

Penerapan Model *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) Menggunakan *Google OR-Tools* untuk Penentuan Rute Pengantaran Obat pada Perusahaan Pedagang Besar Farmasi (PBF)

Sonna Kristina^{#1}, Ricky Doddy Sianturi^{*2}, Rafael Husnadi^{#3}

[#]Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Harapan Bangsa

^{*}Program Studi Manajemen Rantai Pasok, Institut Teknologi Harapan Bangsa
Jalan Dipatiukur 80-84 Bandung, Indonesia

¹sonna@ithb.ac.id

²ricky@ithb.ac.id

³rafael.husnadi@gmail.com

Abstract— *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) is a vehicle route determination problem that aims to minimize route distance and minimize transportation costs from a problem of shipping goods. The vehicle capacity limiter is a special characteristic in this CVRP model. In this study, the problem of route minimization raised is a drug distribution problem from a pharmaceutical wholesaler company (PBF) in the city of Bandung for the delivery area of South Bandung. In carrying out the delivery process currently, the company does not have a definite route for delivery to each customer and the company provides flexibility for the sender to determine his delivery route according to the sender's experience. This resulted in the route being formed less than optimal and transportation costs that increased by 10-15% over the last three months. This research uses a capacitated vehicle routing problem model with constraint programming methods as well as the Google OR-Tools solver and the Jupyter Notebook calculation program. The results of the study provide a better route suggestion where the delivery distance for one week of delivery can be saved by 18.18% and transportation costs that can be saved by 14.53% from the company's initial route.*

Keywords— *route optimization, capacitated vehicle routing problem (CVRP), medicines distribution, Google OR-Tools, Jupyter Notebook*

Abstrak— *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) merupakan permasalahan penentuan rute kendaraan yang bertujuan untuk meminimasi jarak rute dan meminimasi biaya transportasi dari suatu permasalahan pengiriman barang. Pembatas kapasitas kendaraan menjadi karakteristik khusus dalam model CVRP ini. Pada penelitian ini permasalahan minimasi rute yang diangkat merupakan permasalahan distribusi obat-obatan dari suatu perusahaan Pedagang Besar Farmasi (PBF) di kota Bandung untuk wilayah pengantaran Bandung Selatan. Dalam melakukan proses pengiriman, saat ini perusahaan belum memiliki rute yang pasti untuk pengiriman ke setiap pelanggannya dan perusahaan memberikan keleluasaan bagi pengirim untuk menentukan rute pengantarannya sendiri sesuai dengan pengalaman pengirim. Hal ini mengakibatkan rute yang dibentuk kurang optimal dan biaya transportasi yang meningkat sekitar 10-15% pada rentang tiga bulan terakhir.*

Penelitian ini menggunakan model *capacitated vehicle routing problem* dengan metode *constraint programming* serta solver *Google OR-Tools* dan program perhitungan *Jupyter Notebook*. Hasil penelitian memberikan usulan rute yang lebih baik di mana jarak pengantaran untuk satu minggu pengantaran dapat dihemat sebesar 18,18% dan biaya transportasi yang dapat dihemat sebesar 14,53% dari rute awal perusahaan.

Kata Kunci— *optimasi rute, capacitated vehicle routing problem (CVRP), distribusi obat-obatan, Google OR-Tools, Jupyter Notebook*

I. PENDAHULUAN

Sistem distribusi adalah suatu sistem yang tidak dapat terlepas dari proses bisnis suatu perusahaan saat ini. Menurut Philip dan Gray [1], distribusi merupakan suatu proses penyediaan barang dan jasa kepada pelanggan. Tingginya biaya distribusi barang dan jasa membuat biaya distribusi tersebut dibebankan kepada setiap produk yang dijual kepada pelanggan. Menurut Toth dan Vigo [2], biaya transportasi mempengaruhi sekitar 10-20% dari total biaya suatu produk. Dikarenakan permasalahan tersebut, perusahaan berupaya untuk menekan biaya distribusi yang ada seminimal mungkin dengan mengelola secara baik sistem transportasi perusahaan.

Elemen kunci dari permasalahan transportasi adalah penentuan rute dan penjadwalan kendaraan untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Permasalahan rute transportasi ini dikenal dengan istilah *Vehicle Routing Problem* (VRP) [3] dengan fungsi utama yaitu minimasi jarak untuk menekan ongkos distribusi dengan batasan kendala kapasitas kendaraan, waktu tempuh, jumlah permintaan, dan lain-lain [4].

