telah terhimpun, data mengenai



alamat konsumen diambil kembali pada class *Distance Matrix*. Pada class *Distance Matrix*, terdapat *method* *getJarak()* yang berfungsi untuk mencari jarak antar titik alamat konsumen. Method tersebut berisikan *Google Distance Matrix API* yang mampu menentukan secara otomatis jarak antara dua titik alamat. Pada *method* tersebut juga dilakukan pembuatan bentuk data berupa *array* yang berisikan setiap kombinasi permutasi dari antar dua titik konsumen yang akan menjadi modal data yang akan diolah dalam optimasi dengan algoritma genetika.

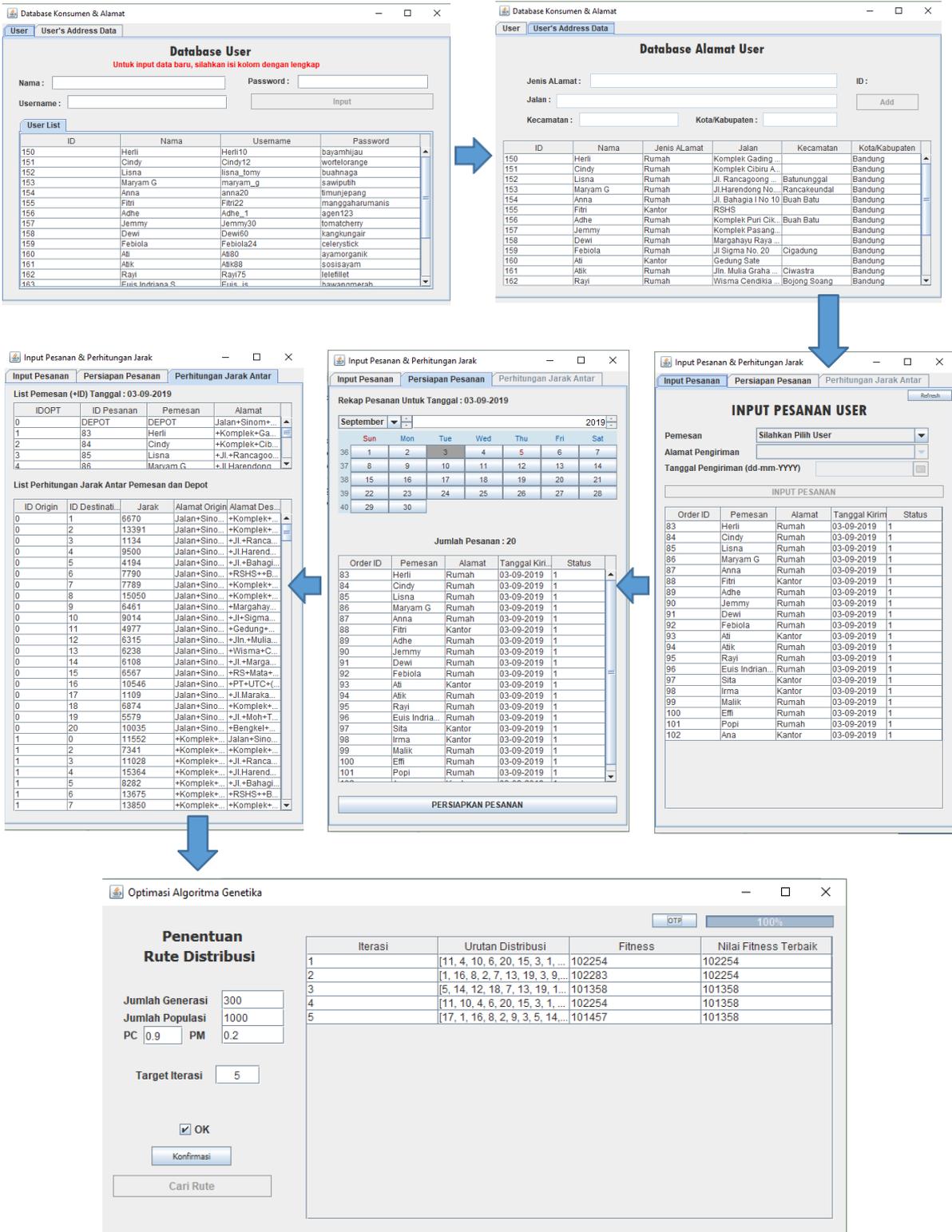
Gambar 6 Class diagram perangkat lunak Pada

Proses optimasi penentuan rute distribusi dengan algoritma genetika dimulai dari *class Solver Genetic Algorithm-1*. Pada *class* tersebut terlibat beberapa atribut berupa parameter-parameter algoritma genetika diantaranya jumlah populasi, target generasi, probabilitas *crossover* dan probabilitas mutasi. Besaran nilai parameter yang digunakan berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan. Nilai parameter yang dipilih akan digunakan oleh *class* algoritma genetika yaitu inisialisasi populasi, evaluasi nilai *fitness*, seleksi I, *crossover*, mutasi dan seleksi II elitisme.

