

# **PENJADWALAN DISTRIBUSI PADA PD. XYZ DENGAN MODEL *STOCHASTIC VEHICLE ROUTING PROBLEM (SVRP)* MENGUNAKAN METODE SOLUSI *MODIFY SAVING HEURISTIC***

Anddar Rezki Pradana, Mohamad Sofitra, Noveicalistus H. Djanggu

Jurusan Teknik Industri, Universitas Tanjungpura, Pontianak 78124

E-mail : anddar.rezki.ar@gmail.com

**Abstrak :** Jumlah permintaan konsumen PD. XYZ yang bersifat stokastik menjadi masalah bagi perusahaan karena sulit dalam menentukan banyaknya permintaan yang harus disediakan dan jadwal distribusi produk yang harus disusun. Permasalahan pendistribusian produk dengan permintaan yang bersifat stokastik seperti ini dikenal sebagai *Stochastic Vehicle Routing Problem (SVRP)*. SVRP sebagai mana VRP adalah permasalahan yang termasuk dalam kategori NP-hard dimana metode solusi eksak sulit diharapkan dalam waktu yang singkat dapat menyelesaikan permasalahan nyata dengan ukuran permasalahan yang cukup besar. Untuk itu dapat digunakan metode solusi heuristik sebagai alternatif bagi pencarian solusi dengan kualitas yang cukup baik seperti metode *Clarke and Wright Saving Heuristic with Penalty Function* atau juga dikenal dengan istilah *Modify Saving Heuristic Algorithm (MSH)*. Metode yang menyusun suatu jadwal distribusi dengan tujuan meminimalisir total ongkos distribusi dengan mempertimbangkan peluang permintaan pelanggan yang gagal. Dalam penelitian ini, dikembangkan metode solusi heuristik menggunakan algoritma MSH bagi permasalahan PD. XYZ. Algoritma tersebut telah diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman *Python*.

Hasil solusi jadwal distribusi yang diperoleh dengan menggunakan algoritma MSH ini yaitu jadwal distribusi truk dengan total ongkos distribusi sebesar Rp. 354.311,67 /hari, lebih hemat dibandingkan dengan total ongkos distribusi rute *existing* yaitu sebesar Rp. 376.002,114 /hari.

Kata kunci: PD. XYZ, *Stochastic Vehicle Routing Problem*, *Modify Saving Heuristic Algorithm*, *Python*.

## **1. Pendahuluan**

PD. XYZ merupakan perusahaan distribusi es batu silinder yang beroperasi di Kota Pontianak dan Kubu Raya sejak tahun 2016 dimana hingga saat ini perusahaan memiliki 257 konsumen tetap yang tersebar diseluruh kota. Jumlah permintaan konsumen yang bersifat stokastik menjadi permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan karena sulit dalam menentukan banyaknya permintaan yang harus disediakan dan jadwal distribusi permintaan. Sehingga seringkali terjadi kegagalan pengantaran terhadap suatu konsumen dan menyebabkan adanya ongkos kerugian. Ongkos kerugian ini berdampak pada total ongkos yang dikeluarkan perusahaan, maka dari itu perlu dilakukan evaluasi menggunakan suatu pendekatan guna meminimalisir ongkos yang harus dikeluarkan oleh perusahaan.

Masalah ini merupakan model permasalahan *Stochastic Vehicle Routing Problem (SVRP)* yang berkaitan dengan distribusi produk ke konsumen dengan variabel acak pada jumlah permintaannya. SVRP adalah salahsatu varian dari model permasalahan VRP yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan distribusi produk menggunakan kendaraan yang terdapat variabel acak di dalamnya. Model permasalahan ini diselesaikan dengan menggunakan metode solusi *Clarke and Wright Saving Heuristic with Penalty Function* dengan menggunakan bahasa pemrograman *Python*. Metode ini merupakan metode kombinasi antara algoritma *Clarke and Wright Saving Heuristic* dan *Penalty Function* atau disebut juga algoritma *Modify Saving Heuristic*.

Algoritma *Clarke and Wright Saving Heuristic* itu sendiri digunakan untuk

memperoleh ongkos transportasi yang lebih kecil dan membuat rute baru dengan jarak tempuh yang lebih pendek. Sedangkan *Penalty Function Models* digunakan untuk mengurangi penalti atau ongkos kerugian yang mungkin terjadi akibat kegagalan pengantaran. Sehingga perlu dilakukan *Plotting Data* dan identifikasi peluang konsumen yang nantinya akan digunakan untuk menghitung jarak penghematan. Setelah memperoleh jarak penghematan, kemudian sortir jarak penghematan tersebut dari yang terbesar ke yang terkecil untuk membentuk rute baru dengan tetap mematuhi syarat rute *feasible* dan tidak *feasible*. Setelah itu hitung jarak tempuh dan ongkos transportasi dari hasil pembentukan rute tersebut, maka akan diperoleh total ongkos yang harus dikeluarkan oleh perusahaan.