Salah satu jenis perusahaan yang sangat memerlukan sistem transportasi yang baik adalah perusahaan Pedagang Besar Farmasi (PBF) yang merupakan perusahaan distributor obat-obatan kepada *retail* seperti apotek dan toko obat. Pada penelitian ini perusahaan pedagang besar farmasi yang diamati adalah perusahaan CV X yang merupakan distributor obat-obatan di kota Bandung dengan wilayah pengantaran Bandung Selatan sebagai objek pengamatan. Wilayah

Bandung Selatan dipilih karena memiliki pengiriman yang rutin setiap minggunya dan jumlah pelanggan yang lebih banyak dibandingkan wilayah lainnya.

Saat ini perusahaan telah memiliki pembagian wilayah besar pengantaran di kota Bandung. Dalam setiap wilayah tersebut dibagi kembali menjadi beberapa daerah pengantaran yang lebih kecil, seperti di wilayah Bandung Selatan pengiriman dibagi menjadi tiga daerah pengantaran untuk setiap minggu, di mana masing-masing pelanggan akan dikunjungi sebanyak dua kali. Permasalahan distribusi pengantaran obat pada perusahaan yang diamati terjadi karena perusahaan belum memiliki rute pengantaran yang tetap hingga saat ini. Selain itu, melalui wawancara dengan pemilik perusahaan biaya transportasi pengantaran obat meningkat sekitar 10-15% dalam rentang waktu tiga bulan terakhir, meskipun penambahan pelanggan baru perusahaan tidak meningkat signifikan.

Penelitian ini akan menerapkan model *capacitated vehicle routing problem* serta didukung dengan *library* perhitungan *Google OR-Tools*. Penelitian ini juga akan membuktikan apakah sistem pembagian daerah (*clustering*) pengantaran untuk wilayah Bandung Selatan yang dimiliki perusahaan saat ini akan menghasilkan hasil yang lebih optimal dibandingkan pembentukan daerah baru (*clustering* baru) melalui hasil perhitungan. Oleh karena itu, penelitian ini akan memiliki dua hasil akhir di mana hasil yang diambil sebagai kesimpulan merupakan hasil yang paling optimal dari rute usulan yang terbentuk. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hasil pengamatan langsung yang dilakukan.

II. METODOLOGI

A. Kondisi Aktual Perusahaan Saat Ini

Wilayah Bandung Selatan memiliki total enam puluh enam titik pelanggan yang dalam penelitian ini berperan sebagai konsumen yang membutuhkan obat untuk diantarkan oleh perusahaan. Seluruh pelanggan telah memiliki jadwal untuk dikunjungi oleh perusahaan setiap minggunya. Hal ini dilakukan karena perusahaan memiliki sistem *clustering* yang telah digunakan untuk pengantaran barang.

Wilayah Bandung Selatan dibagi menjadi 3 subdaerah, yaitu daerah R, daerah S, dan daerah T. Pengelompokan ketiga daerah ini dilakukan oleh perusahaan karena dianggap memiliki jarak yang dekat antar konsumen di daerah tersebut. Daerah R memiliki total tiga puluh satu titik pelanggan yang akan dikunjungi hanya setiap hari Senin dan Kamis dengan kode perhitungan dalam penelitian ini adalah R1-R31. Daerah S memiliki delapan belas titik pelanggan yang akan dikunjungi hanya setiap hari Selasa dan Jumat dengan kode perhitungan dalam penelitian ini adalah S1-S18. Daerah T memiliki tujuh belas titik pelanggan yang akan dikunjungi hanya setiap hari Rabu dan Sabtu dengan kode perhitungan dalam penelitian ini adalah T1-T17. Sementara depot diberi kode nol dalam perhitungan dalam penelitian ini.

Gambaran dari pembagian rute pengantaran perusahaan saat ini tercantum dalam Tabel I.

TABEL I
PEMBAGIAN RUTE AWAL PERUSAHAAN

	Rute	Jarak
Rute R/1	R0-R1-R2-R3-R4-R5-R6-R7-R8-R9-R10-R11-R12-R13-R14-R15-R16-R17-R18-R19-R20-R21-R22-R23-R24-R25-R26-R27-R28-R29-R30-R31-R0	42,79 km
Rute S/2	S0-S1-S2-S3-S4-S5-S6-S7-S8-S9-S10-S11-S12-S13-S14-S15-S16-S17-S18-S0	92,54 km
Rute T/3	T0-T1-T2-T3-T4-T5-T6-T7-T8-T9-T10-T11-T12-T13-T14-T15-T16-T17	108,8 km
Total Jarak Satu Minggu		488,26 km

Sistem *clustering* perusahaan yang telah digunakan (sistem *clustering* lama) sifatnya tidak *flexible* karena waktu pengantaran telah ditentukan oleh perusahaan. Hal inilah yang akan diuji coba dalam penelitian ini. Hasilnya akan dibandingkan dengan sistem *clustering* baru yang diusulkan dalam penelitian ini.