Pada *class Inisialisasi* dihasilkan *array double* `[][]` *PopulasiRandom* dengan tipe data integer. Dimana pada tahapan ini merupakan tahapan pertama algoritma genetika yaitu inisialisasi populasi. Inisialisasi populasi menghasilkan urutan yang acak dan tanpa pengulangan melalui *method Randomize\_Individuals()*. Seberapa besar populasi yang dihasilkan diperoleh dari *getter method get\_Population\_number()* dimana besar populasi tersebut diambil dari atribut jumlah populasi pada *class* sebelumnya. Jumlah populasi yang sudah ditentukan diawal bersifat tetap. Populasi yang berisikan kromosom yang sudah terbentuk selanjutnya diuji nilai *fitness*-nya pada *class Evaluasi Nilai Fitness*. Pada *class* ini dilakukan perhitungan nilai *fitness* tiap kromosom dalam populasi dengan *method Calculate\_fitness\_value()*. *Method* yang digunakan berisikan model fungsi tujuan untuk menghitung nilai *fitness* kromosom. Perhitungan nilai *fitness* melibatkan persamaan (1) dan (2) pada model VRP. Dimana pada persamaan (2) kapasitas yang dimiliki armada sebesar 7 kantong, sehingga setiap per-tujuh titik pengiriman, armada akan kembali ke titik depot. Setelah setiap kromosom memiliki nilai *fitness*-nya masing-masing seperti pada Gambar 10, maka proses selanjutnya yaitu tahap seleksi I. Tahapan seleksi I dilakukan di *class Seleksi-I* dengan *method SUS\_Selection()* seperti pada Gambar 11, guna mendapatkan kromosom terbaik. Tahapan selanjutnya yaitu *crossover*. Pada *class crossover* dilakukan persilangan antar kromosom dengan *method PMX\_Crossover()*. Probabilitas *crossover* yang telah ditetapkan angkanya diawal yaitu atribut *Probabilitas crossover()*. Individu atau kromosom yang telah terpilih melalui *crossover*, maka akan berlanjut ke tahapan mutasi.

Pada *class Mutasi-I*, akan dilakukan pencekan kembali mengenai besaran nilai *fitness*. Tahapan mutasi pada sistem akan dikerjakan oleh *class Mutasi-I*, lebih tepatnya dengan *method swap\_mutation()*. Probabilitas mutasi yang ditentukan pada *class Solver Genetic Algorithm-I* akan digunakan pada *class Mutasi-I* ini dengan memanggil *getter method get\_PM()*. Setelah terbentuk kromosom hasil mutasi tersebut, dilanjutkan dengan tahapan seleksi II yaitu elitisme. Pada elitism ini, setiap kromosom dinilai kembali nilai *fitness*-nya. Hal ini dilakukan guna mempermudah proses pengurutan berkas dan penentuan hasil optimasi. Elitisme hanya akan memilih nilai *fitness* kromosom yang paling tinggi diantara satu populasi kromosom. *Method* yang pertama digunakan adalah *method sort\_fitness\_value()* untuk mengurutkan nilai *fitness* yang ada dalam satu populasi dan *set\_selected\_elite\_population()* untuk mengambil data mengenai kromosom yang lolos seleksi II. Tahapan selanjutnya yaitu *looping* kembali ke *class genetic algorithm* hingga target jumlah generasi tercapai. Jumlah target generasi yang telah dipilih sebelumnya merupakan *stopping criteria* untuk algoritma bekerja. Hasil rute distribusi yang telah dioptimasi akan ditampilkan pada antarmuka dari perangkat lunak.