## 2. Tinjauan Pustaka

### a. Vehicle Routing Problem (VRP)

*Vehicle Routing Problem* merupakan suatu permasalahan yang berkaitan dengan penentuan rute pengiriman distribusi barang yang melibatkan beberapa rute alat angkut atau kendaraan yang berpusat pada suatu gudang atau lebih untuk melayani semua pelanggan yang tersebar diberbagai wilayah pengiriman dengan permintaan tertentu (Miller, 1999).

Selain itu di dalam *Vehicle Routing Problem (VRP)* terdapat beberapa komponen yang sangat berperan penting dalam sistem distribusi itu sendiri, berikut ini komponen-komponen yang terdapat di dalam *Vehicle Routing Problem (VRP)* antara lain:

#### a. Jaringan Kerja (*link*)

Dalam transportasi pada suatu rute, setiap jalan yang tersedia merupakan jaringan kerja (*link*) dan setiap lokasi merupakan setiap node. *Link* dapat dijalani dalam satu arah (*directed*) atau dua arah (*undirected*). Setiap *link* berkaitan dengan panjang atau waktu perjalanan, jenis kendaraan dan periode waktu perjalanan yang dilakukan pada *link* tersebut sehingga *link* dapat dikatakan berhubungan dengan biaya.

#### b. Customers

Karakteristik khusus dari *customers* adalah sebagai berikut:

1. Jumlah permintaan (*demand*) dari *customers* berbeda-beda, ada *customers* yang jumlah permintaannya diketahui

secara pasti (kasus deterministik) tetapi ada juga jumlah permintaannya tidak pasti (kasus stokastik).

2. Ada *customers* yang mempunyai *time windows* yaitu periode waktu yang menunjukkan jangka waktu *customers* dapat dilayani yang dikarenakan periode waktu yang khusus dari *customers* tersebut.

#### c. Depot

Depot merupakan awal dan akhir dari suatu rute yang akan dilewati oleh kendaraan dalam melakukan pengiriman barang ke *customers*. Setiap depot dicirikan berdasarkan tipe dan banyak kendaraan yang berkaitan dengan depot tersebut serta banyaknya barang yang tersedia di sana.

#### d. Kendaraan (*vehicle*)

Karakteristik khusus dari kendaraan (*vehicle*) adalah sebagai berikut:

1. Mempunyai kapasitas kendaraan maksimum (berat dan volume maksimum) dalam mengangkut barang.
2. Mempunyai total waktu kerja dari awal keberangkatan dari depot sampai kedatangan kembali ke depot, sesuai peraturan yang diberlakukan oleh perusahaan untuk jam kerja pengemudi (waktu *loading*) dan sejumlah periode waktu yang tidak ikut diperhitungkan (waktu *non-loading*), misalnya waktu istirahat pengemudi.
3. Memerlukan biaya untuk melakukan pengiriman, biaya penggunaan kendaraan dihitung berdasarkan per unit jarak, per unit waktu, dan per rute.

#### e. Pengemudi (*driver*)

Pengemudi yang mengoperasikan kendaraannya harus memenuhi semua kendala yang ditentukan dalam kontrak kerja dan aturan dari perusahaan distribusi. (Maria, 2000).

### b. Stochastic VRP (SVRP)

*Stochastic Vehicle Routing Problem (SVRP)* merupakan variasi dari model *VRP* yang terjadi apabila faktor sampangnya yang muncul bersifat random. Dalam *SVRP* untuk mendapatkan sebuah solusi, masalah dibagi menjadi dua tahap. Solusi pertama ditentukan sebelum sebuah variabel random diketahui. Pada

tahap kedua, pengoreksian dilakukan apabila nilai dari sebuah variabel random sudah diketahui (Prana, 2007). Tujuannya adalah meminimalkan jumlah kendaraan dan total waktu perjalanan dalam melayani konsumen dengan nilai random untuk setiap pengiriman (konsumen, permintaan, waktu) (Prana, 2007).

Adapun beberapa jenis variable yang dapat bersifat acak di dalam SVRP yaitu sebagai berikut (Prana, 2008):

1. Pelanggan *stochastic*: Dimana setiap pelanggan  $vi$  terdapat peluang  $pi$  dan tidak memiliki peluang  $1 - pi$ .
2. Permintaan *stochastic*: Yaitu jumlah permintaan  $di$  untuk setiap pelanggan merupakan variabel *random*.
3. Waktu *stochastic*: Dimana waktu pelayanan  $\delta_i$ , dan waktu pelayanan  $tij$  merupakan variabel random.