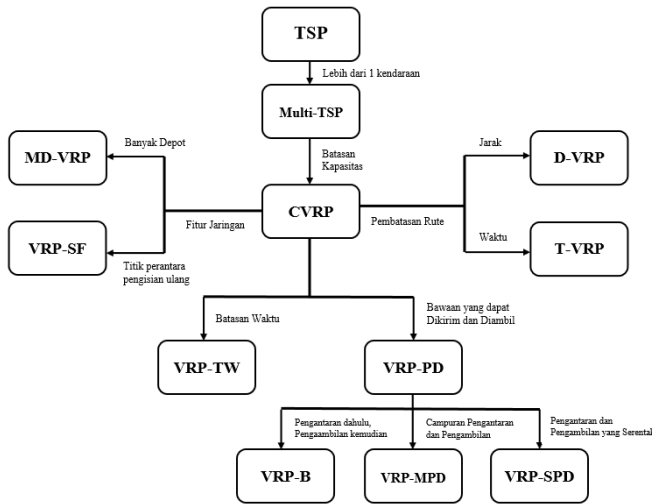
Pengantaran untuk wilayah Bandung Selatan setiap minggunya dilakukan oleh satu orang driver dan satu unit kendaraan sepeda motor dengan kapasitas penyimpanan sebesar 125 liter. Pengantar diberi kebebasan untuk menentukan titik pengantaran dalam sub daerah R, S, dan T setiap kali melakukan pengantaran barang.

B. Sistem Distribusi dan Transportasi

Sistem distribusi dan transportasi merupakan proses yang saling berkaitan. Utamanya adalah dalam proses pemindahan produk secara cepat dalam segi waktu, tepat sesuai dengan permintaan konsumennya, serta dengan moda yang sesuai dalam segi perencanaan transportasinya. Dengan mengatur jaringan distribusi yang tepat perusahaan mendapatkan keuntungan, seperti biaya yang rendah saat proses distribusi hingga respon yang tinggi terhadap permintaan konsumen [5]. Dengan mengatur sistem transportasi, pergerakan suatu produk dari suatu lokasi ke lokasi lainnya dapat dipantau dan diatur dengan baik untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

C. Vehicle Routing Problem (VRP)

Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan suatu model yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan minimasi rute kendaraan dengan pembatas-pembatas tertentu. Menurut Cahyaningsih Wahyu K. [6], *Vehicle Routing Problem* (VRP) didefinisikan sebagai permasalahan mencari rute dengan biaya minimum dari suatu depot ke agen yang letaknya tersebar dengan jumlah permintaan yang berbeda-beda. VRP dikembangkan untuk bisa menyesuaikan dengan kondisi aktual yang terjadi. Solusi dari sebuah VRP adalah penentuan rute yang terbaik, minimasi ongkos transportasi, dan penyelesaian masalah optimalitas dari suatu sistem distribusi dan transportasi. Menurut Gonzales-Feliu [7], klasifikasi VRP dibedakan menjadi beberapa bagian seperti diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Klasifikasi VRP menurut Gonzales-Feliu [7]

D. Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)

Capacitated Vehicle Routing Problem merupakan konsep dasar perhitungan penentuan rute yang memiliki kesamaan dengan *Vehicle Routing Problem*. Menurut Cahyaningsih [6], CVRP adalah masalah optimasi untuk menemukan rute terpendek dengan biaya minimal serta kapasitas tertentu yang telah diketahui sebelum proses pendistribusian berlangsung. Pendistribusian dalam setiap kendaraan dilakukan sebanyak satu kali, yaitu dari depot ke setiap agen, kemudian kembali lagi ke depot [8]. Hal ini memungkinkan pendistribusian yang lebih efektif dan efisien sehingga mendorong perusahaan untuk dapat memenuhi permintaan pelanggannya secara lebih cepat untuk meningkatkan nilai kompetitif bagi perusahaan tersebut.

