

Optimasi Rute Pengiriman pada CV. X Menggunakan Metode *Evolutionary Algorithm*

Setiadi Yulianto¹, I Gede Agus Widyadana², Nova Sepadyati³

Abstract: CV. X is an ice cube distributor. The company faced a problem that ice cube distribution time usually longer than time window that has been set by the company. This research is focused on minimization delivery time therefore the total delivery time will not exceed the time window. Currently, the company operates two cars and two treecycle motorbikes. Every vehicle has more than one route every day. Therefore this research problem is Vehicle Routing Problem With Time Window. This problem is solved using the Evolutionary Algorithm method in Microsoft Excel software. The proposed routes can reduce delivery time on two different days by 9.85% and 4.02% for cars, as well as 9.85% and 11.8% on treecycle motorbikes.

Keywords: evolutionary algorithm, solver excel, route optimization

Pendahuluan

CV. X merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pendistribusian es batu. Perusahaan ini merupakan perusahaan keluarga yang telah berdiri sejak tahun 1970. Pada mulanya CV. X mendistribusikan es balok saja, tetapi karena adanya jenis es baru yaitu es kristal. Sehingga muncullah permintaan akan es kristal tersebut. Permintaan akan es kristal yang meningkat membuat CV. X mendistribusikan dua macam es batu saat ini. Permintaan akan es kristal yang meningkat tersebut mengakibatkan permintaan akan es balok menurun drastis dan permintaan akan es kristal yang meningkat membuat CV. X menjadi fokus pada pendistribusian es kristal.

CV. X mengirimkan es kristal sesuai dengan kebutuhan para pelanggan sesuai permintaan yang diinginkan. Pengiriman dilakukan CV. X dengan cara dikirimkan ke beberapa agen yang ada. Agen yang dimiliki CV. X memiliki permintaan dengan jumlah yang berbeda-beda. Pengiriman yang dilakukan CV. X dilakukan dengan kendaraan yang berbeda-beda dengan kapasitas yang berbeda-beda juga. CV. X memiliki tiga jenis kendaraan, yaitu tiga motor, dua motor roda tiga, dan mobil box. Kendaraan yang ada memiliki kapasitas yang berbeda-beda. Kapasitas yang dimiliki mobil box memiliki kapasitas 270 kantong, motor roda tiga dengan kapasitas 160 kantong dan motor dengan kapasitas 20 kantong.

Pabrik es kristal yang menyuplai CV. X merupakan pabrik es kristal yang terletak di Prigen, Pandaan. Truk perusahaan mampu membawa 1200 kantong es kristal dalam sekali jalan. Di Surabaya terdapat peraturan yang membuat truk tidak dapat berjalan di kota pada jam 16.00 – 20.00 WIB. Peraturan yang ada membuat truk pabrik terkadang tidak dapat kembali dikarenakan muatan dari truk perusahaan harus langsung dipindahkan kedalam kendaraan CV. X dikarenakan es kristal yang masuk kedalam *cool storage* tidak dapat langsung diambil. Es kristal yang baru saja masuk kedalam *cool storage* harus menunggu sekitar 2-3 jam agar dapat diambil agar es tidak mudah mencair.

Metode Penelitian

Vehicle Routing Problem (VRP)

Vehicle Routing Problem (VRP) adalah suatu proses pendistribusian barang yang memiliki tujuan untuk mengoptimalkan jalur yang dilalui suatu kendaraan yang telah diketahui tempat pengiriman dan kapasitas dari kendaraan yang digunakan. Meminimalkan *cost* dengan mendesain jarak terpendek sehingga jumlah armada yang digunakan dapat menjadi seminimal mungkin dengan kapasitas kendaraan menjadi semaksimal mungkin adalah hal yang akan dilakukan. Pengaplikasian *Vehicle Routing Problem* dilakukan dengan menjalankan kendaraan yang memuat barang sesuai kebutuhan pada setiap *customer* yang dimiliki oleh perusahaan. Menurut Toth dan Vigo dalam bukunya *The Vehicle Routing Problem* terdapat empat tujuan umum dari VRP menurut Toth dan Vigo [1] yaitu sebagai berikut:

^{1,2,3} Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri, Universitas Kristen Petra. Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Email: setiadiyulianto97@gmail.com, gede@petra.ac.id, nova.s@petra.ac.id

- Meminimumkan biaya transportasi, biaya ini meliputi jarak dan biaya tetap pada kendaraan yang digunakan.
- Meminimumkan jumlah kendaraan dan pengemudi pada proses pendistribusian yang dilakukan.
- Menyeimbangkan rute yang ditempuh dengan waktu perjalanan dan muatan kendaraan agar distribusi yang dilakukan optimal.
- Meminimumkan penalti yang didapat karena pelanggan kurang puas.

