

## PENYELESAIAN MASALAH KETERLAMBATAN PADA PERMASALAHAN VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOW DISTRIBUSI OBAT DI PT XYZ BANDUNG DENGAN ALGORITMA BRANCH AND BOUND

<sup>1</sup>M Ghofar Arrosid, <sup>2</sup>Luciana Andrawina, <sup>3</sup>Murni Dwi Astuti

<sup>1,2,3</sup>Program Studi S1 Teknik Industri. Fakultas Rekayasa Industri. Universitas Telkom

<sup>1</sup>41212051d@gmail.com, <sup>2</sup>luciana@telkomuniversity.ac.id, <sup>3</sup>murni.dwiastuti@telkomuniversity.ac.id

---

### ABSTRAK:

*Supply chain management adalah segala sesuatu yang mempunyai hubungan dari berbagai sumber bisnis yang ada, baik didalam perusahaan maupun diluar perusahaan untuk mendapatkan suatu sistem yang berani bersaing serta menciptakan aliran produk dan informasi. Transportasi produk adalah kegiatan perpindahan barang dari suatu tempat ke tempat yang berbeda, pengangkutan barang memutuhkan alat bantu yang sesuai dengan kebutuhan agar menunjang kelangsungan operasional serta tepat waktu. Transportasi dalam SCM menyumbang sampai 60% dari total biaya logistik. Maka dari itu, perlunya perusahaan mempunyai sistem transportasi yang baik dan benar. PT XYZ adalah sebuah Distribution Center khusus apotek Kimia Farma yang ada di wilayah Bandung. PT XYZ mempunyai masalah dalam proses distribusi yaitu masih ada keterlambatan pengiriman ke pelanggan karena belum ada konfigurasi rute yang tepat. Keterlambatan ini berakibat meningkatnya biaya transportasi yang ditanggung oleh PT XYZ. Permasalahan seperti ini disebut Vehicle routing problem (VRP) yaitu penentuan rute kendaraan untuk distribusi dengan berbagai batasan. Pada penelitian ini, batasan yang digunakan adalah mempunyai armada dengan kapasitas berbeda (heterogeneous fleet) dan mempunyai jam batas pelayanan (time windows). Dalam penyelesaian masalah VRP ini, digunakanlah algoritma branch and bound untuk menghasilkan solusi. Hasil dari peneraapan algoritma ini mendapatkan konfigurasi rute yang optimal sehingga permasalahan keterlambatan dapat diatasi dan menurunkan biaya transportasi sebesar 2%.*

**Kata Kunci :** VRP, Time Windows, Heterogeneous fleet, Algoritma Branch and Bound

---

### ABSTRACT:

*Supply chain management is anything that has a connection from various existing business sources, both within the company and outside the company to get a system that dares to compete and create a flow of products and information. Transportation of products is the activity of moving goods from one place to another, the transportation of goods requires a tool that is in accordance with the needs to support the continuity of operations and timely. Transportation within SCM accounts for up to 60% of total logistics costs. Therefore, the need for the company has a good and correct transportation system. PT XYZ is a Distribution Center special chemist pharmacy Kimia Farma in Bandung area. PT XYZ has problems in the distribution process that there is still delay in delivery to the customer because there is no proper route configuration. This delay resulted in increased transportation costs borne by PT XYZ. Such problems are called Vehicle routing problem (VRP) which is the determination of the vehicle route for distribution with various limitations. In this study, the limitations used are having a fleet of different capacities (heterogeneous fleet) and have a clock service (time windows). In solving this VRP problem, a branch and bound algorithm is used to generate a solution. The result of this algorithm determination gets the optimal route configuration so that the delay problem can be overcome and decrease the transportation cost by 2%.*