### 3. Tahapan Implementasi



Gambar 7 Alur penggunaan aplikasi penentuan rute distribusi

### 4. Tahapan Pengujian

Algoritma genetika yang sudah dibuat terlebih dahulu diuji performanya dalam menyelesaikan masalah. Verifikasi telah dilakukan dengan bantuan Ms.Excel untuk menghitung hasil jarak optimasi dan telah sesuai dengan model matematis yang diharapkan. Uji validasi dilakukan dengan cara mengoperasikan algoritma yang sudah dibuat terhadap data pada TSPLIB. Hasil optimum yang dimiliki *library* TSPLIB dibandingkan dengan nilai optimum yang dihasilkan oleh sistem algoritma genetika yang sudah dibuat. *Library* TSPLIB yang digunakan diantaranya att48 dan eil51. Uji dilakukan terhadap berbagai literatur yang ada.

Tabel 1 Peforma sistem terhadap library

Library	Nilai Optimal	Hasil Terbaik	Performa
ATT48	33503	33676	99,5%
EIL51	415	420	98,9%

Tabel 2 Perbandingan performa sistem terhadap literatur

Library	Literatur	Hasil Terbaik	Performa
ATT48	(Fang, Chen dan Liu 2017)	36759	91,1%
EIL51	(Rani dan Kumar 2014)	436	95,2%
EIL51	(Razali dan Geraghty 2011)	430	96,51%

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 3, capaian optimum sistem algoritma yang sudah dibuat yaitu diatas 90%. Pada *library* att48, nilai optimum yang didapatkan 99,5% mendekati nilai optimum seharusnya. Sedangkan pada eil51, nilai optimum terbaik mencapai 98,9%. Oleh karena itu, dapat disimpulkan sistem algoritma genetika yang sudah dibuat cukup mampu untuk digunakan dalam mengoptimasi permasalahan VRP yang ada. Performa sistem algoritma genetika yang dibuat juga memiliki hasil optimum yang lebih baik dibandingkan dengan literatur yang ada.

### Hasil Optimasi Rute Distribusi

Sistem algoritma yang sudah dibentuk diaplikasikan kepada permasalahan VRP yang ada menghasilkan solusi berupa rute distribusi yang paling optimal. Adapun hasil yang diberikan yaitu berupa rute distribusi produk kepada konsumen pada Tabel 1.

Tabel 1 Rute distribusi

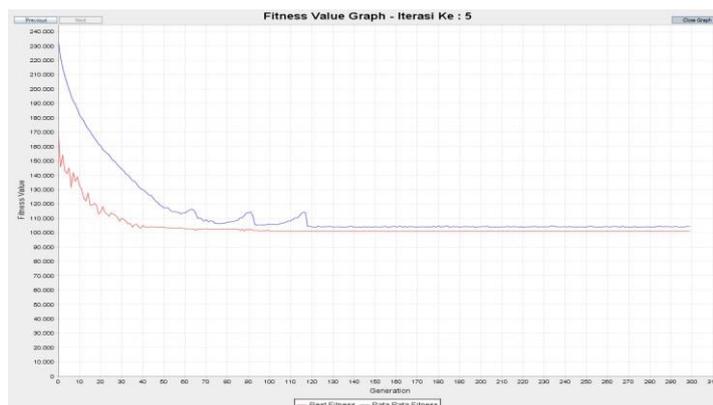
Rute	No Konsumen	Alamat Konsumen
	20	Jl.Raya Cibereum No.16(Bengkel Suzuki Intermobil)
	6	RSHS (Patologi Klinik Lantai 4)
	15	RS Mata Cicendo, Poli ROO lantai 2
Ke-1	19	Jl. Moh Toha No. 381 (Toko Effendi)
	13	Wisma Cendikia, Jl.HJ Umayah 2 Kav 46, Sukabirus Bojong Soang
	7	Komplek Puri Cikoneng Indah, Jl Puri 2 No 12 Terusan buah batu
	3	Jl. Rancagoong No.27

Ke-2	1	Komplek Gading Utama 1 No. 9
	16	PT UTC (Aerospace System) Jl. Soekarno-Hatta No.35
	2	Komplek Cibiru Asri Blok S No. 1
	8	Komp. Pasanggrahan Indah Blok 24 No.11 Rt/5 Rw/14
	10	Jl Sigma No. 20 Komp. Dosen Unpad Cigadung II
	4	Jl. Harendong No.10 Rancakeundal
	11	Gedung Sate (Bagian Kinerja Organisasi Setda Prov Jabar)
Ke-3	9	Margahayu Raya Jl. Pluto Utara 3 Blok F26/MO 28
	14	Jl. Marga Makmur II No.5 Ciwastra Bandung
	12	Jln. Mulia Graha 2 No.14 Ciwastra
	18	Komp. Baturaden Techno Regency Blok E No.19 Ciwastra
	5	Jl. Bahagia I No 10 Margacinta Buah Batu
	17	Jl. Marakas No. 21