Terdapat beberapa permasalahan VRP (Toth dan Vigo [1]), yaitu:

- *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)*. CVRP merupakan jenis *Vehicle Routing Problem* yang kendaraannya memiliki kapasitas terbatas.
- *Vehicle Routing Problem with Pick up and Delivery (VRPPD)*. VRPPD merupakan jenis *Vehicle Routing Problem* dengan pelayanan antar jemput sesuai permintaan pelanggan.
- *Distance Constrained Vehicle Routing Problem (DCVRP)*. DCVRP merupakan jenis *Vehicle Routing Problem* dengan adanya batasan pada panjang rute.
- *Vehicle Routing Problem with Multiple Depot (MDVRP)*. MDVRP merupakan jenis *Vehicle Routing Problem* yang memiliki banyak depot dalam pendistribusiannya.
- *Split Delivery Vehicle Routing Problem (SDVRP)*. SDVRP merupakan jenis *Vehicle Routing Problem* dimana pelayanan dilakukan dengan menggunakan kendaraan yang tidak sama.
- *Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW)*. VRPTW merupakan jenis *Vehicle Routing Problem* dengan kendala kapasitas kendaraan dan batasan waktu (*time windows*) pada setiap pelanggan dan depot.

Vehicle Routing Problem With Time Window (VRPTW)

VRPTW atau *Vehicle Routing Problem with Time Window*, memiliki metode perhitungan yang hampir sama dengan *Vehicle Routing Problem*, tetapi pada pelaksanaannya VRPTW memiliki tambahan batasan yaitu sebuah jangka waktu. Waktu yang ada berhubungan dengan setiap rute atau tempat yang akan dituju. Batasan waktu yang ada harus dipenuhi oleh pengirim sesuai dengan interval waktu yang diberikan. Pengiriman tidak boleh dilakukan kurang atau bahkan lebih dari batasan waktu yang diberikan. Tujuan dari algoritma ini, untuk memberikan batasan waktu pada pengirim untuk dapat meminimumkan jumlah kendaraan,

total waktu perjalanan dan waktu menunggu (Prana [2]).

Evolutionary Algorithm

Metode *evolutionary algorithm* merupakan suatu metode di dalam *solver Microsoft Excel*, yang dapat digunakan untuk mencari solusi optimal suatu model. Filosofi evolusi makhluk hidup merupakan dasar yang diambil untuk metode ini. *Evolutionary algorithm* sendiri dapat ditemukan pada *Microsoft Excel* standar 2010 atau yang lebih baru.

Menurut Hillier dan Lieberman [3], *evolutionary algorithm* sendiri memiliki tiga keunggulan dibanding metode *metaheuristic algorithm* lainnya yakni :

- Kompleksitas fungsi objektif tidak mempengaruhi *evolutionary algorithm*, selama fungsi tersebut dapat dievaluasi untuk masalah uji coba yang diberikan.
- Kompleksitas dari kendala yang ada tidak mempengaruhi *evolutionary algorithm* secara substansial.
- *Solver evolutionary* sendiri tidak terjebak pada lokal optimum suatu hasil dan akan terus bekerja secara random untuk mencari hasil yang lebih optimal lagi. *evolutionary algorithm* juga dapat menemukan hasil *global optimum* dalam prosesnya jika dijalankan secara terus-menerus, oleh karena itu metode ini sangat cocok digunakan untuk permasalahan yang cenderung kecil.

Pengukuran Waktu Kerja

Pengukuran waktu kerja atau *time study* adalah kegiatan untuk mengamati dan menghitung serta mencatat waktu kerja dari elemen-elemen operasi yang di mana menggunakan alat pengukur waktu untuk menetapkan waktu baku dari menyelesaikan suatu pekerjaan. Menurut Niebel & Freivalds [4] waktu baku merupakan waktu standart yang dilakukan pekerja yang sudah terlatih dalam melakukan pekerjaannya dan sudah memperhitungkan kelonggaran (*allowance*) dan *performance rating*.