**Keywords:** VRP, Windows Time, Heterogeneous fleet, Branch and Bound Algorithm.

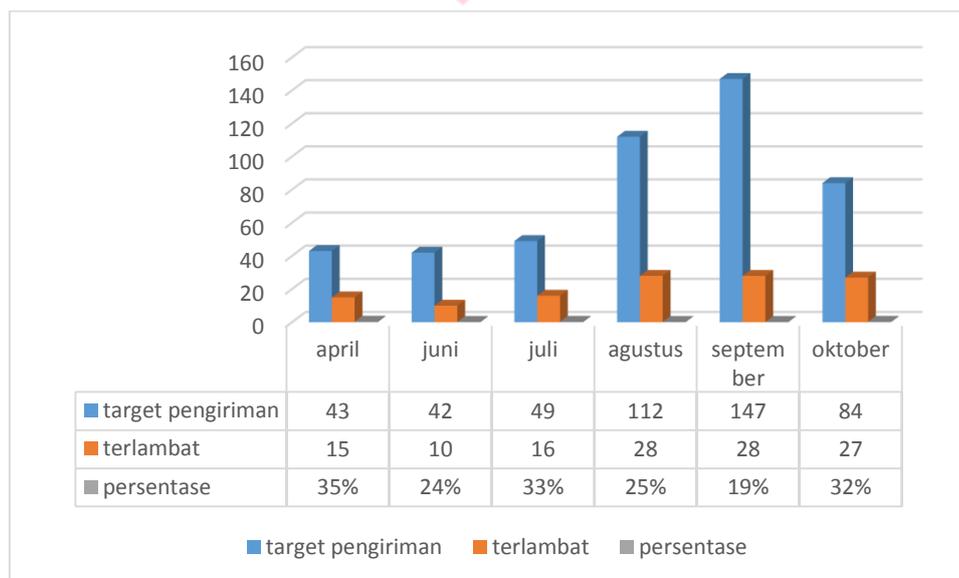
---

## 1. PENDAHULUAN

*supply chain management* adalah segala sesuatu yang mempunyai hubungan dari berbagai sumber bisnis yang ada, baik didalam perusahaan maupun diluar perusahaan untuk mendapatkan suatu sistem yang berani bersaing serta menciptakan aliran produk dan informasi. Produk dan informasi tersebut harus mempunyai nilai yang tinggi kepada pelanggan. Dalam aktifitas SCM, perlu adanya layanan transportasi yang berguna untuk perpindahan barang. Transportasi adalah kegiatan perpindahan barang dari tempat satu ke tempat yang lain bertujuan untuk memudahkan proses selanjutnya. Transportasi produk adalah kegiatan perpindahan barang dari suatu tempat ke tempat yang berbeda. Pengangkutan barang membutuhkan alat bantu yang sesuai dengan kebutuhan agar menunjang kelangsungan operasional serta tepat waktu<sup>[1]</sup>. Hal ini memegang peranan penting dalam dunia *supply chain management* karena salah satu faktor utama biaya SCM. Setiap perusahaan seharusnya mempunyai strategi tersendiri dalam mengatur transportasi barang atau produk dari perusahaannya sendiri. Sehingga dapat melayani semua kebutuhan pelanggan.

PT XYZ adalah *Distributor Center* (DC) seluruh kebutuhan apotek Kimia Farma yang terletak di wilayah Bandung dan sekitarnya. PT XYZ ini mempunyai 2 kendaraan yang berbeda jenis dan dalam seminggu harus mengirim pesanan ke pelanggan selama 4 hari. Setiap armada akan mengirimkan pesanan ke pelanggan yang ada di wilayah Bandung dan sekitarnya dan armada kembali ke depot semula setelah selesai mengirimkan barang pada hari itu. Jumlah titik distribusi yang harus dilayani oleh PT XYZ sejumlah 29 titik tetapi 2 titik berada diluar wilayah Bandung sehingga hanya 27 titik yang akan diteliti pada penelitian ini.

Dalam setiap pengirimannya, *driver* armada perusahaan PT XYZ tidak mempunyai penetapan rute yang tepat dalam pengirimannya sehingga banyak terdapat pengiriman yang tidak terpenuhi. Akibatnya PT XYZ harus mengirim pesanan ke hari yang lain yang akan mengakibatkan penambahan biaya transportasi. Gambar 1 menunjukkan perbandingan target pengiriman setiap hari dengan pengiriman yang tidak terpenuhi.



