

**PENENTUAN RUTE ARMADA PENGIRIMAN PT.AAA  
MENGUNAKAN ALGORITMA *TWO-PHASE TABU SEARCH*  
PADA *VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH HETEROGENEOUS  
FLEET AND TIME WINDOWS* UNTUK MENGATASI  
KETERLAMBATAN PENGIRIMAN**

**Punto Aji Wardhana<sup>1</sup>, Rio Aurachman<sup>2</sup>, Budi Santosa<sup>3</sup>**

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Telkom University Jl.

Telekomunikasi Terusan Buah Batu, Bandung 40257

*Email: puntowardhana@gmail.com*

**ABSTRAK**

PT.AAA merupakan perusahaan yang memproduksi cat kayu, cat tembok, cat batu, pelitur, dan *thinner* yang mempunyai gudang distribusi atau yang dijadikan sebagai DC untuk kegiatan distribusi. PT. AAA mempunyai layanan pengiriman produk ke pelanggan dengan menggunakan armada sendiri untuk pelanggan di Pulau Jawa. Penentuan rute pengiriman produk dilakukan oleh operator berdasarkan sering atau biasa dilewati oleh armada bukan dengan perencanaan yang matang. Hal tersebut mengakibatkan sejumlah keterlambatan pengiriman bagi perusahaan. Penelitian ini dilakukan untuk memberikan usulan rute pengiriman produk ke pelanggan khususnya untuk daerah Karesidenan Surakarta dengan menggunakan Algoritma *Two-Phase Tabu Search* untuk mengurangi jumlah keterlambatan pengiriman produk. Adapun hasil dari penelitian ini adalah urutan rute dan kendaraan yang digunakan untuk melakukan pengiriman produk. Hasil perhitungan dari penelitian ini adalah memberikan usulan urutan rute pengiriman untuk armada pengiriman dengan jarak tempuh sebesar 22,51% lebih kecil dibandingkan urutan rute pada kondisi awal. Jarak tempuh tersebut berkurang dari 938,93 km menjadi 727,516 km. Akibat dari pengurangan jarak tempuh tersebut, maka rata-rata keterlambatan pengiriman produk ke pelanggan berkurang menjadi empat lokasi untuk setiap harinya.

**Kata Kunci:** Heterogeneous Fleet, Minimize Travel Distance, Time Windows, Vehicle Routing Problem

**ABSTRACT**

*PT. AAA is a company that produce wall paint, wood paint, tile paint, polish, and thinner which has distribution warehouse or used as DC for distribution activity. PT. AAA has a service to deliver the product to customer using its own fleet for customer in Java Island. Determination of product delivery routes by operator based on frequent or commonly passed by fleet not with good planning that caused number of delays for the company. This research was conducted to give proposal of product delivery route to customer especially for Surakarta Residency using Two- Phase Tabu Search Algorithm to reduce number of delay of delivery product. The result of this study is the order of routes and vehicles used for product delivery. The results of the calculation of this study is to propose a sequence of delivery routes for the delivery fleet with a distance of 22.51% smaller than the routes in the initial conditions. The distance is reduced from 938.93 km to 727,516 km. As a result of reducing the travel distances, the delay in product delivery to customers is reduced to an average of four customer locations for each day.*