Pengukuran waktu kerja dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu:

- Pengukuran waktu kerja secara langsung, dapat dilakukan dengan pengambilan waktu secara langsung pada tempat kerja dimana pengamat mengukur langsung waktu pekerja melakukan aktivitas. Cara pengukuran waktu kerja secara langsung dapat dilakukan dengan

stopwatch atau dinamakan *stopwatch time study* dan *work sampling*.

- Pengukuran waktu kerja secara tidak langsung dapat dilakukan tanpa pengamat datang dan mengukur waktu pekerja secara langsung. Pengukuran waktu secara tidak langsung dapat dilakukan oleh seseorang yang benar-benar mengerti elemen-elemen kerja pada suatu pekerjaan dan kemudian mengisi pada tabel yang ada. Tabel-tabel yang dimaksud adalah data waktu baku dan data waktu gerakan (*motion time measurement*).

Menurut Wignjosoebroto [5] pengukuran waktu kerja secara langsung menggunakan *stopwatch* ada tiga yaitu:

- Pengukuran waktu kerja secara terus menerus (*continous timing*) Pengukuran ini dilakukan dengan pengamat melakukan pengukuran waktu dengan menekan *stopwatch* pada saat elemen kerja dimulai dan terus menerus hingga akhir dari siklus. Waktu tiap elemen kerja dihitung dengan melakukan pengurangan dari tiap proses elemen kerja pada saat akhir selesai.
- Pengukuran waktu kerja secara berulang (*repetitive timing*). Pengukuran ini dilakukan dengan pengamat melakukan pengukuran waktu dengan menekan *stopwatch* pada saat elemen kerja dimulai dan mengembalikan ke posisi nol saat akhir elemen kerja tersebut. Waktu tiap elemen kerja didapat dari data waktu elemen kerja yang diukur.
- Pengukuran waktu kerja secara penjumlahan (*accumulative timing*). Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan dua atau lebih *stopwatch*. Waktu dapat langsung dibaca tanpa adanya pekerjaan tambahan.

Waktu Baku

Waktu baku merupakan waktu standar untuk seseorang melakukan suatu pekerjaan. Waktu baku sendiri juga memperhitungkan *performance rating* dan kelonggaran yang diberikan dengan tujuan waktu yang didapatkan akan sama pada setiap orang yang melakukan pekerjaan tersebut. Perhitungan waktu baku diperlukan untuk dapat melakukan evaluasi pada pekerjaan yang telah dilakukan pada seseorang.

Performance Rating

Performance Rating merupakan suatu nilai yang diberikan pada pekerja dengan memperhitungkan faktor-faktor yang ada. *Performance Rating* memiliki nilai penyesuaian (p) yang bertujuan untuk mengukur kecepatan orang tersebut

dalam melakukan pekerjaan. Pekerja yang melakukan pekerjaan terlalu cepat memiliki nilai p diatas 1. Pekerja yang melakukan pekerjaan terlalu lama memiliki nilai p kurang dari 1 dan pekerja dengan nilai $p = 1$ merupakan pekerja yang dapat melakukan pekerjaannya dengan kecepatan yang wajar atau normal. Nilai p digunakan untuk menemukan hasil dari waktu standar yang ada pada suatu pekerjaan. Ketika seseorang melakukan pekerjaan terlalu cepat maka perhitungan akan dibuat lebih lama dan begitu juga sebaliknya.

Salah satu penilaian *performance rating* adalah dengan menggunakan Metode *Westinghouse*. Metode *Westinghouse* didasarkan atas 4 faktor yaitu *skill*, *effort*, *condition*, dan *consistency*. Pengertiannya adalah sebagai berikut:

- *Skill* (keterampilan) adalah kemampuan dalam mengerjakan metode yang telah ditetapkan.
- *Effort* (usaha) adalah kemauan dalam mengerjakan metode yang telah ditetapkan secara efektif.
- *Condition* (kondisi pekerjaan) adalah kondisi pada lingkungan kerja seperti halnya pencahayaan, kebisingan, dan suhu.
- *Consistency* (konsistensi) adalah konsistensi pekerja dalam mengerjakan pekerjaan mereka yang dapat terlihat dari waktu-waktu pengukuran oleh pengamat yang secara kenyataan tidak sama dari satu siklus ke siklus lainnya.

Allowance

Allowance, merupakan kelonggaran yang diberikan pada pekerja dalam melakukan pekerjaan. Kelonggaran diperlukan, karena tidak mungkin manusia dapat bekerja secara terus menerus tanpa henti. Kelonggaran yang diberikan pada pekerja meliputi kelonggaran pribadi, pekerjaan yang berdiri, pekerjaan menggunakan posisi yang tidak nyaman, melakukan pekerjaan mengangkat, pencahayaan, kebisingan, cuaca, ketelitian dan kejenuhan.