Model permasalahan *Stochastic Vehicle Routing Problem (SVRP)* yang diselesaikan dengan pendekatan *Stochastic Programming* memiliki model umum yang sering digunakan, dimana variabel-variabel yang bersifat acak atau random diganti menjadi variabel yang bersifat deterministik. Jika terdapat variabel  $d_i$  yang bersifat random dengan rata-rata  $\mu_i$  dan *standard deviations*  $\sigma_i$ , dimana (Stewart and Golden, 1982):

$$M_k = \sum_{i,j} \mu_i x_{ijk}$$

dan

$$S_k = (\sum_{i,j} \sigma_i^2 x_{ijk}^2)^{1/2}$$

$M_k$  adalah rata-rata dan  $S_k$  adalah *standard deviations* dari *demands* pada rute  $k$ . Sehingga untuk rumus umumnya dapat dituliskan seperti berikut,

$$\Pr[(\sum_{i,j} d_i x_{ijk} - M_k)/S_k \leq \tau] = 1 - \alpha$$

Dimana variabel acak tadi akan digantikan dengan variabel yang bersifat deterministik dengan rumus berikut,

$$M_k + \tau S_k \leq Q$$

Batasan ini secara umum jika dituliskan dengan bentuk yang lebih rinci maka akan terlihat seperti berikut,

$$\sum_{i,j} \mu_i x_{ijk} + \tau (\sum_{i,j} \sigma_i^2 x_{ijk}^2)^{1/2} \leq Q, \quad k = 1, \dots, m$$

#### c. Clarke And Wright Saving Heuristic

Model permasalahan *Stochastic Vehicle Routing Problem (SVRP)* memiliki banyak metode penyelesaian, salah satunya yaitu

menggunakan pendekatan atau metode penghematan *Clarke and Wright Saving Heuristic*. Metode ini dikembangkan oleh Clarke dan Wright dengan tujuan untuk melakukan penghematan baik itu penghematan jarak, rute maupun biaya transportasi dalam melakukan pengiriman sebuah produk kepada konsumen dalam suatu waktu tertentu.

#### d. Penalty Function Models

*Penalty Function Models* merupakan suatu model yang digunakan untuk menyelesaikan suatu permasalahan pemrograman yang bersifat stokastik dengan cara melakukan perutean kembali. Ketika dalam suatu kasus terdapat sebuah kendala yang gagal, maka disitu terdapat biaya atau penalti yang harus ditanggung yang berupa kerugian akibat kendala yang gagal, dimana seharusnya kendala tersebut menjadi layak agar tidak ada penalti yang harus ditanggung. Dalam suatu kasus pengiriman, penalti ini dapat berupa biaya pengantaran yang dilakukan oleh kendaraan lain untuk menyelesaikan rute yang belum selesai, atau bisa juga berupa sebuah ukuran ketidakpuasan pelanggan dan bisa juga disebabkan oleh hal lain. Biaya ini nyata dan dikeluarkan sampai batas yang telah ditetapkan setiap kali permintaan pada suatu rute melebihi kapasitas kendaraan yang ditugaskan untuk rute tersebut (Stewart and Golden, 1982).

#### e. Algoritma Modify Saving Heuristic

Adaptasi *Clarke and Wright Saving Heuristic* dengan *Penalty Function Models* merupakan suatu bentuk kombinasi dari dua metode atau algoritma yang berbeda untuk menyelesaikan suatu permasalahan tertentu. Pada kasus ini adalah kombinasi antara *Clarke and Wright Saving Heuristic* dengan *Penalty Function Models* yang dapat juga disebut *Algoritma Modify Saving Heuristic*.

Pada dasarnya untuk mengadaptasi algoritma *Clarke-Wright* dalam menangani model *Penalty Function* ini, fungsi penghematan harus diterjemahkan ulang. Pada model [PFVRPI] (menetapkan penalti untuk kemungkinan rute gagal), maka fungsi penghematan baru menjadi seperti berikut (Stewart and Golden, 1982).

$$S_{ij} = C_{oi} + C_{oj} - C_{ij} + \lambda P_i + \lambda P_j - \lambda P_{ij}$$

Dimana  $S_{ij}$  adalah penghematan terjadi ketika titik  $i$  dan  $j$  digabungkan pada rute yang sama.

Keterangan:

$P_i$  = Peluang probabilitas kemungkinan rute konsumen  $i$  gagal,

$P_j$  = Peluang probabilitas kemungkinan rute konsumen  $j$  gagal,

$P_{ij}$  = Peluang probabilitas kemungkinan rute antara konsumen  $i$  dan  $j$  gagal, dan

$\lambda$  = Penalti yang harus diterima untuk kemungkinan rute gagal.

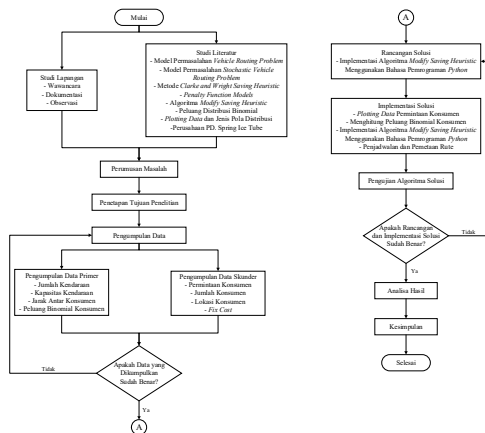
Pada model [PFVRP2], fungsi penghematannya menjadi sebagai berikut.

$$S_{i,j} = C_{oi} + C_{oj} - C_{ij} + \lambda l_i + \lambda l_j - \lambda l_{ij}$$

Dimana  $l_i$ ,  $l_j$ ,  $l_{ij}$  adalah jumlah sisa unit yang diharapkan pada rute konsumen  $i$ , rute konsumen  $j$ , dan rute konsumen  $i$  dan  $j$ , sedangkan  $\lambda$  adalah penalti setiap unit yang tersisa (Stewart and Golden, 1982).