**Keywords:** *Heterogeneous Fleet, Minimize Travel Distance, Time Windows, Vehicle Routing Problem*

## 1. PENDAHULUAN

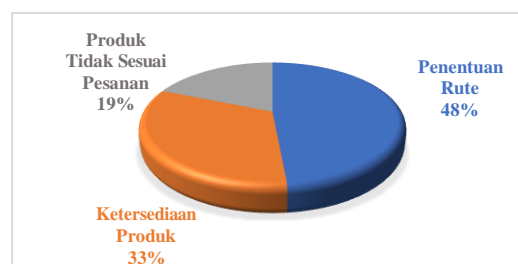
(Muttaqin, Ridwan, & Santosa) Transportasi merupakan bagian yang tidak dapat terpisahkan dari sektor industri, dikarenakan hampir semua sektor industri selalu mencakup proses distribusi dan logistik. (Kartikasari, Damayanti, & Santosa) Industri merupakan sektor usaha yang dapat memberikan kontribusi besar terhadap perekonomian suatu negara, salah satunya adalah industri manufaktur. PT. AAA merupakan perusahaan yang bergerak di bidang bahan dan bangunan dengan memproduksi bahan untuk menghias rumah atau kayu seperti cat kayu, cat tembok, pelitur, *thinner* dan lain-lain. Sering dengan berjalannya waktu, PT. AAA telah berkembang menjadi sebuah perusahaan yang besar dengan mempunyai banyak pelanggan dari berbagai kota di seluruh Indonesia. PT. AAA mempunyai dua depot atau gudang distribusi yang berada di Pulau Jawa yaitu berada di kota Solo dan kota Surabaya. Beberapa produk yang telah selesai di produksi di kota Solo selanjutnya akan dikirimkan ke depot yang berada di kota Surabaya untuk memenuhi permintaan pelanggan yang berada di Indonesia bagian timur.

PT. AAA mempunyai tiga jenis armada dengan karakteristik yang berbeda, sehingga dapat dikatakan bahwa PT. AAA mempunyai armada yang heterogen. Karakteristik armada tersebut berupa kapasitas dan dimensi armada yang berbeda. Pemenuhan permintaan pelanggan dilakukan berdasarkan kapasitas yang dimiliki oleh armada untuk menentukan lokasi pelanggan yang akan dituju. Urutan rute pengiriman produk ke pelanggan ditentukan oleh operator sendiri berdasarkan sering atau biasa dilewati oleh armada bukan berdasarkan perencanaan yang matang. Hal tersebut mengakibatkan sejumlah keterlambatan pengiriman produk ke pelanggan, karena armada tiba di luar jam buka dan tutup toko. Bila pengiriman terlambat di pada hari tertentu, maka perusahaan harus mengirimkan kembali produknya di hari berikutnya. Hal tersebut mengakibatkan bertambahnya jarak tempuh yang harus dilalui oleh armada.

Tabel 1 Jumlah keterlambatan Pengiriman

	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu
Total Pemesanan	40	43	50	45	20	25
Target Pengiriman	38	41	48	43	19	24
Total Pengiriman	32	37	40	37	17	23
Kurang	6	4	8	6	2	1
Rata-Rata Keterlambatan	5					

Pada setiap perencanaan pengiriman, perusahaan selalu menetapkan target pengiriman yang harus dicapai, namun rata-rata setiap hari terdapat kekurangan pengiriman dari target yang telah ditentukan. Hal tersebut disebabkan oleh keterlambatan pengiriman ke lokasi pelanggan. Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa setiap hari PT. AAA selalu mengalami keterlambatan pengiriman yang menyebabkan produk yang diantar tidak diterima oleh pelanggan. PT. AAA mengalami rata-rata keterlambatan pengiriman sebanyak lima lokasi pelanggan per hari. Keterlambatan pengiriman produk yang dialami oleh perusahaan pada hari tertentu harus dikirimkan kembali pada hari berikutnya. Hal tersebut dapat memengaruhi perencanaan rute pengiriman yang telah direncanakan oleh PT. AAA pada hari sebelumnya. Berikut ini merupakan diagram yang menggambarkan penyebab keterlambatan pengiriman yang dialami oleh PT. AAA:



Gambar 1 Penyebab Keterlambatan PT. AAA (Sumber: Bagian Distribusi PT. AAA 2017)

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa penentuan rute menjadi penyebab keterlambatan pengiriman oleh PT. AAA karena mempunyai persentase yang paling tinggi yaitu sebesar 48%. Data tersebut diperoleh dari bagian distribusi PT. AAA pada tahun 2017.