Berikut ini adalah formulasi matematis *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) menurut Cahyaningsih Wahyu K. [6]:

1) Notasi

- d_{ij} adalah Jarak tempuh perjalanan dari konsumen i ke konsumen j
- n adalah Jumlah konsumen
- D_j adalah Jumlah permintaan yang dikirim ke pelanggan $j \in J$
- Q_k adalah kapasitas kendaraan k
- K adalah kumpulan kendaraan
- J adalah himpunan pelanggan, $J = \{1, 2, \dots, n\}$
- J_0 adalah himpunan semua node termasuk depot, $J_0 = \{0, 1, 2, \dots, n\}$
- V adalah himpunan kendaraan, $K = \{1, 2, \dots, m\}$
- y_i dan y_j adalah variabel yang digunakan untuk menghindari terjadinya subtur, bisa diartikan sebagai posisi dari node $i, j \in J$ dalam sebuah rute

2) Variabel keputusan

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{jika terdapat kunjungan dari titik } i \text{ ke titik } j \text{ dengan kendaraan } k \\ 0, & \text{jika tidak terdapat kunjungan dari titik } i \text{ ke titik } j \text{ dengan kendaraan } k \end{cases}$$

3) Fungsi objektif

$$\text{Min } Z = \sum_{k \in K} \sum_{i \in J_0} \sum_{j \in J_0} d_{ij} x_{ijk} \quad (1)$$

4) Kendala

- Setiap pelanggan dikunjungi tepat satu kali oleh satu kendaraan.

$$\sum_{j \in J_0} \sum_{k \in K} x_{ijk} = 1, \quad i \in J_0 \quad (2)$$

- Total permintaan semua titik dalam satu rute tidak melebihi kapasitas kendaraan

$$\sum_{i \in J_0} \sum_{j \in J_0} D_j x_{ijk} \leq Q_k, \quad k \in K \quad (3)$$

- Setiap rute berawal dari depot nol.

$$\sum_{j \in J_0} x_{0jk} = 1, \quad k \in K \quad (4)$$

- Setiap kendaraan yang mengunjungi satu titik pasti akan meninggalkan titik tersebut.

$$\sum_{i \in J} x_{ijk} - \sum_{j \in J} x_{ijk} = 0, \quad k \in K \quad (5)$$

- Setiap rute berakhir di depot.

$$\sum_{i \in J_0} x_{i0k} = 1, \quad k \in K \quad (6)$$

- Variabel x_{ijk} merupakan variabel integer biner.

$$x_{ijk} \in \{0, 1\}, (i, j \in J_0, k \in K) \quad (7)$$

E. Constraint Programming

Pemrograman berbasis *constraint*, atau biasa disebut *Constraint Programming* (CP), merupakan metode yang memberikan batasan terhadap nilai yang mungkin untuk suatu variabel sesuai dengan fungsi tujuannya [9]. Penyelesaian *Constraint Programming* dilakukan dengan menggunakan *software* pemrograman yang memiliki bahasa pemrograman tertentu dan memiliki program penyelesaian (*solver*) yang dapat dijalankan (*running*) untuk melakukan iterasi atau pencarian solusi optimal sesuai dengan batasan yang telah ditetapkan sebelumnya.

F. Anaconda Prompt

Anaconda prompt adalah *command prompt* dengan *virtual environment* yang merupakan bagian dari *Anaconda* yang dapat digunakan pada *Windows* [10]. *Anaconda prompt* memiliki fungsi spesifik untuk memastikan pengguna dapat menggunakan perintah *anaconda* dari *prompt* tersebut tanpa

harus mengubah direktori atau jalur penggunaannya. Dalam hal ini, kita seperti menambahkan sekelompok lokasi ke *path* yang kita miliki. Lokasi ini berisikan perintah yang dapat kita gunakan untuk menjalankan fungsi yang kita inginkan.

G. Jupyter Notebook

Jupyter Notebook adalah salah satu *software* berbasis *web open-source* yang bisa membuat dan berbagi dokumen interaktif secara langsung seperti kode, visualisasi dan teks naratif [11]. *Jupyter* merupakan organisasi nonprofit untuk mengembangkan *software* interaktif dalam berbagai bahasa pemrograman. *Notebook* merupakan salah satu *software* yang dibuat oleh *Jupyter* [12]. *Jupyter Notebook* menyatukan kode dan dokumen yang digunakan dalam suatu *coding* dalam satu file interaktif dan dapat digunakan ulang oleh siapa saja yang membukanya.