### 3. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian ini berisikan objek penelitian yang berlokasi di PD. XYZ, Kota Pontianak. Kemudian beberapa peralatan dan aplikasi yang digunakan selama penelitian. Setelah itu terdapat diagram alir yang mendeskripsikan alur dan langkah-langkah pada penelitian ini. Berikut ini diagram alir yang berisi alur dan langkah-langkah penelitian.



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

### 4. Hasil dan Pembahasan

#### a. Penjadwalan dan Pemetaan Rute Existing Perusahaan

Rute awal atau rute *existing* perusahaan merupakan hasil pemetaan yang dilakukan secara manual menggunakan jepretan layar pada aplikasi *Google Maps*. Pada gambar rute tersebut

berisi informasi rute yang dilalui oleh kendaraan dan nama pelanggan. Berikut adalah data urutan pengantaran es batu ke pelanggan.

#### 1. Rute Mobil ke-1

D - A101 - A65 - A246 - A205 - A33 - A104 - A135 - A64 - A183 - A133 - A113 - A223 - A251 - A224 - A134 - A250 - A151 - A206 - A195 - A208 - A256 - A56 - A187 - A188 - A39 - A167 - A235 - A163 - A58 - A61 - A71 - A207 - A35 - A57 - A40 - A106 - A112 - A229 - A19 - A227 - A30 - A111 - A76 - A145 - A209 - A253 - A148 - A99 - A255 - A158 - A190 - A8 - A87 - A152 - A82 - A60 - A222 - A79 - A103 - A44 - A54 - A86 - D.



**Gambar 2.** Rute Existing Mobil ke-1

#### 2. Rute Mobil ke-2

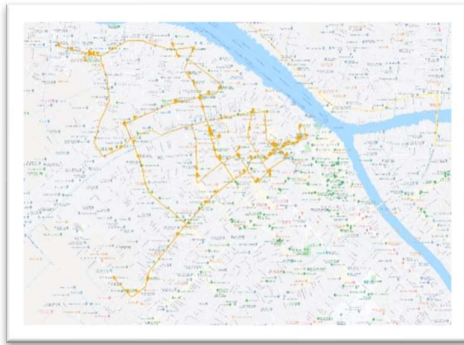
D - A84 - A155 - A213 - A5 - A6 - A4 - A233 - A252 - A142 - A22 - A174 - A154 - A157 - A45 - A90 - A212 - A74 - A29 - A72 - A221 - A226 - A78 - A63 - A109 - A231 - A46 - A238 - A75 - A121 - A254 - A177 - A240 - A168 - A119 - A13 - A123 - A50 - A47 - A110 - A211 - A126 - A234 - A85 - A69 - A248 - A114 - A11 - A244 - A139 - A34 - A175 - A216 - A21 - A91 - A26 - A55 - A199 - D.



**Gambar 3.** Rute Existing Mobil ke-2

### 3. Rute Mobil ke-3

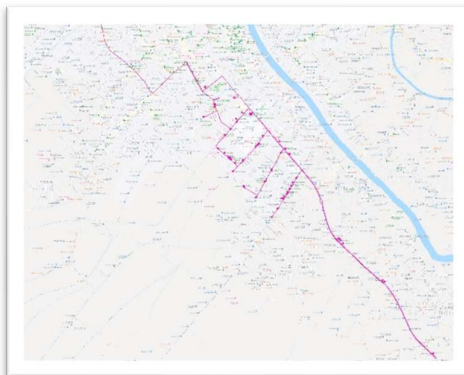
D - A141 - A73 - A115 - A138 - A160 - A204 - A105 - A232 - A159 - A245 - A173 - A12 - A3 - A179 - A196 - A149 - A41 - A220 - A7 - A210 - A117 - A191 - A15 - A153 - A236 - A102 - A67 - A136 - A156 - A81 - A80 - A124 - A93 - A146 - A225 - A95 - A203 - A53 - A20 - A131 - A171 - A178 - A116 - A202 - A89 - A194 - A31 - A192 - A150 - A37 - A197 - A201 - A94 - A43 - A36 - A144 - A241 - A161 - A66 - A242 - A51 - A1 - A243 - A98 - A27 - A10 - A125 - A96 - A122 - A176 - A32 - A88 - A140 - A52 - A23 - A165 - A62 - D.