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka diperlukan perencanaan rute dengan

memperhatikan kapasitas armada dan jarak tempuh agar optimal. Pada penelitian ini, akan dilakukan perencanaan rute pengiriman berdasarkan kapasitas, jam buka-tutup, waktu tempuh, dan jarak tempuh armada untuk masing-masing pelanggan. Penelitian ini menggunakan *Vehicle Routing Problem* (VRP) dalam menyelesaikan permasalahan pada PT. AAA. VRP digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang kompleks dengan tujuan untuk menentukan rute kendaraan dan meminimalkan jarak tempuh armada. Pada penelitian ini, VRP yang digunakan untuk memecahkan masalah adalah VRP *with Heterogeneous Fleet* dan VRP *Time Windows*.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Manajemen Rantai Pasok

(Branch, 2009) Rantai pasok pada dasarnya merupakan sebuah kumpulan organisasi atau perusahaan yang bersifat individu, lalu terhubung melalui suatu produk datau layanan yang mereka berikan secara terpisah atau secara bersama-sama dengan memberikan nilai tambah untuk selanjutnya diberikan kepada konsumen. (Lu, 2011) Supply chain telah didefinisikan sebagai urutan kejadian dalam pergerakan arus suatu barang yang dapat memberi nilai tambah pada suatu barang tertentu yang mencakup mengenai konversi, perakitan, pembongkaran, pergerakan, dan penempatan. *Supply chain* menghubungkan antara produsen, manufaktur, dan pemasok dengan distributor atau konsumen yang melibatkan suatu layanan khusus.

### 2.2 Transportasi dan Distribusi

Menurut (Crainic & Laporte, 1998) Transportasi merupakan bidang kompleks yang melibatkan beberapa pemain dan tingkat keputusan, ketidakpastian dan pengeluaran modal yang besar. Agar tetap kompetitif dengan pesaingnya, perusahaan atau industri harus terus melakukan perbaikan berdasarkan besarnya data, model dan teknik pengoptimalan yang canggih, serta teknologi komputer dan informasi yang kuat. PT. AAA memiliki tiga jenis armada

yang digunakan yaitu *Grandmax Blindvan* dengan kapasitas angkut sebesar 900 Kg sebanyak dua armada, *Grandmax Pickupbox* dengan kapasitas angkut sebesar 900 Kg sebanyak tiga armada, dan *L300 Pickupbox* dengan kapasitas angkut 1050 Kg sebanyak satu armada.

### 2.3 Vehicle Routing Problem (VRP)

Menurut (Toth & Vigo, Exact Solution of The Vehicle Routing Problem, 1998) *Vehicle Routing Problem* (VRP) merupakan suatu permasalahan optimasi kombinatorial yang rumit, digunakan untuk memecahkan masalah penentuan rute pengiriman oleh armada untuk melayani satu atau lebih pelanggan dari perusahaan berdasarkan satu atau lebih depot yang ada. Terdapat beberapa batasan yang tidak boleh dilanggar seperti armada tidak dapat membawa produk melebihi kapasitas armada, armada tidak dapat melewati rute selain yang telah ditentukan, layanan yang diberikan kepada pelanggan harus berada pada rentang waktu tertentu sesuai yang telah ditentukan. Menurut (Toth & Vigo, Vehicle Routing Problems, Methods, and Applications, 2014) VRP dapat diklasifikasikan menjadi berbagai jenis yaitu sebagai berikut:

Berikut ini merupakan klasifikasi dari VRP:

1. *Capacitated VRP*  
*Capacitated VRP* (CVRP) merupakan jenis VRP klasik yang merancang rute pengiriman, dimana setiap kendaraan yang bertugas hanya menempuh satu rute saja. CVRP mempunyai batasan yaitu jumlah barang yang diangkut tidak boleh melebihi kapasitas armada. Tujuan dari CVRP adalah untuk meminimasi *total cost* (jarak tempuh atau waktu tempuh).
2. *Heterogeneous Fleet VRP*  
*Heterogeneous Fleet VRP* merupakan jenis VRP dengan permasalahan perusahaan memiliki berbagai armada dengan karakteristik yang berbeda biasanya berupa kapasitas angkut untuk masing-masing armada. VRP ini dapat juga disebut *Mixed Fleet VRP*.
3. *Time Window VRP*