Gambar 1 Perbandingan target pengiriman dengan pengiriman yang tidak terpenuhi

Dalam setiap bulannya rata-rata perusahaan mengalami keterlambatan sebanyak 28% dalam rencana pengirimannya. Keterlambatan disini adalah ketika armada datang melebihi jam buka dari konsumen. Permasalahan ini diselesaikan dengan pendekatan *vehicle routing problem* karena mempunyai karakteristik permasalahan yang melibatkan lebih dari satu armada dan satu set pelanggan yang akan dikunjungi setiap harinya. Pada penelitian ini akan menentukan rute optimal dalam pendistribusian yang dilakukan oleh PT XYZ sehingga dapat meminimasi keterlambatan distribusi produk menggunakan algoritma *branch and bound*.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 *Supply chain management*

*Supply chain management* adalah sebuah alat bisnis yang kuat dalam dunia bisnis, dimana setiap perusahaan saling bersaing guna mendapatkan sistem yang terbaik agar dapat memenuhi tujuan perusahaan dalam sistem rantai pasok. *Supply chain management* selain berorientasi di dalam perusahaan dalam urusan internal, juga berperan eksternal untuk mendukung hubungan antar perusahaan-perusahaan dimana saling menjai patner bisnis.<sup>[2]</sup>

Tujuan dari manajemen rantai pasok adalah guna meningkatkan *throughput* yang dinilai dari tingkat penjualan terhadap pelanggan terakhir. Dan secara bersamaan itu juga, mengurangi persediaan produk dan biaya operasional<sup>[2]</sup>. Dengan begitu, maka bisa dikatakan tercapainya tujuan dari *supply chain management*.

## 2.2 Transportasi dan Distribusi

Kegiatan transportasi adalah kebutuhan yang penting dalam *supply chain* bagi perusahaan-perusahaan yang memang membutuhkan transportasi perpindahan produknya, kegiatan transportasi sangatlah penting terutama untuk mengirimkan produknya ke pelanggan. Produk dikatakan produktif atau tidak dilihat dari ketepatan waktu serta dalam jumlah yang sesuai dalam kemampuan pengiriman produk tersebut<sup>[2]</sup>. Proses distribusi adalah suatu proses penyampaian barang atau produk dari produsen ke konsumen yang membutuhkan pada waktu itu juga. Terdapat 4 peranan penting dari transportasi yaitu<sup>[1]</sup> :

1. Berpengaruh terhadap ketersediaan bahan baku dan barang jadi. Dengan menggunakan transportasi barang, bahan baku yang akan diproses produksi dan barang yang sudah jadi di distributor serta retailer untuk dilakukan penjualan dengan tepat waktu.
2. Transportasi barang selalu berpengaruh terhadap biaya proses produksi serta penetapan harga barang jadi.
3. Transportasi barang akan berpengaruh pada stabilitas harga pasar suatu produk. Stabilitas harga pasar akan terjamin jika dalam proses transportasi barang dapat cepat dan efisien.
4. Transportasi barang berpengaruh terhadap daya saing perusahaan akan harga barang. Jika dalam pengiriman barang bernilai murah, maka harga barang tersebut akan murah. Jika biaya pengiriman mahal, maka harga barang akan menjadi mahal

## 2.3 Vehicle routing problem

Dantziq dan Ramser merupakan orang pertama yang memperkenalkan dan mengembangkan *Vehicle Routing Problem* (VRP) pada tahun 1959. Sejak saat itu, VRP dipelajari secara luas oleh masyarakat. Fisher juga ikut mendefinisikan VRP, bahwa VRP adalah sebuah proses pencarian terhadap sejumlah kendaraan dalam melakukan perjalanan dalam mengunjungi sejumlah tempat, mengirimkan produk perusahaan, ataupun proses pejemputan orang secara efisien.