Dari hasil Tabel 1, total jarak yang perlu ditempuh oleh kurir yaitu 100 km. Dengan asumsi kapasitas armada sebesar 7 kantong (7 titik konsumen) sehingga untuk memenuhi 20 konsumen, rute terbagi menjadi 3. Hasil pembagian rute diatas memberikan total jarak tempuh yang lebih pendek dari cara pembagian rute konvensional. Berdasarkan hasil wawancara dan perhitungan rute aktual, total jarak yang harus ditempuh oleh kurir yaitu 121.002 km. Dengan demikian, sistem penentuan rute distribusi dengan algoritma genetika memberikan pengurangan jarak sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Selisih} &= 121.002 \text{ km} - 101.035 \text{ km} \\ &= 19.967 \text{ km} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi} &= (\text{selisih/jarak total}) \times 100\% \\ &= (19.967/121.002) \times 100\% \\ &= 16.50\% \end{aligned}$$



Gambar 2 Fluktuasi *fitness* tiap generasi

Dari hasil perhitungan tersebut terjadi pengurangan total jarak sebesar 16.50%. Pengurangan total jarak yang harus ditempuh oleh kurir mampu memberikan dampak pengurangan biaya distribusi, dalam hal ini yaitu biaya bahan bakar bensin. Dengan hasil wawancara yang mengasumsikan bahwa dengan bensin Rp20 000 atau sama dengan 2.6 L (harga Rp7 650) bensin Pertalite, dapat menempuh

143 km perjalanan sehingga biaya per-kilometernya yaitu Rp140 /km. Dengan itu, total biaya yang perlu dikeluarkan oleh perusahaan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Total biaya distribusi} &= \text{Total Jarak} \times \text{Biaya per-kilometer} \\ &= 101\,035 \text{ km} \times \text{Rp}140 /\text{km} \\ &= \text{Rp}14\,145 \end{aligned}$$

Berdasarkan Gambar 30 terlihat bahwa terjadi penurunan nilai *fitness* secara bertahap dari generasi ke-0 hingga ke-300. Hal ini menunjukkan setiap generasi terus memberikan solusi terbaik dari generasi sebelumnya. Mulai dari generasi ke-110 nilai *fitness* yang dihasilkan terus bersifat konstan, yaitu pada nilai *fitness* 101.035. Sifat konstan tersebut menunjukkan telah dicapainya titik konvergen yang juga memperlihatkan nilai optimum sudah tercapai. Pada hasil ini, nilai *pc* yang digunakan yaitu 0.9 dan nilai *pm* 0.2. Sedangkan besar populasi yang dibuat adalah 2000 dengan total 300 generasi.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **Kesimpulan**

Locarvest merupakan start-up penyedia jasa pengadaan bahan pangan segar kepada konsumen. Proses bisnis yang terjadi di Locarvest diantaranya adalah penerimaan pesanan konsumen, pemesanan produk ke *supplier*, *quality check* (QC), dan distribusi produk ke konsumen. Kegiatan distribusi produk ke konsumen memiliki resiko dan biaya yang tinggi, mengingat produk pertanian memiliki sifat yang mudah rusak. Pada penelitian ini, upaya yang dilakukan untuk mengurangi resiko pada proses pendistribusian produk yaitu dengan melakukan efisiensi rute distribusi. Efisiensi rute distribusi merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan perusahaan untuk mempercepat proses pengiriman agar lebih cepat dan efisien. Proses penentuan rute yang dilakukan di Locarvest masih bersifat konvensional yaitu dengan menggunakan nalar untuk mengelompokkan area pengiriman. Penyelesaian permasalahan penentuan rute distribusi pada Locarvest dapat dibuat ke dalam suatu model VRP yang berisi fungsi tujuan berupa meminimasi jarak tempuh sehingga berimplikasi pada efisiensi biaya distribusi. Model VRP diselesaikan menggunakan metode algoritma genetika yang kemudian dituangkan dalam bentuk aplikasi optimasi rute distribusi. Data utama yang digunakan sebagai input pada aplikasi yang dibuat adalah alamat konsumen. Input data kemudian diolah melalui tahapan algoritma genetika diantaranya *Stochastic Universal Sampling*, *Partially-Mapped Crossover*, *Insertion Mutation* dan elitisme. Rute terbaik yang didapatkan dari nilai *fitness* terbaik memiliki total jarak sebesar 101.035 km. Efisiensi penurunan total jarak yang diperoleh yaitu 16.50%. Biaya yang perlu dikeluarkan untuk rute tersebut yaitu sebesar Rp14 145. Melalui hasil tersebut, metode algoritma genetika mampu diterapkan dalam menyelesaikan permasalahan penentuan rute distribusi di perusahaan Locarvest.