Perhitungan Waktu Baku

Dalam proses perhitungan waktu baku, perhitungan melalui beberapa proses, yaitu perhitungan waktu siklus, perhitungan waktu normal, dan perhitungan menggunakan *allowance* dan baru akan didapatkan waktu baku.

Perhitungan waktu siklus adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu produk. Waktu siklus adalah waktu jumlah tiap elemen

proses produk. Waktu siklus didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$Ws = \frac{\sum x_i}{n} \quad (1)$$

Ws = waktu siklus
 x_i = data waktu ke- i ($i = 1, 2, 3, \dots$)
 n = banyak data pengamatan

Langkah selanjutnya merupakan perhitungan waktunormal. Waktu normal adalah perhitungan waktu di mana waktu tersebut dapat menunjukkan kualifikasi suatu pekerja dalam melakukan pekerjaannya. Waktu normal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan.

$$Wn = Ws \times p \quad (2)$$

Wn = waktu normal
 Ws = waktu siklus
 p = *performance rating* (*Westinghouse*)

Langkah selanjutnya adalah perhitungan waktu baku di mana perhitungannya dapat dilihat sebagai berikut:

$$Wb = Wn \times \frac{100\%}{100\% - \%allowance} \quad (3)$$

Wb = waktu baku (detik)
 Wn = waktu normal (detik)

Pemberian penilaian kelonggaran dilakukan dengan sebagaimana selayaknya dari sisi pekerja maupun perusahaan. Pekerjaan yang membutuhkan ketelitian tinggi atau energi yang banyak biasanya memiliki tingkat *allowance* yang lebih tinggi.

Hasil dan Pembahasan

Pengambilan data jarak dan data alamat diambil dengan bantuan *Google Maps* dan *Google Earth*. Biaya bensin dan kecepatan kendaraan didapatkan dengan cara pengambilan data secara langsung. Waktu baku juga diambil untuk menghitung waktu *loading* dan *unloading*. Data permintaan diambil dengan menggunakan data masa lalu perusahaan.

Data Alamat dan jarak

Data Alamat dicari menggunakan bantuan *Google Earth*. *Google Earth*, digunakan untuk membantu mencari alamat tepat setiap agen yang ada sesuai koordinat alamat mereka. Data Jarak didapatkan dengan memasukan alamat para agen dan mencari rute dari setiap alamat yang ada. Terdapat 617 rute yang dapat dilalui oleh kendaraan.

Biaya Bensin

Biaya bensin didapatkan dengan cara menghitung pemakaian biaya total bensin kemudian membagi dengan jarak yang telah ditempuh sehingga didapatkan harga jarak tiap liternya. Biaya bensin diperlukan untuk melihat total biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk biaya pendistribusian. Biaya bensin yang dihitung, menggunakan bensin jenis *pertalite* yang dihitung Rp 7.800,00/liter. Biaya bensin mobil Rp 781/km dan biaya bensin roda tiga Rp 483/km.

Waktu Baku

Waktu baku dibutuhkan untuk mengetahui waktu rata-rata yang sesuai dengan keadaan yang ada. Perhitungan waktu baku diambil dua kali dengan 15 data *unloading* dan 15 data *loading*. Dalam proses *loading*, dilakukan oleh tiga orang secara bersamaan dengan cara, orang pertama mengambil es batu dari *cool storage*, kemudian melemparkan keorang kedua, orang kedua mengoper pada orang ketiga yang telah siap diatas kendaraan, untuk menata es batu. Pengambilan data dilakukan dengan cara perhitungan per-kantong, dari dalam *cool room* hingga kedalam kendaraan. *unloading* dilakukan dengan pengangkatan es batu kristal oleh pekerja. Pekerja melakukan pengangkatan dengan cara mengangkat lima kantong es batu dalam setiap pengangkatan yang dilakukan. Waktu baku untuk *loading* 5,88 detik dan *unloading* 9,19 detik.

Rute Pengiriman Awal Mobil

Rute pengiriman awal mobil diambil dari data masa lalu yang kemudian dimasukkan kedalam perangkat lunak *Excel*. Rute pengiriman awal mobil pada tanggal 7 Mei 2019 melalui empat rute dan jarak yang dilalui kendaraan 88,56 km dengan biaya Rp 69.165,36 yang harus dikeluarkan oleh CV. X.