*Time Window* VRP merupakan jenis VRP dimana pengiriman dilakukan pada rentang waktu tertentu, sesuai yang telah ditentukan. Perusahaan tidak dapat mengirimkan barang diluar rentang waktu tersebut, karena dapat dikenakan penalti.

4. *Pickup and Delivery* VRP (Tasan & Gen, 2012) *Pickup and Delivery* VRP merupakan klasifikasi dari VRP dimana barang atau produk harus diambil pada tempat tertentu dan diturunkan ke tempat tujuan. *Pick-up* dan *drop-off* harus dilakukan oleh kendaraan yang sama, maka dari itu lokasi pengambilan dan lokasi penurunan barang dimasukkan ke dalam rute yang sama.
5. *VRP with Backhauls* (Pradenas, Oportus, & Parada, 2013) *VRP with Backhauls* klasifikasi VRP dimana armada melakukan pengiriman dan penjemputan dalam satu rute.
6. *Multi Depot* VRP *Multi Depot* VRP merupakan VRP dengan permasalahan perusahaan mempunyai berbagai depot yang tersebar di sekitar lokasi *customer*.
7. *Periodic* VRP *Periodic Multi Depot* VRP merupakan VRP yang digunakan ketika perencanaan yang dilakukan telah selesai dengan periode tertentu. Pengiriman kepada *customer* dapat diselesaikan pada waktu yang berbeda. Armada yang digunakan dapat mengirimkan atau mengunjungi *customer* lebih dari satu kali dengan frekuensi yang telah ditentukan.
8. *VRP with Multiple Product and Compartments* *VRP with Multiple Product and Compartments* merupakan VRP dimana barang atau produk yang dikirimkan kepada pelanggan mempunyai berbagai macam jenis produk dengan karakteristik yang berbeda. VRP ini dapat juga disebut *multi compartments* VRP.
9. *Split* VRP *Split* VRP merupakan permasalahan VRP dimana demand atau permintaan pelanggan dapat dibagi (*Split*) menjadi lebih kecil ke berbagai kendaraan.

Tujuan dari VRP ini adalah untuk meminimalkan atau menghemat ongkos yang dikeluarkan.

#### 10. *Multi Trip* VRP

*Multi Trip* VRP merupakan klasifikasi VRP dengan permasalahan armada yang digunakan oleh perusahaan terbatas dan mempunyai kapasitas yang kecil sehingga menyebabkan armada tersebut harus digunakan berulang kali.

### 2.4 Metode Penyelesaian

Berikut ini merupakan metode penyelesaian dari algoritma yang digunakan :

#### 2.4.1 Metode Nearest Neighbour

Metode *nearest neighbour* adalah metode yang biasa digunakan untuk membangun solusi awal pada algoritma *Tabu Search*. Metode ini melakukan klasifikasi *node* berdasarkan jarak yang paling dekat dengan objek tersebut. *Nearest neighbour* dimulai dengan *node* mana saja lalu mencari *node* yang paling dekat dengan *node* yang ditambahkan terakhir di setiap langkah. Iterasi ini akan berhenti ketika semua *node* telah dimasukkan.