Menurut Rohandi pada tahun 2014 terdapat 4 tujuan umum VRP, yaitu<sup>[3]</sup> :

1. Mampu meminimalkan biaya, terutama biaya transportasi global. Karena VRP terkait jarak tempuh serta biaya tetap yang dikeluarkan oleh sebuah kendaraan.
2. Mampu meminimalkan jumlah kendaraan yang beroperasi dalam pendistribusian produk yang dibutuhkan dalam melayani semua konsumen yang terdaftar.
3. Mampu menyeimbangkan rute, dalam hal muatan kendaraan terhadap waktu perjalanan.
4. Mampu meminimalkan jumlah pinalti yang ada akibat pelayanan yang kurang optimal atau kurang memuaskan dari konsumen.

## 2.4 Algoritma Eksak dan Heuristik

Algoritma Eksak adalah sebuah algoritma dalam proses kerjanya akan menghasilkan solusi atau hasil akhir langsung dengan cara mencoba semua kemungkinan permutasi kemudian melihat mana solusi yang termurah. Pendekatan ini masih berada dalam faktor polinom  $O(n!)$ , faktorial dari kota-kota yang menjadi kandidat. Kemudian, solusi ini akan menjadi tidak praktis jika dalam proses, terdapat banyak sekali kota karena algoritma ini hanya untuk skitar 20 kota. Beberapa contoh dari algoritma eksak adalah algoritma *branch and bound* dan *cutting plane*.

Algoritma heuristik adalah sebuah algoritma aproksimasi. Maksudnya adalah sebuah algoritma yang dalam menemukan solusi hanya hasil yang hanya berupa hasil pendekatan untuk masalah NP-hard untuk masalah yang besar. Beberapa contoh yang tergolong dari algoritma heuristik adalah algoritma *nearest neighbor*, algoritma *nearest insertion*, algoritma *clarke and wright saving heuristic* dan lain sebagainya. Pada kenyataannya, metode heuristik terbagi lagi menjadi metode metaheuristik. Metode ini jauh lebih efektif dibanding dengan metode heuristik karena dalam waktu proses pada pencarian solusi dibutuhkan memang lebih lama dan terkadang tidak diketahui secara pasti. Tetapi, metode metaheuristik jauh lebih mampu untuk banyak parameter dalam pengolahan solusinya.

## 2.5 Algoritma Branch and bound

*Branch and bound* adalah sebuah algoritma yang berguna untuk mencari solusi optimal dari berbagai masalah optimasi, terutama permasalahan optimasi diskrit dan kombinatorial. Algoritma *branch and bound* mempunyai cara kerja dengan cara mencari sejumlah solusi yang lengkap untuk permasalahan yang ada, dengan

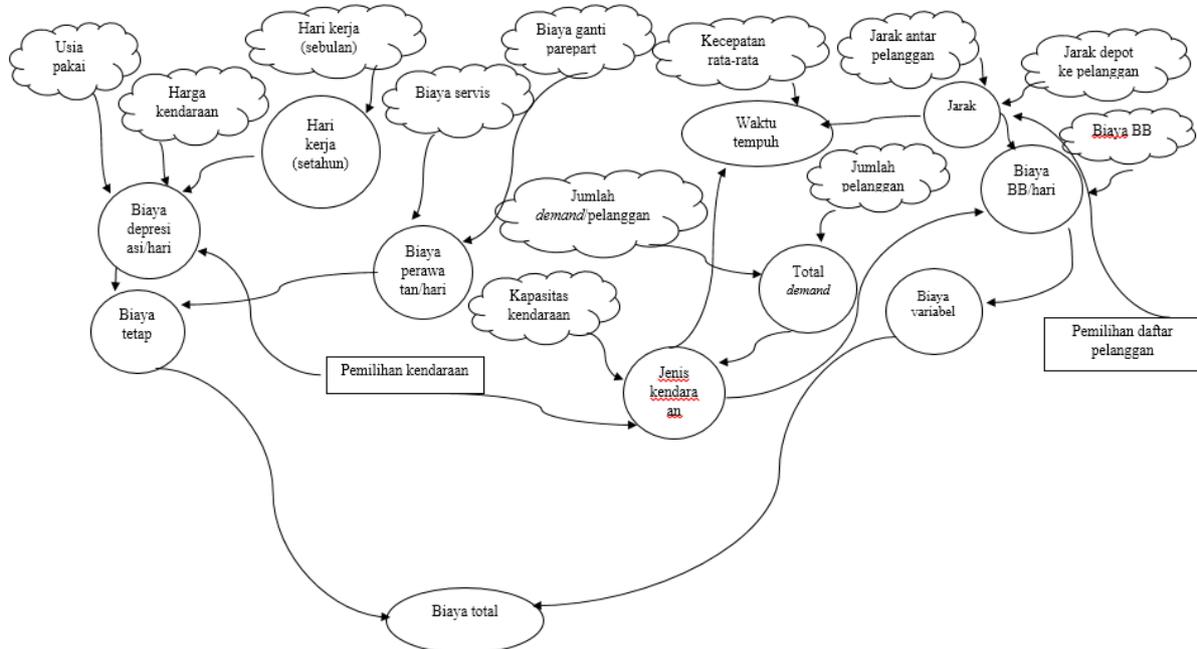
menghasilkan hasil yang terbaik. Walaupun seperti itu, tidak mungkin dilakukan dalam penambahan sejumlah solusi yang potensial dalam penggunaannya satu persatu [4].