**Gambar 4.** Rute *Existing* Mobil ke-3

### 4. Rute Mobil ke-4

D - A180 - A14 - A97 - A172 - A49 - A249 - A169 - A68 - A166 - A247 - A59 - A257 - A2 - A132 - A182 - A127 - A9 - A214 - A17 - A25 - A24 - A198 - A18 - A239 - A100 - A181 - A77 - A162 - A218 - A137 - A120 - A237 - A186 - A184 - A107 - A200 - A230 - A219 - A28 - A164 - A16 - A193 - A130 - A185 - A228 - A83 - A108 - A147 - A170 - A48 - A128 - A129 - A189 - A92 - A118 - A143 - A42 - A215 - A38 - A217 - A70 - D.



**Gambar 5.** Rute *Existing* Mobil ke-4

### b. Menghitung Peluang Permintaan Konsumen

Peluang permintaan konsumen adalah perhitungan yang dilakukan berdasarkan pola permintaan konsumen dengan menggunakan formula peluang binomial dimana peluang permintaan konsumen ini nantinya akan memengaruhi perhitungan *saving matrix*. Berikut ini contoh perhitungan peluang konsumen.

#### Perhitungan peluang keberhasilan penjualan produk kepada konsumen Sambal Jambal (Jln. Perdana)

Diketahui:

$n = 31$  (banyaknya hari kunjungan dalam 1 bulan)

$X = 25$  (banyaknya hari dalam 1 bulan dimana pelanggan yang dikunjungi berhasil/menyetujui untuk membeli produk)

Jika diasumsikan peluang keberhasilan penjualan dalam satu kali kunjungan adalah:

$p = 0,5$  (peluang sukses)

$q = 1 - 0,5$  (peluang gagal)

Maka peluang sukses  $P(S)$  dan gagal  $P(F)$  untuk 25 kunjungan dari total 31 kunjungan adalah:

$$P(S) = \sum_{x=1}^{25} \frac{n!}{(n-x)!x!} p^x \cdot q^{n-x}$$

$$P(0 < x \leq 25) = \frac{31!}{(31-1)!1!} \times (0,5)^1 \times (1 - 0,5)^{31-1} +$$

$$\frac{31!}{(31-2)!2!} \times (0,5)^2 \times (1 - 0,5)^{31-2} +$$

$$\dots + \frac{31!}{(31-25)!25!} \times (0,5)^{25} \times (1 - 0,5)^{31-25}$$

$$P(0 < x \leq 25) = 0.999903901945799$$

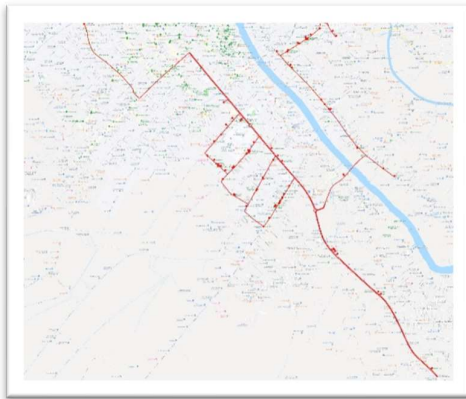
$$P(F) = 1 - p = 0.0000960980542$$

### c. Penjadwalan dan Pemetaan Rute Hasil Implementasi Algoritma *Modify Saving Heuristic* Menggunakan Bahasa Pemrograman *Python*

Hasil implementasi algoritma *Modify Saving Heuristic* yang menggunakan bahasa pemrograman *Python* yaitu diperolehnya penjadwalan rute setiap kendaraan, jarak tempuh masing-masing kendaraan, dan total ongkos keseluruhan perusahaan, sehingga dapat dilakukan pemetaan rute dari penjadwalan yang terbentuk.

1. Rute Mobil ke-1

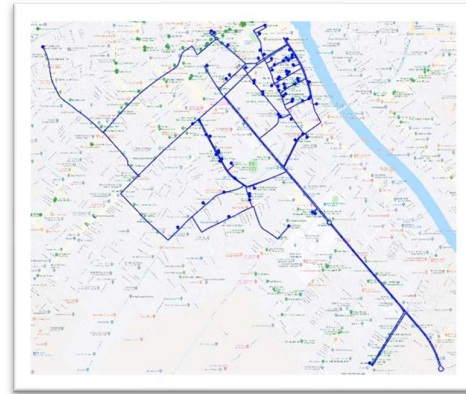
D - A132 - A128 - A184 - A92 - A257 - A118 - A217 - A215 - A68 - A42 - A249 - A18 - A83 - A162 - A108 - A185 - A137 - A170 - A120 - A228 - A195 - A151 - A206 - A227 - A208 - A229 - A256 - A112 - A19 - A106 - A56 - A187 - A57 - A188 - A35 - A40 - A207 - A61 - A39 - A167 - A235 - A163 - A58 - A71 - A48 - A100 - A198 - A239 - A147 - A218 - A16 - A181 - A164 - A219 - A28 - A200 - A237 - A193 - A186 - A24 - A230 - A25 - A77 - A59 - A130 - A247 - A169 - A214 - A49 - A17 - A2 - A127 - A9 - A182 - A166 - A38 - D.