#### 2.4.2 Metode Two Phase Tabu Search

(Suyanto, 2010) *Tabu Search* merupakan metode optimasi matematis yang termasuk ke dalam kelas *local search*. *Tabu Search* memperbaiki performansi *local search* dengan memanfaatkan penggunaan struktur *memory*. (Jiang, Ng, Poh, & Teo, 2014) Algoritma *Two-phase tabu search* merupakan sebuah metode yang digunakan untuk menyelesaikan VRP dengan *heterogeneous fleet and time windows* sebagai pengembangan dari algoritma *Tabu Search*. Algoritma ini memiliki dua fase, fase pertama yaitu algoritma *tabu search* diperluas untuk menangani skenario masalah *heterogeneous fleet*. Selanjutnya fase kedua, merupakan prosedur pasca- pemrosesan yang dikembangkan untuk meningkatkan hasil dari solusi.



A = hubungan keterkaitan antar node  
 $= \{(i,j) : 0 \leq i,j \leq n, i \neq j\}$   
 K = kumpulan armada yang digunakan  
 C = kumpulan tipe armada yang digunakan

Indeks:

i = indeks notasi,  $i = 1,2,3,\dots, N$  adalah pelanggan atau distribution centre yang memulai kegiatan distribusi

j = indeks notasi,  $j = 1,2,3,\dots, N$  adalah pelanggan atau distribution centre yang memulai kegiatan distribusi

k = indeks notasi,  $k = 1,2,3,\dots, K$  adalah armada yang digunakan untuk kegiatan distribusi

c = indeks notasi,  $c = 1,2,3,\dots, C$  adalah tipe armada yang digunakan untuk kegiatan distribusi

Parameter:

Dij = jarak tempuh armada dari titik i ke j (Km)

tij = waktu tempuh armada dari titik i ke j

(Jam)

cij = kecepatan rata-rata kendaraan dari titik i ke j (Km/Jam)

di = permintaan dari pelanggan di titik i ( $i \in N$ ) dalam (Kg)

qc = kapasitas armada untuk tipe c ( $c \in C$ )

Si = waktu pelayanan (unloading) untuk setiap pelanggan ( $i \in N$ ) (Jam)

[ei, li] = jam buka dan jam tutup untuk setiap pelanggan ( $i \in N$ )

[E, L] = jam awal berangkat dan jam terakhir kembali untuk setiap armada dari distribution center ( $k \in K$ )

nc = jumlah armada yang tersedia untuk setiap tipe c ( $c \in C$ )

Variabel Keputusan:

$x_{ij}^k = 1$  jika untuk setiap titik dari i ke j dilewati oleh armada k  
 $= 0$  jika untuk setiap titik dari i ke j tidak dilewati oleh armada k

$a_{ik}$  = waktu kedatangan untuk armada k pada pelanggan i

Fungsi tujuan:

$$\text{Min } \sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in A} D_{ij} x_{ij}^k$$

Berdasarkan fungsi tujuan diatas, bahwa tujuan dari penelitian ini adalah untuk meminimasi total jarak tempuh pada kegiatan distribusi produk dari depot ke pelanggan untuk mengurangi keterlambatan yang terjadi akibat penentuan rute yang kurang baik. Pengiriman dilakukan dalam rentang jam buka dan jam tutup toko.  $m_{ij}$  merupakan jarak tempuh dari titik i ke titik j, sedangkan  $x^k$  merupakan rute distribusi dari titik i ke titik j untuk setiap armada k.

Pembatas:

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in V} x^k \leq 1 \quad \forall i \in N \quad (1)$$

Pembatas (1) memastikan bahwa rute dari pelanggan  $i^{ij}$  ke pelanggan j hanya dapat dikunjungi oleh satu armada saja.

$$\sum_{j \in N} x_{0j}^k \leq 1 \quad \forall k \in K \quad (2)$$

Pembatas (2) memastikan bahwa armada k hanya mengunjungi pelanggan j pada saat keluar dari depot sehingga armada k tidak mendapatkan penugasan lebih dari satu kali.

$$\sum_{i \in N} x_{i0}^k \leq 1 \quad \forall k \in K \quad (3)$$

Pembatas (3) memastikan bahwa armada k kembali ke depot hanya dari pelanggan j sehingga armada k tidak mendapatkan penugasan lebih dari satu kali.