Pengolahan Data

Pengolahan data menggunakan bantuan *Microsoft Excel* dengan menggunakan bantuan *solver evolutionary* untuk menemukan *cost* terkecil. *Solver evolutionary* sendiri merupakan salah satu program linier *metahuristic* yang membantu pengguna mencari hasil optimal berupa *local optimal* yang dijalankan beberapa kali sehingga hasil dapat mendekati *global optimal*. Tahap awal melakukan pengacakan pada rute yang ada. Memasukkan permintaan yang didapatkan dari data masa lalu. Memasukkan semua data yang dimiliki meliputi jam buka dan tutup, harga bensin, waktu *loading*

dan *unloading*, kapasitas kendaraan, dan kecepatan kendaraan.

Tahap pertama *software Excel* akan memasukkan permintaan yang ada, kemudian menghitung waktu *loading* dan *unloading*, kemudian akan menghitung waktu dari jarak yang akan ditempuh kendaraan. Tahap kedua akan dilakukan perhitungan, apakah waktu yang ditempuh dan ditambah dengan waktu bongkar sesuai dengan jam buka perusahaan atau tidak. Setelah waktu sesuai dengan yang diharapkan maka dilakukan perhitungan jumlah permintaan dengan kapasitas yang dimiliki. Kapasitas yang dimiliki harus lebih besar dari permintaan yang ada. Ketika semua keadaan terpenuhi maka kendaraan akan terus berjalan kerute selanjutnya hingga salah satu kondisi tidak terpenuhi. Ketika terdapat kondisi yang tidak terpenuhi, maka kendaraan dengan sendirinya akan kembali pulang untuk mengambil muatan dan melakukan pengiriman ditempat selanjutnya, dengan perhitungan ketika mobil meninggalkan perusahaan, waktu yang ada harus dibawah pukul 16.00 WIB. Tahap keempat merupakan keadaan dimana, ketika ada pengiriman yang dilakukan diatas pukul 16.00, maka perhitungan akan menggunakan kendaraan baru sehingga pengiriman yang ada kembali pada jam perusahaan buka.

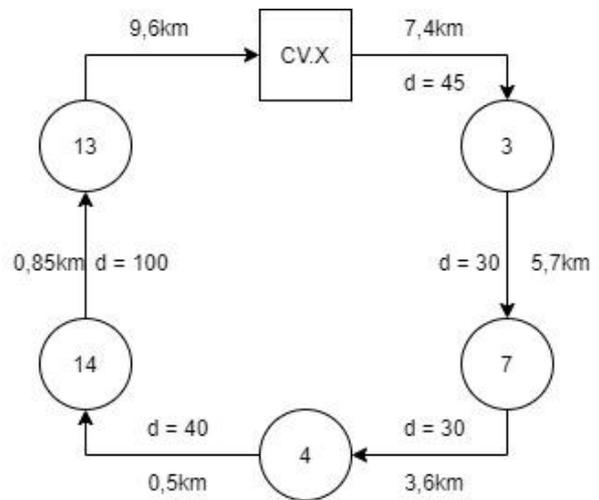
Setelah semua tahap terpenuhi, jarak yang ditempuh akan dihitung dengan penggunaan bensin, sehingga dapat ditemukan total biaya yang diperlukan. Tahap kelima merupakan tahap perhitungan menggunakan *solver* dengan metode *evolutionary* untuk mencari jarak teroptimal dan kemudian akan didapatkan biaya terminimal dari pendistribusian. *Solver evolutionary* menggunakan 30 kali iterasi, dimana ketika perhitungan didapatkan hasil yang terkecil dan kemudian setelah *software* menemukan hasil yang sama sebanyak 30 kali, dan data tidak menjadi lebih baik, maka hasil tersebut dianggap teroptimal. Tahap keenam merupakan tahap verifikasi, yakni menghitung manual, apakah jarak yang didapatkan sudah sesuai dengan perhitungan yang ada dan sesuai dengan perintah yang diberikan.

Model Evolutionary Algorithm

Evolutionary Algorithm merupakan metode yang digunakan dalam penelitian ini. Model *evolutionary algorithm* bekerja dengan memasukan rute secara random dan menghitung total jarak keseluruhan dan mencari minimum jarak dari keseluruhan. Model juga memperhitungkan kapasitas kendaraan yang dimiliki dan batasan waktu yang telah ditentukan perusahaan.