**Gambar 6.** Rute Perbaikan Mobil ke-1

2. Rute Mobil ke-2

D - A183 - A97 - A129 - A22 - A252 - A174 - A6 - A111 - A30 - A46 - A212 - A90 - A224 - A8 - A157 - A255 - A29 - A226 - A72 - A79 - A5 - A148 - A4 - A82 - A121 - A238 - A87 - A223 - A240 - A222 - A209 - A152 - A254 - A190 - A109 - A60 - A63 - A103 - A44 - A250 - A177 - A134 - A233 - A78 - A75 - A113 - A251 - A99 - A158 - A145 - A76 - A253 - A221 - A110 - A180 - A114 - A14 - A70 - A126 - A64 - A172 - A248 - A143 - A135 - A234 - A11 - A189 - A12 - A107 - A47 - A69 - A244 - A85 - A216 - A45 - A67 - A122 - A136 - D.



**Gambar 7.** Rute Perbaikan Mobil ke-2

3. Rute Mobil ke-3

D - A73 - A13 - A91 - A41 - A15 - A131 - A133 - A81 - A20 - A168 - A210 - A231 - A153 - A117 - A220 - A98 - A179 - A139 - A213 - A165 - A246 - A140 - A34 - A176 - A32 - A236 - A1 - A66 - A154 - A149 - A211 - A10 - A144 - A36 - A171 - A203 - A53 - A150 - A116 - A197 - A194 - A89 - A31 - A202 - A192 - A37 - A178 - A93 - A95 - A225 - A146 - A191 - A196 - A51 - A80 - A243 - A123 - A105 - A156 - A21 - A74 - A199 - A155 - A245 - A175 - A173 - A23 - A33 - A88 - A55 - A204 - A160 - A96 - A119 - A84 - A232 - A27 - A242 - A102 - A205 - A159 - A26 - D.

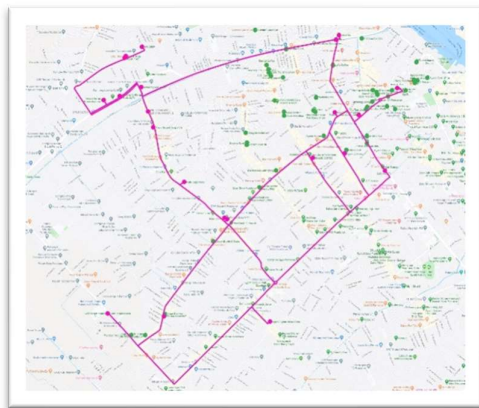


**Gambar 8.** Rute Perbaikan Mobil ke-3

4. Rute Mobil ke-4

D - A161 - A43 - A94 - A241 - A201 - A141 - A3 - A138 - A50 - A125 - A124 - A142 - A104 - A86 - A54 - A52 - A62 - A65 - A7 - A101 - A115 - D.





**Gambar 9.** Rute Perbaikan Mobil ke-4  
**d. Perbandingan Rute *Existing* Dan Rute Perbaikan**

Perbandingan rute *existing* dan rute perbaikan berisi perbandingan antara rute awal yang dibentuk oleh perusahaan dengan rute perbaikan yang dibentuk oleh implementasi algoritma *Modify Saving Heuristic* menggunakan bahasa pemrograman *Python*.

1. Jarak Tempuh Kendaraan

**Tabel 1.** Jarak Tempuh Kendaraan

	Jarak Tempuh Kendaraan (km/hari)	
	Rute <i>Existing</i>	Rute Perbaikan
<b>Mobil 1</b>	82,4493	190,72
<b>Mobil 2</b>	61,3739	121,93
<b>Mobil 3</b>	73,19	162,23
<b>Mobil 4</b>	69,151	46,12
<b>Total</b>	286,164	521

Dengan asumsi kecepatan kendaraan 50 km/jam, dengan hasil jarak tempuh pada tabel 4.6, maka waktu perjalanan yang diperoleh pada rute *existing* mobil ke-1 yaitu selama 1,65 jam, pada mobil ke-2 waktu perjalanan yang ditempuh selama 1,23 jam, pada mobil ke-3 waktu perjalanan yang ditempuh selama 1,46 jam, dan pada mobil ke-4 waktu perjalanan yang ditempuh selama 1,38 jam. Sedangkan pada rute perbaikan waktu perjalanan yang ditempuh mobil ke-1 yaitu selama 3,81 jam, pada mobil ke-2 waktu perjalanan yang ditempuh selama 2,44 jam, pada mobil ke-3 waktu perjalanan yang ditempuh selama 3,25 jam, dan pada mobil ke-4 waktu perjalanan yang ditempuh selama 0,92 jam. Waktu tempuh tersebut adalah murni waktu perjalanan, dan tidak termasuk waktu pelayanan, waktu proses dan lain-lain. Sehingga waktu

tempuh yang diperoleh terlihat singkat dan jauh dari batas jam kerja perusahaan yaitu 10 jam/hari.