Dalam VRP, masalah yang sering muncul berhubungan dengan rute perjalanan dalam pengiriman / pengantaran produk ataupun penjemputan dengan seharusnya diminimalkan permasalahan tersebut. Algoritma branch and bound terdiri dari perhitungan secara sistematis untuk semua kandidat solusi yang didapatkan. Algoritma ini merupakan salah satu metode untuk menghasilkan penyelesaian secara optimal program linier. Variabel-variabel keputusan bilangan bulat merupakan hasil dari metode algoritma ini. Terdapat 3 tahapan dasar dalam algoritma *branch and bound* yaitu percabangan (*branching*), pembatasan (*bounding*), dan pengukuran (*fathoming*). Batas (*bound*) dibutuhkan untuk menjalankan fungsi yang akan dioptimalkan dan dikombinasikan dengan nilai solusi terbaik yang didapatkan, dimana solusi ini memungkinkan algoritma *branch and bound* untuk mencari setiap bagian dari sejumlah solusi secara implisit atau terkandung didalamnya [4].

### 3. Pembahasan

#### 3.1 Influence Diagram

*Influence diagram* digunakan untuk mengetahui seberapa besar keterkaitan antar variabel, parameter ataupun masukan lainnya dalam penelitian ini.



Gambar 2 influence diagram

#### 3.2 Model Matematika

Model matematika pada penelitian ini sebagai berikut<sup>[5]</sup>:

Indeks :

- $k$  : nomer kendaraan ;  $k = 1,2,3,...k$
- $C_i$  : konsumen i ;  $i = 1,2,...N$
- $C_j$  : konsumen j ;  $j = 1,2,...N$

dimana :

$i \neq j$  dan  $i=0$  &  $j = 0$  adalah depot

Parameter :

- $q_k$  = kapasitas kendaraan k
- $m_i$  = demand di titik i
- $e_i$  = batas bawah *time window* di titik i
- $l_i$  = batas atas *time windows* di titik i
- $N$  = jumlah konsumen
- $y_i$  : = bilangan riil berubah-ubah

- $c_{ij}$  = biaya travel dari titik i ke j
- $d_{ij}$  = jarak travel dari titik i ke j
- $r_k$  = total waktu travel kendaraan k
- $t_{ij}$  = waktu perjalanan dari i ke j
- $f_i$  = waktu servis di titik i

Variabel Keputusan

- $x_{ijk}$  = 1 jika dari i ke j menggunakan kendaraan k, 0 jika lainnya
- $w_i$  = waktu tunggu sebelum di layani di titik i
- $t_i$  = waktu kedatangan di titik i

Fungsi Tujuan

Minimasi  $\sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N \sum_{k=1}^K c_{ij} x_{ijk}$  .....1