$$\sum_{i \in V} x_{ij}^k = \sum_{i \in V} x_{ji}^k \quad \forall j \in V, k \in K \quad (4)$$

Pembatas (4) memastikan bahwa rute dari pelanggan i ke pelanggan j adalah sama dengan rute dari pelanggan j ke pelanggan i, sehingga setelah kendaraan meninggalkan

pelanggan tidak kembali lagi ke pelanggan tersebut.

$$\sum_{i \in N} d_i \sum_{j \in \Delta_i} x_{ij}^k \leq q \quad \forall k \in S_c, c \in C \quad (5)$$

Pembatas (5) memastikan bahwa total permintaan pelanggan untuk setiap rute tidak melebihi dari kapasitas setiap armada k.

$$x_{ij}^k (a_{ik} + w_{ik} + s_i + t_{ij} - a_{jk}) = 0 \quad \forall k \in K, (i, j) \in A \quad (6)$$

Pembatas (6) menunjukkan waktu kedatangan armada k dengan pelanggan pada rute yang dilalui. Waktu kedatangan armada merupakan penjumlahan dari waktu kedatangan, waktu pelayanan pada setiap pelanggan i, waktu tunggu pada setiap pelanggan i, dan waktu tempuh dari pelanggan i ke pelanggan j, dikurangi dengan waktu kedatangan pada pelanggan j sama dengan nol.

$$a_{ik} \leq l_i \sum_{j \in \Delta_i} x_{ij}^k \quad \forall k \in K, i \in N \quad (7)$$

Pembatas (7) memastikan bahwa waktu kedatangan armada k pada pelanggan i tidak melebihi dari jam tutup pelanggan i yang dilalui.

$$e_i \sum_{j \in \Delta_i} x_{ij}^k \leq a_{ik} + w_{ik} \leq l_i \sum_{j \in \Delta_i} x_{ij}^k \quad \forall k \in K, i \in N \quad (8)$$

Pembatas (8) merupakan jam buka dan jam tutup pelanggan. Kedatangan armada ditambah dengan waktu tunggu harus berada diantara jam buka dan jam tutup toko tersebut.

$$E \leq a_{ok} \leq L \quad \forall k \in K \quad (9)$$

Pembatas (9) merupakan waktu awal keberangkatan armada k dan waktu terakhir armada k kembali ke depot. Pembatas ini memastikan bahwa kedatangan armada k ke depot harus berada di rentang tersebut.

$$\sum_{k \in S_c} \sum_{j \in N} x_{0j}^k \leq n \quad \forall c \in C \quad (10)$$

Pembatas (10) menunjukkan armada yang tersedia untuk setiap tipe. Armada harus berangkat dimulai dari depot dan armada yang ditugaskan tidak boleh melebihi jumlah armada yang tersedia.

$$w_{ik} \geq 0 \quad \forall k \in K, i \in N \quad (11)$$

Pembatas (11) memastikan bahwa waktu tunggu (*waiting time*) harus lebih besar atau sama dengan nol.

$$a_{ik} \geq 0 \quad \forall k \in K, i \in N \quad (12)$$

Pembatas (12) memastikan bahwa waktu kedatangan armada (*arrival time*) harus lebih besar atau sama dengan nol.

$$x_{ij}^k \in \{0,1\} \quad \forall k \in K, (i, j) \in A \quad (13)$$

Pembatas (13) membatasi nilai-nilai variabel yang merupakan rute dari pelanggan i menuju ke pelanggan j dengan menggunakan armada k. Nilai variabel tersebut akan bernilai 1 jika dilewati oleh armada k dan bernilai nol apabila tidak dilewati armada k.

$$d_i \sum_{j \in \Delta_i} x_{ij}^k = d_i \quad i \in N, \forall k \in K \quad (14)$$

Pembatas memastikan bahwa seluruh *demand* dari setiap pelanggan harus terpenuhi.