H. Google OR-Tools

Google Operational Research Tools yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi merupakan *library open source* di mana terdapat banyak metode yang digunakan untuk melakukan penyelesaian permasalahan sehingga didapatkan hasil yang optimal. *Google OR-Tools* berisi *solver* untuk permasalahan *Constraint Programming* yang sesuai dengan penelitian ini. Penelitian ini akan menggunakan *tools Golp Linear Programming Solver* dikarenakan lebih cepat, lebih efisien, stabil secara numerik dan lebih sederhana, serta didukung berbagai bahasa [4]. Selain itu, algoritme penyelesaian permasalahan *Capacitated Vehicle Routing Problem* sudah tersedia di dalam *tools* ini.

I. Langkah-Langkah Penerapan

Tahap penerapan algoritme memiliki beberapa langkah untuk menghasilkan hasil akhir perhitungan yang merupakan solusi dari penelitian ini, seperti dijabarkan sebagai berikut:

1) Membuat import solver dari google or-tools dan proses inialisasi

Import solver dilakukan dengan melakukan beberapa ubahan untuk menyesuaikan dengan konsep perhitungan yang diinginkan. *Import solver* memiliki beberapa bagian di dalamnya, seperti bagian set data, bagian set biaya transportasi, bagian set permintaan pelanggan, bagian set pembatas kapasitas, serta bagian set parameter dan solusi.

Proses inialisasi dilakukan dengan mengubah format penyimpanan data (data matriks jarak antar pelanggan, data kapasitas kendaraan, dan data volume barang yang diantar) sesuai dengan format *Jupyter Notebook* yaitu *.csv* yang dapat dilakukan dengan melakukan *save as* pada data tersebut. Seluruh data dan *solver* yang diimpor menggunakan *folder-folder* yang terpisah dengan tujuan untuk mempermudah proses dalam pemanggilan data untuk proses perhitungan.

2) Membuat fungsi import data

Fungsi *import data* dibuat untuk melakukan pembacaan dan pemanggilan data yang kita telah buat dan ubah sebelumnya. Data-data tersebut merupakan data matriks jarak antar pelanggan, data kapasitas kendaraan, dan data volume

barang yang dikirimkan. Seluruh data yang telah disimpan di dalam *folder-folder* akan dibaca dan dipanggil melalui fungsi ini ke dalam *source code*.

3) Membuat fungsi custom output untuk perhitungan

Fungsi *custom output* dibuat untuk melakukan variasi dan penambahan dalam hasil perhitungan sesuai dengan yang kita inginkan. Variasi dan penambahan ini berupa satuan dari biaya, satuan dari jarak, satuan dari volume, dan fungsi lainnya yang kita harapkan. Selain itu, *custom output* juga berfungsi untuk menghasilkan hasil akhir dari perhitungan yang kita lakukan dalam penelitian ini. Hasil perhitungan yang telah dilakukan oleh *custom output* akan ditampilkan pada *source code*.

4) Membuat fungsi source code untuk penyelesaian perhitungan

Source code berfungsi sebagai lembar kerja dalam melakukan perhitungan dalam penelitian ini. *Source code* akan membutuhkan *coding data*, *coding solver*, dan *coding output* yang telah dibuat sebelumnya untuk kemudian dipanggil dan dijalankan. *Coding data* berisikan data matriks jarak antar pelanggan, data kapasitas kendaraan, dan data volume barang yang diantarkan. *Coding solver* berisi *solver* atau perhitungan yang digunakan dalam penelitian ini yang berasal dari *Google OR-Tools*. *Coding output* berisi *custom output* yang telah dibuat sebelumnya.

Seluruh rangkaian, baik data, *solver* dan *output* akan dijalankan dan dihitung di dalam *source code*. Terdapat beberapa bagian lain di dalam *source code* ini, di antaranya biaya transportasi satuan yang bisa dimasukkan sesuai dengan kondisi aktual, seperti biaya parkir dan perintah-perintah yang digunakan untuk memulai atau menghentikan proses perhitungan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan verifikasi dan perhitungan, maka didapatkan hasil akhir perhitungan rute usulan dengan menggunakan program *jupyter notebook*. Hasil perhitungan pada penelitian ini dibagi menjadi dua usulan rute. Pertama rute usulan dengan *clustering* atau pembagian daerah yang sudah dilakukan perusahaan, lalu kedua rute usulan dengan *clustering* atau pembagian daerah baru melalui hasil perhitungan.