Pembatas

1. Menyatakan bahwa ada maksimal kendaraan yang keluar dari depot.  
 $\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^N x_{ijk} \leq K ; \text{ for } i = 0$ .....2
2. Menyatakan bahwa setiap rute berawal dan berakhir di depot.  
 $\sum_{j=1}^N x_{ijk} = \sum_{j=1}^N x_{jik} \leq 1; \text{ for } i = 0 \text{ and } k \in \{1, \dots, K\}$ .....3
3. Setiap konsumen hanya didatangi sekali oleh kendaraan.  
 $\sum_{k=1}^K \sum_{j=0}^N x_{ijk} = 1 ; \text{ for } i \in \{1, \dots, N\}$ .....4  
 $\sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^N x_{ijk} = 1 ; \text{ for } j \in \{1, \dots, N\}$ .....5
4. Kapasitas demand konsumen dalam satu rute tidak melebihi kapasitas kendaraan.  
 $\sum_{i=0}^N m_i \sum_{j=0}^N x_{ijk} \leq q_k \text{ for } k \in \{1, \dots, K\}$  .....6
5. Menyatakan waktu kendaraan lebih dari sama dengan total waktu travel.  
 $\sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N x_{ijk} (t_{ij} + f_i + w_i) \leq r_k \text{ for } k \in \{1, \dots, K\}$ .....7
6. Waktu kedatangan, waktu menunggu dan waktu servis di depot adalah 0.  
 $t_0 = w_0 = f_0 = 0$ .....8
7. Memastikan bahwa waktu kedatangan dititik i ditambah waktu travel dari i ke j ditambah pelayanan dititik i serta waktu tunggu dititik i adalah waktu kedatangan dititik j.  
 $\sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^N x_{ijk} (t_i + t_{ij} + f_i + w_i) = t_j \text{ for } j \in \{1, \dots, N\}$ .....9
8. Memastikan bahwa waktu kedatangan ditambah waktu tunggu masih dalam  
 $e_i \leq (t_i + w_i) \leq l_i \text{ for } i \in \{0, \dots, N\}$ .....10

3.3 Kondisi Awal Rute

Tabel 1 menunjukkan rute awal dalam 1 hari yang dilakukan oleh PT XYZ dalam pendistribusian produk ke konsumen.

Tabel 1 Kondisi Awal Rute

Rute	Kendaraan	Urutan Rute
1	Grandmax	DEPOT-APP2-APP1-APP19-APP9-DEPOT
2	Carry	DEPOT-APP26-APP7-APP3-DEPOT
3	Grandmax	DEPOT-APP6-APP22-APP27-APP25-DEPOT
4	Carry	DEPOT-APP24-APP5-APP8-DEPOT
5	Grandmax	DEPOT-APP14-APP15-APP16-APP23-DEPOT
6	Carry	DEPOT-APP18-APP10-APP12-DEPOT
7	Grandmax	DEPOT-APP20-APP4-APP19-APP17-DEPOT
8	Carry	DEPOT-APP21-APP13-APP11-DEPOT
TOTAL		Rp 727.765,00

### 3.4 Perhitungan Solusi menggunakan Algoritma *Branch and bound*

Metode eksak diperlukan untuk menghasilkan hasil yang lebih optimal dengan mencoba semua permutasi dan mengambil hasil yang termurah atau terbaik. Algoritma *branch and bound* merupakan salah satu algoritma eksak yang mempunyai kemampuan tersebut. Hasil dari algoritma *branch and bound* dalam menentukan rute yang optimal ditunjukkan dalam tabel 2.

Tabel 2 Hasil algoritma *Branch and bound*

Rute	Kendaraan	Urutan Rute						
1	Grandmax	DC	A1	A15	A17	DC		
2	Carry	DC	A2	A18	DC			
3	Grandmax	DC	A3	A5	A16	DC		
4	Carry	DC	A4	A19	A23	DC		
5	Grandmax	DC	A7	A8	A0	A10	A22	DC
6	Carry	DC	A9	A12	A21	A24	A26	DC
7	Grandmax	DC	A14	A20	A25	A13	DC	
8	Carry	DC	A6	A11	DC			

### 3.5 Analisis Perbandingan Jarak

Dalam penentuan biaya transportasi, jarak merupakan salah satu hal yang menjadi paramater perhitungan. Semakin besar nilai jarak tempuh, maka akan membuat suatu biaya itu menjadi lebih meningkat. Sehingga jarak harus menjadi seminimal mungkin. Total jarak tempuh pada kondisi eksisting sebesar 304,5 km, sedangkan setelah menggunakan algoritma *branch and bound* menjadi 276 km atau terjadi penurunan sebesar 9%. Penurunan tersebut sangat mempengaruhi penurunan biaya juga.