### Saran

Disarankan untuk melakukan uji kelayakan dari segi biaya dalam penerapan optimasi sistem penentuan rute distribusi yang telah dibuat. Hal ini perlu dilakukan untuk melihat apakah biaya yang dikeluarkan untuk penerapan sistem baru ini tetap menguntungkan bagi bisnis, mengingat adanya fitur *Distance Matrix* API yang memerlukan biaya. Uji kelayakan tersebut juga perlu melihat perkembangan bisnis ke depannya, khususnya dari jumlah pesanan per-harinya.

### DAFTAR PUSTAKA

- Alabsi F, dan Naoum R. 2012. Comparison of Selection Methods and Crossover Operations using Steady State Genetic Based Intrusion Detection System. *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences* 3 (7): 1053-1058.
- Amrillah D. 2009. *Pengembangan Perangkat Lunak Bantu untuk Pembutan Grid pada Peta*. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor. Arkeman Y, Seminar KB, dan Gunawan H. 2012. *Algoritma Genetika : Teori dan Aplikasinya untuk Bisnis dan Industri*. Bogor: IPB Press.
- Arkeman Y, Marimin, Jamaran I, Eriyatno, dan Tamura H. 2007. An Integration of Multi-Objective Genetic Algorithm and Fuzzy Logic for Optimization of Agroindustrial Supply Chain Design. *The 51 Annual Meeting of The ISSS*. Tokyo.
- Eriyatno. 2003. *Ilmu Sistem: Meningkatkan Mutu dan Efektivitas Manajemen*. Bogor: IPB Press.
- Fang L, Chen P, dan Liu S. 2017. Particle Swarm Optimization with Simulated Annealing for TSP . *Int. Conf. on Artificial Intelligence*. Corfu Island (GR): WSEAS. 16-19.
- Jacobson L dan Kanber B. 2015. *Genetics Algorithms in Java Basics*. Berkeley: Apress.
- Jebari K dan Madiafi M. 2013. Selection Methods for Genetic Algorithms. *International Journal of Emerging Science* 3(4): 333-344.
- Mahmudy W, Marian R, dan Luong L. 2014. Hybrid Genetic Algorithms for Part Type Selection and Machine Loading Problems with Alternative Production in Flexible Manufacturing System. *ECTI Transactions on Computer and Information Technology* 80-93.
- Masum A, Shahjalal M, Faruque M, dan Sarker M. 2011. Solving the Vehicle Routing Problem using Genetic Algorithm. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* 2 (7): 126-131.
- Pencheva T, Atanassov K, dan Shannon A. 2009. Modelling of a Stochastic Universal Sampling Selection Operator in Genetic Algorithms Using Generalized Nets. *Tenth International Workshop on Generalized Nets*. Sofia: Centre of Biomedical Engineering, Bulgarian Academy of Sciences. 1-7.
- Ragunanth PK, Velmourougan S, Davanchelvan P, Kayalvizhi S, and Ravimohan R. 2010. Evolving

- A New Model (SDLC Model-2010) For Software Development Life Cycle (SDLC). *International Journal of Computer Science and Network Security* 112-119.
- Rani K dan Kumar V. 2014. Solving Travelling Salesman Problem Using Genetic Algorithm. *International Journal of Research in Engineering & Technology* 2 (2): 27-34.
- Razali NM dan Geraghty J. 2011. Genetic Algorithm Performance with Different. *Proceedings of the World Congress on Engineering*. London: International Association of Engineers. 1134-1139.
- Siregar HH. 2012. *Penyelesaian Vehicle Routing Problem pada Pendistribusian Sayuran Dataran Tinggi Menggunakan Algoritme Genetika (Studi Kasus PT Saung Mirwan)* [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sommerville I. 2016. *Software Engineering 10th Edition*. Harlow: Pearson Education Limited.
- Soni N dan Tapas Kumar. 2014. Study of Various Mutation Operators in Genetic Algorithms. *International Journal of Computer Science and Information Technologies* 4519-4521.
- Swengky B. 2019. *Sistem Pendukung Keputusan Berbasis Web Penentuan Bahan Pengawet untuk Produk Pangan*. [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- The World Bank. 2015. *Improving Indonesia's Freight logistics a plan for action*. Jakarta: The World Bank.