Nilai penghematan yang didapatkan melalui sistem *clustering* baru yang dihasilkan dari penelitian ini menunjukkan penghematan yang lebih besar dibandingkan dengan sistem *clustering* lama yang sudah diterapkan perusahaan. Dari hasil yang didapatkan terdapat perubahan rute pengantaran yang dihasilkan dalam penelitian ini. Perubahan yang dimaksud adalah urutan pengantaran kepada konsumen, di mana dengan mengubah urutan pengantaran akan dihitung oleh program dalam penelitian ini sehingga didapatkan jarak tempuh pengantaran yang lebih pendek. Hasil perhitungan dalam penelitian ini untuk rute usulan *clustering* lama diperlihatkan dalam Tabel II dan rute usulan *clustering* baru diperlihatkan pada Tabel III. Perbandingan jarak rute usulan melalui

Penerapan Model *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) Menggunakan *Google OR-Tools* untuk Penentuan Rute Pengantaran Obat pada Perusahaan Pedagang Besar Farmasi (PBF)

perhitungan program *Jupyter Notebook* dengan kondisi aktual perusahaan saat ini dapat dilihat pada Tabel IV.

Melalui hasil perbandingan jarak antara rute perusahaan saat ini dibandingkan rute usulan, secara keseluruhan rute usulan dengan *clustering* lama perusahaan saat ini menunjukkan penghematan rute sebesar 64,454 km atau sebesar 13,2% untuk setiap minggu pengantaran. Sementara itu, rute usulan dengan *clustering* baru menunjukkan penghematan rute sebesar 88,754 km, atau sebesar 18,18%, untuk setiap minggu pengantaran.

Suatu penghematan yang cukup besar dengan hanya mengubah urutan rute pengantaran. Hal ini terjadi karena *Google OR-Tools* mengambil seluruh data jarak antar pelanggan untuk kemudian dihitung, diurutkan, dan didapat-

kan hasil jarak terpendek dari seluruh konsumen berdasarkan pembatas kapasitas yang digunakan. Jarak yang lebih pendek secara otomatis akan membuat biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan bahan bakar menjadi lebih hemat. Hal ini tentunya akan berpengaruh pada biaya transportasi pengantaran, di mana salah satu faktor biaya transportasi tersebut adalah biaya bahan bakar.

Untuk melihat penghematan rute pengantaran secara lebih jelas dapat dilihat pada grafik perbandingan jarak rute perusahaan pada Gambar 2. Dalam grafik yang disajikan terlihat bahwa terdapat penurunan total jarak tempuh pengantaran obat bagi perusahaan.

Berkaitan dengan penghematan biaya transportasi perusahaan untuk pengantaran obat, perbandingan total biaya transportasi rute usulan dengan kondisi aktual perusahaan saat ini dapat dilihat pada Tabel V. Berdasarkan hasil perhitungan biaya transportasi yang didapatkan melalui perhitungan jarak dari rute usulan, maka rute usulan *clustering* lama perusahaan menunjukkan nilai penghematan biaya transportasi sebesar Rp30.693,00, atau sebesar 10,54%, untuk setiap minggu pengantaran. Sementara itu, rute usulan dengan *clustering* baru menunjukkan nilai penghematan biaya transportasi sebesar Rp42.312,00, atau sebesar 14,53%, untuk setiap minggu pengantaran. Penghematan biaya transportasi perusahaan lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik perbandingan biaya transportasi pada Gambar 3. Dalam grafik yang disajikan biaya transportasi untuk wilayah distribusi Bandung Selatan mengalami penurunan yang menandakan penghematan biaya transportasi bagi perusahaan.