### 3.6 Analisis Perbandingan Pemenuhan Permintaan

Jika dilihat dari kondisi awal PT XYZ, pada kondisi awal belum memiliki kebijakan pengiriman yang dirancang oleh perusahaan mengalami keterlambatan pengiriman kepada pelanggan sebanyak 7 titik pelanggan. Hal ini dikarenakan armada yang seharusnya mengirim barang tepat waktu, pada kenyataannya melebihi batas waktu *time windows* sehingga mengakibatkan 2 kali pengiriman. Setelah dilakukan optimasi menggunakan algoritma *branch and bound*, semua permintaan pelanggan terpenuhi dalam *time window* karena rute sudah di sesuaikan dengan jarak dan *demand* setiap pelanggan.

### 3.7 Analisis Perbandingan Waktu Transportasi

Dalam pendistribusian barang, dimana setiap pelanggan mempunyai batas kunjung pengiriman atau *time windows*, sebuah perusahaan seharusnya mengirim barang atau produknya tepat waktu. Pada saat awal, PT XYZ dalam pengiriman produknya memerlukan waktu 1.171,152 menit. Tetapi setelah melakukan optimasi menggunakan algoritma *branch and bound*, hanya memakan waktu 1136 menit atau terjadi penurunan sebesar 3%.

### 3.8 Analisis Perbandingan Total Biaya

Dalam segala aspek pendistribusian barang, pada akhirnya berpengaruh terhadap total biaya. Total biaya yang dihasilkan menggunakan algoritma *branch and bound*, mampu menghemat biaya sebesar 2% dari kondisi awal, dimana kondisi awal sebesar Rp 727.765,00 dan untuk biaya usulan sebesar Rp 713.960,00.

## 4. Kesimpulan dan Saran

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian, bahwa dengan menggunakan algoritma *branch and bound*, mampu memperoleh hasil rute yang optimal pada proses pendistribusian yang dilakukan oleh PT XYZ dengan hasil sebagai berikut :

- Perhitungan menggunakan model *vehicle routing problem* dapat meningkatkan pengiriman *demand* kepada konsumen hingga 100% jika batasan-batasan yang ada terpenuhi.
- Jarak tempuh kendaraan dapat berkurang 9% dari 304,5 km menjadi 276 km.

- c. Waktu transportasi kendaraan dapat berkurang 3% dari 1171,152 menit menjadi 1136 menit.
- d. Biaya transportasi yang dikeluarkan oleh perusahaan berkurang 2% dari Rp 727.765,00 menjadi Rp 713.961,00.

#### 4.2 Saran

Dengan berbagai macam batasan pada penelitian ini, maka diharapkan pada penelitian selanjutnya dilakukan:

- a. Penelitian selanjutnya sebaiknya mempertimbangkan kondisi kemacetan jalan.
- b. Sebaiknya mempertimbangkan *container loading proses* dalam pendistribusian

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] Sayaha, W. (2013). Sukses Suplly Chain Management Akses Deman Chain Management. In Media
- [2] Pujawan, I. N. (2010). *Supply chain management*. Guna Widya.
- [3] Megantara, S. (2014). Penentuan Rute Distribusi Produk Obat Menggunakan Metode Sequential Insertion dan Clarke & Wright Savings (Studi Kasus di PT X Bandung).
- [4] Suyanto. (2010). Algoritma Optimasi Deterministik atau Probabilistik. Graha Ilmu.
- [5] Tan, K.C., Lee, L.H., dan Ou, K. (2001). *Artificial Intelligence Heuristics in Solving Vehicle Routing Problems with Time Window Constraints*.