### 4.3 Kondisi Awal

Rute distribusi didapatkan dari perusahaan dengan jarak tempuh yang berbeda-beda untuk setiap kendaraan. Rute yang diambil adalah rute distribusi yang

mengalami kendala keterlambatan dalam pengiriman barang. Terdapat total enam armada yang digunakan untuk pengiriman barang ke pelanggan dengan tipe yang berbeda-beda. Berikut ini merupakan rute awal pengiriman produk oleh perusahaan :

Tabel 2 Kondisi Rute Awal Distribusi

Armada	Kondisi Awal Rute Distribusi	Jarak Tempuh (Km)
Grandmax Blindvan 1	D - Tb016 - Tb013 - Tb079 - Tb082 - Tb062 - Tb009 - D	112,73
Grandmax Blindvan 2	D - Tb003 - Tb017 - Tb057 - Tb046 - Tb048 - Tb054 - Tb055 - Tb007 - Tb004 - D	138,26
Grandmax Pickup Box 1	D - Tb006 - Tb001 - Tb084 - Tb025 - Tb019 - Tb028 - Tb063 - Tb071 - D	186,66
Grandmax Pickup Box 2	D - Tb010 - Tb012 - Tb014 - Tb002 - Tb015 - Tb075 - Tb051 - D	104,92
Grandmax Pickup Box 3	D - Tb043 - Tb038 - Tb041 - Tb040 - Tb052 - Tb047 - D	178,21
L300 Pickup Box	D - Tb078 - Tb076 - Tb033 - Tb036 - Tb023 - Tb032 - Tb030	181,34
Total		938,93

### 4.3 Two Phase Tabu Search

Algoritma *Two-Phase Tabu Search* memiliki dua fase. Fase pertama adalah sorting yaitu dengan menggunakan algoritma *nearest neighbour* untuk

mengelompokkan pelanggan berdasarkan jarak tempuh paling pendek. Selanjutnya ada tabu search move untuk melakukan pertukaran (*exchange*) antar dua rute dari solusi awal yang didapat. Fase pertama digunakan untuk mengurutkan pelanggan dan armada yang digunakan. Pada fase dua dilakukan splitting dengan membagi atau mengurutkan rute pelanggan berdasarkan kapasitas armada yang paling kecil, dengan tujuan untuk mengurangi ongkos transportasi. Berikut ini merupakan tabel perbandingan rute distribusi hasil perhitungan antara fase 1 dengan fase 2 *tabu search*:

Tabel 3 Hasil Fase 1

Rute	Fase 1	
	Armada	Total Jarak
1	L300	99.482
2	Grandmax Pickupbox 1	148
3	Grandmax Pickupbox 2	121.744
4	Grandmax Pickupbox 3	167.421
5	Grandmax Blindvan 1	155.833
6	Grandmax Blindvan 2	189.642
Total		727.516

Berdasarkan Tabel 3, dapat diketahui bahwa perhitungan pada fase 1 memiliki total jarak tempuh sebesar 727,516 km dengan urutan pengiriman dimulai dari armada yang memiliki kapasitas terbesar.

Tabel 4 Hasil Fase 2

Rute	Fase 2	
	Armada	Total Jarak
1	Grandmax Blindvan 1	99.482
2	Grandmax Blindvan 2	148
3	Grandmax Pickupbox 1	121.744
4	Grandmax Pickupbox 2	167.421
5	Grandmax Pickupbox 3	155.833
6	L300	189.642
Total		882.035

Berdasarkan Tabel 4, dapat diketahui bahwa perhitungan pada fase 2 memiliki total jarak tempuh sebesar 882,035 km dengan urutan pengiriman dimulai dari armada yang memiliki kapasitas terkecil.