TABEL II
RUTE USULAN *CLUSTERING* LAMA PERUSAHAAN

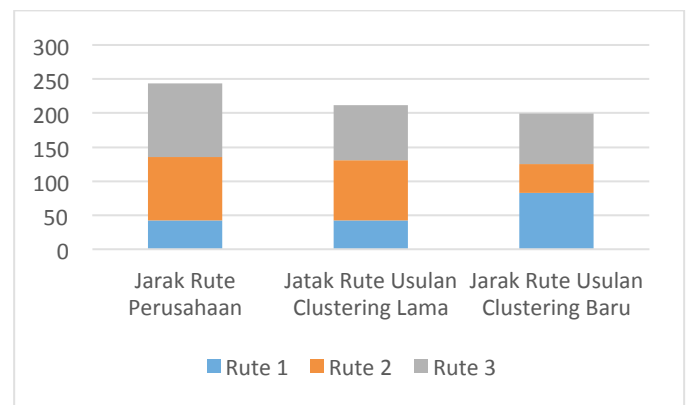
	Rute	Jarak
Rute 1	0-R1-R2-R3-R12-R13-R14-R15-R16-R17-R18-R19-R20-R21-R22-R23-R24-R25-R27-R28-R26-R30-R29-R31-R10-R9-R8-R7-R6-R11-R5-R4-0	41,94 km
Rute 2	0-S10-S11-S13-S18-S16-S17-S15-S14-S12-S9-S8-S7-S6-S5-S3-S2-S4-S1-0	88,92 km
Rute 3	0-T8-T3-T12-T13-T17-T16-T15-T14-T11-T10-T9-T7-T6-T5-T2-T4-T1-0	81,043 km
Total Jarak Satu Minggu		423,806 km

TABEL III
RUTE USULAN *CLUSTERING* BARU PERUSAHAAN

	Rute	Jarak
Rute 1	0-R1-R2-R12-R13-R14-R15-S7-S8-T8-S9-S12-S14-S15-S18-S16-S17-S13-S11-S10-R23-R24-R26-R3-0	82,37 km
Rute 2	0-R5-R11-R6-R7-R8-R10-R9-R30-R22-R21-R20-R19-R18-S6-S4-T3-S2-T4-T2-T1-R25-R28-R29-R31-0	42,51 km
Rute 3	0-R27-R17-S1T10-T13-T12-T15-T17-T16-T14-T11-T9-T7-T6-T5-S3-S5-R16-R4-0	74,873 km
Total Jarak Satu Minggu		399,506 km

TABEL IV
PERBANDINGAN JARAK RUTE PERUSAHAAN DAN RUTE USULAN

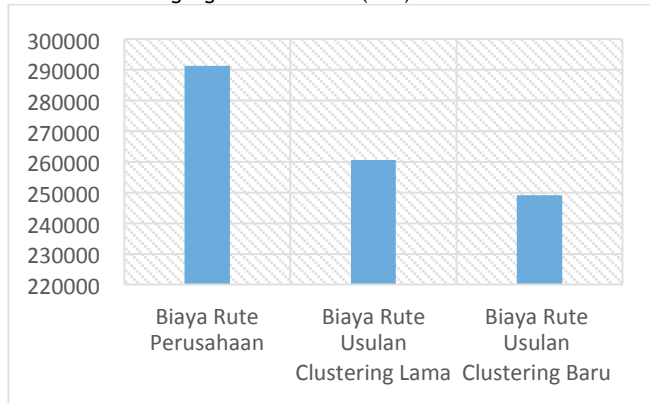
Rute	Jarak Rute Perusahaan	Jarak Rute Usulan Clustering Lama Perusahaan	Jarak Rute Usulan Clustering Baru
Rute 1	42,79 km	41,94 km	82,37 km
Rute 2	92,54 km	88,92 km	42,51 km
Rute 3	108,8 km	81,043 km	74,873 km
Total Jarak Satu Minggu	488,26 km	423,806 km	399,506 km



Gambar 2 Grafik perbandingan jarak rute pengantaran

TABEL V
PERBANDINGAN BIAYA TRANSPORTASI RUTE PERUSAHAAN DAN RUTE USULAN

	Rute Perusahaan	Rute Usulan Clustering Lama Perusahaan	Rute Usulan Clustering Baru
Total Biaya Transportasi Satu Minggu	Rp291.325,00	Rp260.632,00	Rp249.013,00



Gambar 3 Grafik perbandingan biaya transportasi

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, usulan rute dengan sistem *clustering* baru perusahaan menghasilkan nilai yang lebih baik dibandingkan usulan rute lainnya. Rute usulan dengan sistem *clustering* baru perusahaan dipilih karena memiliki kelebihan, yaitu rute yang dihasilkan lebih *flexible* sehingga tidak bergantung pada pembagian daerah pengantaran yang sebelumnya sudah dibuat oleh perusahaan. Rute yang *flexible* ini akan membuat pelanggan perusahaan dapat dilayani kapan saja, sesuai dengan permintaannya, sehingga menambah nilai kepuasan pelanggan dan akan berpengaruh bagi keuntungan perusahaan.