2. Total ongkos

**Tabel 2.** Total Ongkos Kendaraan dan Keseluruhan Perusahaan

	Total Ongkos (rupiah/hari)	
	Rute <i>Existing</i>	Rute Perbaikan
<b>Mobil 1</b>	109.765,263	127.581,07
<b>Mobil 2</b>	80.320,627	83.211,517
<b>Mobil 3</b>	96.466,267	109.205,017
<b>Mobil 4</b>	89.449,957	34.314,07
<b>Total</b>	376.002,114	354.311,67

Berdasarkan tabel 2 dapat dilihat bahwa total ongkos pada rute perbaikan lebih kecil dibandingkan dengan total ongkos pada rute *existing*. Secara matematis hal ini menunjukkan bahwa implementasi algoritma *Modify Saving Heuristic* lebih baik dari pada metode awal rute *existing*. Selain itu hasil total ongkos perusahaan pada rute perbaikan merupakan hasil dengan nilai peluang yang ditetapkan yaitu sebesar 0.5, hasil ini dapat berubah apabila nilai peluangnya juga berubah. Dengan kata lain nilai peluang yang ditetapkan sangat berpengaruh terhadap hasil pada rute perbaikan, baik pada hasil pemilihan rute, maupun pada hasil jarak tempuh dan total ongkos keseluruhan perusahaan.

**5. Kesimpulan**

Adapun kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan di perusahaan PD. XYZ sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil pengolahan pada bab sebelumnya dapat diketahui rute perbaikan dengan algoritma *Modify Saving Heuristic* menggunakan bahasa pemrograman *Python* yaitu sebagai berikut:

a. Penjadwalan Rute

Mobil ke-1 mengunjungi 76 konsumen dengan total jarak tempuh yaitu 190,72 km/hari dan ongkos transportasi sebesar Rp. 127.581,07 /hari.

Mobil ke-2 mengunjungi 78 konsumen dengan total jarak tempuh yaitu 121,93 km/hari dan ongkos transportasi sebesar Rp. 83.211,517 /hari.

Mobil ke-3 mengunjungi 82 konsumen dengan total jarak tempuh yaitu 162,23

km/hari dan ongkos transportasi sebesar Rp. 109.205,017 /hari.

Mobil ke-4 mengunjungi 21 konsumen dengan total jarak tempuh yaitu 46,12 km/hari dan ongkos transportasi sebesar Rp. 34.314,07 /hari.

b. Total Jarak Tempuh dan Total Ongkos Perusahaan

Berdasarkan hasil implementasi menggunakan metode kombinasi *Clarke and Wright Saving Heuristic with Penalty Function* diketahui bahwa total ongkos keseluruhan perusahaan yaitu sebesar Rp. 354.311,67 /hari, sedangkan pada rute *existing* yaitu sebesar Rp. 376.002,114 /hari, kemudian pada total jarak tempuh yang dihasilkan oleh rute perbaikan sebesar 521 km/hari, sedangkan pada rute *existing* sebesar 286,164 km/hari. Dari hasil ini dapat diketahui bahwa total jarak tempuh pada rute *existing* lebih kecil dibandingkan dengan rute perbaikan, hal ini menunjukkan bahwa rute *existing* mampu meminimalisir jarak tempuh dan ongkos transportasi, tetapi hal ini justru berdampak pada ongkos kegagalan yang dimana mengakibatkan total ongkos keseluruhan perusahaan menjadi besar. Sedangkan pada rute perbaikan yang menerapkan algoritma *modify saving heuristic* sudah memperhitungkan ongkos kegagalan yang akan diterima akibat kegagalan pengantaran rute yang mungkin terjadi, sehingga jarak tempuh yang dilalui sangat besar, namun hal ini dapat meminimalisir ongkos kegagalan dan total ongkos keseluruhan perusahaan yang diperoleh.