Berdasarkan Tabel 3 dan Tabel 4, dapat diketahui bahwa perhitungan pada fase 1 menghasilkan solusi yang lebih baik dibandingkan dengan fase 2 algoritma *Two-Phase Tabu Search*. Maka dari itu, solusi rute distribusi yang akan digunakan adalah

solusi perhitungan fase 1. Setelah didapatkan hasil solusi terbaik, solusi tersebut dibandingkan dengan hasil pada kondisi awal. Dapat diketahui dari Tabel 2 dan Tabel 3 bahwa terdapat perbedaan jarak tempuh antara rute distribusi kondisi awal dengan rute distribusi usulan. Rute jarak tempuh dengan menggunakan algoritma *Two-Phase Tabu Search* mengalami penurunan sebesar 22,51%.

Tabel 5 Hasil Fase 2

	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu
Total Pemesanan (pelanggan)	40	43	50	45	20	25
Target Pengiriman (pelanggan)	38	41	48	43	19	24
Total Pengiriman (pelanggan)	32	43	40	37	17	23
Kurang (pelanggan)	6	0	8	6	2	1
Rata-Rata Keterlambatan (pelanggan)	4					

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 5, dapat diketahui bahwa rata-rata keterlambatan perhari berkurang menjadi enam lokasi untuk setiap harinya.

## 5 KESIMPULAN

1. Keterlambatan pengiriman produk ke pelanggan berdasarkan penentuan rute yang kurang baik dari operator
2. Pada perhitungan fase pertama algoritma *Two-Phase Tabu Search* diketahui total jarak sebesar 727,516 Km dengan keterlambatan pengiriman sebanyak 0 pelanggan
3. Pada perhitungan fase kedua algoritma *Two-Phase Tabu Search* diketahui total jarak sebesar 882,035 Km dengan keterlambatan pengiriman sebanyak enam pelanggan
4. Berdasarkan perbandingan rute distribusi usulan dengan rute distribusi pada kondisi awal, terdapat pengurangan jarak tempuh sebesar 22,51%

## DAFTAR PUSTAKA

- Branch, A. E. 2009. *Global Supply Chain Management and International Logistics*. New York: Routledge.
- Crainic, T. G., & Laporte, G. 1998. *Fleet Management and Logistics*. London: Kluwer Academic Publisher.



- Jiang, J., Ng, K. M., Poh, K. L., & Teo, K. M. 2014. Vehicle Routing Problem with a Heterogeneous Fleet and Time Windows. *Expert Systems with Application*, 3748- 3760.
- Kartikasari, Damayanti, D. D., & Santosa, B. (t.thn.). Perancangan Rute dan Penugasan Kendaraan Pada Pendistribusian Produk di PT. XYZ untuk Meminimasi Total Biaya Transportasi Menggunakan Algoritma Genetika.
- Lu, D. D. 2011. *Fundamentals of Supply Chain Management*. Frederikesberg: Ventus Publishing Aps.
- Muttaqin, P. S., Ridwan, A. Y., & Santosa, B. (t.thn.). Penentuan Rute Armada di PT. XYZ Menggunakan Algoritma Tabu Search pada Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem with Time Window untuk Meminimasi Jarak dan Biaya Transportasi.
- Pradenas, L., Oportus, B., & Parada, V. 2013. Mitigation of greenhouse gas emissions in vehicle routing problems with backhauling. *Expert Systems with Applications*, 2985-2991.
- Suyanto. 2010. *Algoritma Optimasi Deterministik atau Probabilistik*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Tasan, A. S., & Gen, M. 2012. A genetic algorithm based approach to vehicle routing problem with simultaneous pick-up and deliveries . *Computers & Industrial Engineering*, 755-761.
- Toth, P., & Vigo, D. 1998. Exact Solution of The Vehicle Routing Problem. Dalam T. G. Crainic, & G. Laporte, *Fleet Management and Logistics* (hal. 1). Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Toth, P., & Vigo, D. 2014. *Vehicle Routing Problems, Mehtods, and Applications* . Bologna: Society for Industrial and Applied Mathematics and the Mathematical Optimization Society.