Hasil total jarak untuk satu minggu pengantaran, menurut hasil penelitian, dengan sistem *clustering* baru mencatatkan 399,506 km. Hal ini menunjukkan penghematan yang didapatkan perusahaan adalah sebesar 88,754 km, atau sebesar 18,18%, untuk setiap minggu pengantaran. Biaya transportasi pun ikut berpengaruh seiring dengan penghematan jarak yang dihasilkan. Total biaya transportasi yang dikeluarkan perusahaan untuk rute usulan dengan sistem *clustering* baru adalah sebesar Rp249.013,00. Hal ini menunjukkan bahwa perusahaan dapat menghemat biaya transportasi sebesar Rp42.312,00, atau sebesar 14,53%, untuk setiap minggu pengantaran.

Usulan penelitian selanjutnya yang dapat dilakukan adalah memperhitungkan faktor lain yang belum ada pada penelitian kali ini, yaitu faktor kemacetan, faktor kelelahan pengantar, jumlah kendaraan yang lebih banyak dan kapasitas yang lebih beragam, serta penggunaan data *traffic* secara langsung.

DAFTAR REFERENSI

- [1] K. Philip dan A. Gary, *Principles of Marketing*, 14th ed., New Jersey: Prentice Hall, 2011.

- [2] P. Toth dan D. Vigo, "An overview of vehicle routing problem," dalam *The Vehicle Routing Problems*, SIAM: Society for Industrial and Applied Mathematics, 2002, hlm. 1-26.
- [3] S. Hanna, "Pemodelan *vehicle routing problem with time window* untuk mengoptimasi rute distribusi produk Sari Roti dengan metode algoritme *Sweep* and *Mixed Integer Linear Programming* (studi kasus: CV Jogja Transport)," Skripsi, Prodi Teknik Industri, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Yogyakarta, 2017.
- [4] C. N. Olivia, "Penyelesaian *vehicle routing problem with simultaneous pick up and delivery* menggunakan metode *Constrain Programming*," Skripsi, Institut Teknologi Harapan Bangsa, Bandung, 2019.
- [5] S. Chopra dan P. Meindl, *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*, 4th Edition, USA: Pearson Education, Inc., 2010.
- [6] W. K. Cahyaningsih, E. R. Sari, dan K. Hernawati, "Penyelesaian *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) menggunakan algoritme *Sweep* untuk optimasi rute distribusi surat kabar Kedaulatan Rakyat," dalam *Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika*, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, 2015, hlm. 1-8.
- [7] Gonzales-Feliu Jesus, "Models and methods for the city logistics: the two-echelon *Capacitated Vehicle Routing Problem*", Theses, La Rochelle Bussiness School, 2008.
- [8] Gunawan, I. Maryati, dan H. K. Wibowo, "Optimasi penentuan rute kendaraan pada sistem distribusi barang dengan *Ant Colony Optimization*", dalam *Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan 2012 (Semantik 2012)*, Semarang, 23 Juni 2012, hlm. 163-168.
- [9] C. A. Gunawan dan H. Toba, "Pembangkitan solusi penjadwalan berprioritas melalui penerapan *constraint satisfaction problem* (studi kasus: Laboratorium Fakultas Teknologi Informasi Universitas XXX)," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 2, no. 1, April, 2016.
- [10] User guide "Anaconda". [Daring]. Tersedia: <https://docs.anaconda.com/anaconda/user-guide/getting-started/>.
- [11] *Jupyter Notebook*. [Daring]. Tersedia: <https://jupyter.org/>.
- [12] F. P. Syafrial dan A. S. Yogi, *Big Data Classification Behavior Menggunakan Python*, 1st Edition, Kreatif Industri Nusantara, 2020.

Sonna Kristina, memperoleh gelar Sarjana Teknik dari jurusan Teknik Industri di Universitas Kristen Maranatha dan gelar Magister dalam bidang Manajemen Industri di Institut Teknologi Bandung. Saat ini menjabat sebagai dosen tetap di Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Harapan Bangsa, Bandung.

Ricky Dobby Sianturi, memperoleh gelar Sarjana Teknik dari jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, SAPPK Institut Teknologi Bandung, dan gelar Magister dalam bidang Transportasi, SAPPK Institut Teknologi Bandung. Saat ini menjabat sebagai dosen tetap pada Program Studi Manajemen Rantai Pasok, Institut Teknologi Harapan Bangsa, Bandung.

Rafael Husnadi, kelahiran Bandung, menerima gelar Sarjana Teknik dari Institut Teknologi Harapan Bangsa Bandung pada Program Studi Teknik Industri pada tahun 2020. Memiliki minat dalam bidang *Supply Chain Management*.