Ketika *solver* dijalankan, *solver* akan mengeluarkan rute-rute yang akan dilalui dalam pengiriman. Model akan memasukkan semua agen dalam pengiriman yang belum dilalui. Kapasitas dari mobil harus memenuhi permintaan dari agen yang ada, jika kapasitas tidak terpenuhi, maka kendaraan akan kembali ke perusahaan dan membuka rute baru dan memasukkan rute-rute lain yang belum masuk. Model juga akan memperhitungkan waktu tempuh dan waktu bongkar agar waktu yang ada tidak melebihi waktu yang ditentukan perusahaan. Waktu pengiriman yang melebihi batasan waktu akan menghitung dengan kendaraan baru dan model akan bekerja dari awal kembali. Ketika semua lokasi sudah terkirim, maka model akan terus mencari hingga model menemukan hasil yang sama sebanyak 30 kali iterasi.

Rute Usulan Mobil 7 Mei



Gambar 1. Rute usulan 1 mobil 7 Mei

Gambar 1 menunjukkan rute usulan pengiriman mobil pertama. Pengiriman dilakukan dari CV. X kemudian ke agen nomor 3 dengan permintaan 45 kantong, kemudian ke nomor 7 dengan permintaan 30 kantong, kemudian ke nomor 4 dengan permintaan 30 kantong, lanjut ke nomor 14 dengan permintaan 40 kantong, lalu ke nomor 13 dengan permintaan 100 kantong. Setelah itu pengirim akan kembali ke CV. X.

Penggunaan metode *evolutionary algorithm* pada rute usulan menunjukkan bahwa mobil harus melalui empat rute dan Jarak yang harus ditempuh adalah 78,72 km dengan biaya Rp 61.480,32 yang harus dikeluarkan perusahaan.

Perbandingan Rute

Rute awal mobil 7 Mei menempuh jarak 88.56 km dan mengeluarkan biaya sebesar Rp 69.165,36. Kendaraan menempuh jarak 78,72 km dan memakan biaya Rp 61.480,32 pada rute usulan. Terdapat perbandingan jarak antara rute awal dan rute usulan. Model *evolutionary algorithm*, dapat menghemat pengeluaran sebesar Rp 7.685,04 dengan penghematan jarak 9,84 km. Rute yang dilalui dapat mempercepat waktu pengiriman sebesar 55 menit 25 detik.

Simpulan

Pada mulanya CV. X tidak memiliki rute pengiriman yang standar, sehingga utilitas pada kendaraan menjadi kurang optimal. Rute pengiriman yang buruk mengakibatkan adanya perbedaan waktu pengiriman yang cukup signifikan pada tiap pekerja. Rute pengiriman yang panjang mengakibatkan biaya pengeluaran perusahaan menjadi lebih tinggi dari yang seharusnya. Waktu pengiriman yang lama terkadang membuat truk pengirim es dari pabrik menjadi terlambat untuk pulang dikarenakan muatan pada truk tersebut tidak dapat segera dipindahkan. Truk yang terlambat pulang mengakibatkan perusahaan harus mengeluarkan biaya tambahan.

Rute usulan pengiriman yang baru, membantu CV. X menghemat pengeluaran sebesar Rp 7.685,04 dengan jarak tempuh 9,84 km lebih pendek. Rute yang dilalui juga mempercepat waktu pengiriman sebesar 55 menit 25 detik. Rute usulan yang dirancang dapat menurunkan jarak tempuh kendaraan sebesar 11,11% yang dapat meningkatkan utilitas kendaraan pada CV. X.

Daftar Pustaka

1. Toth, P., dan Vigo, D. *The Vehicle Routing Problem Philadelphia Society For Industry And Applied Mathematics* Adwad, Philadelphia, 2002.
2. Prana, R., *Aplikasi Kombinatorial pada Vehicle Routing Problem.*, skripsi, Institut Teknik Bandung, Bandung, 2008.
3. Hillier, F.S., dan Lieberman, G. J. *Introduction To Operations Research Tenth Edition*, MCGRAW- HILL, New York, 2015.
4. Niebel, B., dan Freivalds, A., *Industrial Engineering: Methods, standards and work design" 12th edition*. McGraw-Hill Education, Boston, 2009.
5. Wignjosoebroto, S. *Ergonomi: Studi Gerak dan Waktu*. Surabaya, 2008.