c. Peningkatan Kualitas Solusi Lebih Lanjut

Hasil solusi dari penelitian ini masih mungkin untuk ditingkatkan kualitasnya mengingat algoritma MSH adalah salah satu algoritma solusi dalam kategori *constructive phase*. Sehingga solusi yang diperoleh masih memungkinkan untuk ditingkatkan kualitasnya dengan menggunakan salah satu metode/algoritma yang termasuk dalam kategori *improvement phase*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]Bektas, T. 2006. The multiple travelling salesman problem: an overview of formulations and solution procedures. The International Journal of Management Science vol. 34, no. 3, 209-219.
- [2]Srivastava, R. and Benton, W. C. 1990. The location routing problem: Considerations in physical distribution system. Computers and Operations Research, vol. 17, no. 5, pp. 427-435.
- [3]Lenstra, J. K. and Rinnooy Kan, A. H. G. 1981. Complexity of vehicle and scheduling problems. Networks, 11, p.221-227.
- [4]Desrosiers, J. J., Dumas, Y., Solomon, M. and Soumis, F. 1995. Time constrained routing and scheduling. Network Routing. In: Handbooks in Operations Research and Management Science, North Holland, Amsterdam.
- [5]Kolen, A. W. J., Rinnooy, A. H. G. and Trienekens, H. W. J. M. 1987. Vehicle routing with time windows. Operations Research, 35, p.266-273.
- [6]Miller, D. M., Matson, Jessica O., Vaidyanathan, Bharat S. 1999. A Capacitated Vehicle Routing Problem for Just in Time delivery. ITE Transactions.
- [7]Toth, P. and Vigo, D. 2002. The Vehicle Routing Problem, Society of Industrial and Applied.
- [8]Clarke, G. and Wright, J. W. 1964. Scheduling of Vehicles from Central Depot to a Number of Delivery Points. Operations Research, 12, 568-581.
- [9]Stewart, W. and Golden, B. 1982. Stochastic vehicle routing: A comprehensive approach. European Journal of Operational Research, 14, 371-385.
- [10]Maria, L. 2000. Vehicle Routing Problem.
- [11]Christine. 2003. Studi Tentang Travelling Salesman dan Vehicle Routing Problem Dengan Time Windows.
- [12]Dhimas, D. P. (2019, 23 Januari). Pengertian Binomial dan Contoh Binomial. Dikutip 5 September 2020 dari Dhimas D. P. 18: <http://dhimasdp18.blogspot.com/2019/01/pengertian-binomial-dan-contoh-binomial.html>.



- [13]Prana, R. A. 2007. Aplikasi Kombinatorial pada Vehicle Routing Problem.
- [14]Eko, B. 2007. Implementasi Algoritma Paralel Genetic.
- [15]Eka, P. 2009. Analisis dan Implementasi Vehicle Routing Problem (VRP).
- [16]Saryana, D. (2018, 13 April). Landasan Teori Pengujian Distribusi. Dikutip 5 Oktober 2020 dari Desi Saryana: <https://desisaryana.blogspot.com/2018/04/landasan-teori-pengujian-distribusi.html>.
- [17]Rantielas. (2018, 12 Januari). Distribusi Peluang Diskrit Dan Kontinu. Dikutip 5 Oktober 2020 dari Rantielas: <https://rantielas.wordpress.com/2018/01/12/distribusi-diskrit-dan-distribusi-kontinu/>
- [18]Kusumo, H. (2019). Uji Kesesuaian Bentuk Distribusi (Goodness of Fit Test). Dikutip 5 Oktober 2020 dari Docplayer: <https://docplayer.info/122622432-Uji-kesesuaian-bentuk-distribusi-goodness-of-fit-test.html>
- [19]Chandra, W. F. (2017). Modul II Distribusi Peluang Diskrit Dan Kontinu. Dikutip 5 Oktober 2020 dari Docplayer: <https://docplayer.info/30536136-Modul-ii-distribusi-peluang-diskrit-dan-kontinu.html>
- [20]Limbong, M. (2010). Analisis Sistem Antrian di Departemen Washing pada PT Mark Dynamics Indonesia dengan Menggunakan Teknik Simulasi ProModel. Dikutip 5 Oktober 2020 dari 123dok: <https://id.123dok.com/document/lzgggwnz-analisis-antrian-departemen-dynamics-indonesia-menggunakan-simulasi-promodel.html#fulltext-content>

## Biografi Penulis dan Dosen

**Anddar Rezki Pradana**, lahir di Singkawang, Kalimantan Barat pada tanggal 17 Januari 1997. Anak pertama dari Bapak Marsellus dan Ibu Ramayati. Penulis sebelumnya menempuh pendidikan di SDN 01 Sungai Duri, Kab. Bengkayang lulus pada tahun 2009, SMPN 1 Kec. Sungai Raya, Kab. Bengkayang lulus pada tahun 2012, dan SMAN 1 Kec. Sungai Raya Kepulauan, Kab. Bengkayang lulus pada tahun 2015. Penulis menjadi mahasiswa di Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas

Tanjungpura mulai dari tahun 2015 dan berhasil menyelesaikan program sarjana dengan gelar Sarjana Teknik (S.T) pada tahun 2020.

**Mohamad Sofitra**, lahir di Jakarta, 16 Juni 1974. Tahun 1997 memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) dari Universitas Islam Indonesia (UII) Yogyakarta dengan bidang keahlian Teknik Industri. Melanjutkan studi di Institut Teknologi Bandung dan meraih gelar Magister Teknik (M.T.) tahun 2002 dengan bidang keahlian Sistem Manufaktur. Memperoleh gelar doktor engineering dari Hiroshima University tahun 2015 bidang manajemen rantai pasok. Mengajar di Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura sejak tahun 1999 sampai dengan sekarang.

**Noveicalistus H. Djanggu**, lahir di Pontianak, 2 November 1983. Tahun 2007 memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dengan bidang keahlian Teknik Industri. Tahun 2013 memperoleh gelar Magister Teknik (M.T.) dari Institut Teknologi Bandung (ITB) dengan bidang keahlian Teknik Industri. Mengajar di Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura sejak tahun 2008 sampai dengan sekarang.