

PENENTUAN RUTE DISTRIBUSI DENGAN PENDEKATAN HETEROGENEOUS VEHICLE ROUTING PROBLEM PADA PT PIONEERINDO GOURMET INTERNATIONAL TBK GUDANG CFC CABANG SURABAYA

Deni Hestyantama

Program Studi Teknik Industri, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Files.Denibacksky@gmail.com

ABSTRACT

PT. Pioneerindo Gourmet International, Tbk is a company in the field of food and drink (Food and Beverages) by introducing the concept of fast food restaurant management through the trademark "California Fried Chicken" or abbreviated as CFC. The object of this research is the DC CFC Surabaya warehouse in the eastern part of Indonesia. The company has a constraint that is the Surabaya CFC DC warehouse receives a variety of requests from various retailers so that the company does not optimize the use of vehicle capacity on many vehicles that have different capacities. These problems resulted in the long-distance distribution routes carried out. These problems resulted in the long-distance distribution routes carried out. Based on these problems, the authors determine the route using the sweep algorithm method with the Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem (HFVRP) approach to cluster each retail into small groups based on different vehicle capacities. Then the route is made from the results of the grouping to find the most optimal total distance from the (cluster) using a mathematical model with the concept of MILP (Mixed Integer Linear Programming) using the help of Lingo 18.0 x64 software. From the results of the processing, it was found that the comparison of the actual route with the route of the research results obtained a percentage of savings at a distance of 34.01%, the duration of the delivery of 31.86%, and the shipping cost of 33.33%. After analyzing the sensitivity of the effect obtained, the order of visits to retail on each route changes, so that the total distance, duration, and shipping costs also change, in scenario one produces a difference that is not significant or not too large, but in scenario two, a comparison with the total distance, time, and route cost of the research results in a big change.

Key Words: distribution route; sweep algorithm; heterogeneous fleet vehicle routing problem; mixed integer linear programming; sensitivity analysis

PENDAHULUAN

Persaingan yang terjadi antar dunia industri sekarang ini terjadi semakin ketat, sehingga setiap perusahaan harus mempunyai kemampuan strategi khususnya pada proses transportasi dan distribusi untuk mendistribusikan produknya ke konsumen secara akurat, tepat waktu dengan kuantitas dan kondisi produk yang baik. Agar perusahaan dapat bertahan dalam menghadapi persaingan, perusahaan dituntut untuk menentukan jumlah

produk menggunakan fasilitas transportasi yang paling tepat untuk menurunkan jarak transportasi. Salah satu cara untuk menurunkan jarak transportasi yaitu dengan mengefisienkan sistem distribusi dari menggunakan jenis-jenis transportasi yang ada. Mengefisienkan sistem distribusi juga dapat menentukan rute pendistribusian untuk meminimalkan jarak tempuh kendaraan, dan lama perjalanannya sehingga dapat mengoptimalkan penggunaan kapasitas serta jumlah kendaraan.

Kusumastuti, (2014) berpendapat bahwa manajemen logistik merupakan sebuah proses pengendalian, perencanaan dan penerapan dari kegiatan logistik yang dimulai dari pengadaan, penyimpanan dan pendistribusian untuk memenuhi permintaan dari konsumen. Sedangkan menurut Martono, (2018:1) manajemen logistik merupakan suatu sistem yang mengatur seluruh proses dalam organisasi atau perusahaan untuk merencanakan dan mengirimkan barang kepada konsumen.

Logistik memiliki tujuan yaitu menyalurkan barang dan berbagai macam material dengan jumlah yang optimal dengan kapasitas kendaraannya, pengiriman ke lokasi dengan tepat waktu, dan membutuhkan biaya pengiriman yang paling minimum (Bowersox, 2000:13). Gitosudarmo and Mulyono, (1998:19) menegaskan bahwa setiap tujuan dalam sistem logistik akan berbeda-beda tergantung dalam penggunaannya, misalkan bertujuan untuk meminimumkan biaya atau bertujuan untuk penyimpanan barang tahan lama.

Menurut Pujawan and Mahendrawathi, (2017:217) manajemen distribusi dan transportasi pada dasarnya mengantarkan sebuah produk dari lokasi tempat produksi ke tempat produk yang akan digunakan manajemen distribusi dan transportasi meliputi aktivitas baik itu fisik yang terlihat oleh mata contohnya pengiriman dan penyimpanan barang, dan aktivitas non fisik seperti pengolahan informasi dan pelayanan pada konsumen.

Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan sebuah permasalahan pada sejumlah rute dan kendaraan yang ada di satu atau lebih depot yang harus diatur dan ditentukan jumlahnya untuk melayani konsumen-konsumen yang tersebar di berbagai lokasi. VRP memiliki tujuan yaitu untuk mengirimkan barang dari depot kepada konsumen dengan biaya dan rute pengiriman yang minimum. (Prana, 2007:1)

Salah satu variasi dari VRP adalah *Heterogeneous Fleet Routing Problem* (HFVRP) yaitu varian VRP yang mempertimbangkan kendaraan yang memiliki kapasitas dan biaya yang berbeda-beda pada kegiatan distribusi atau bisa disebut (heterogen) (Toth and Vigo, 2014:245). Menurut Arvianto, Setiawan, and Saptadi, (2014) tidak semua perusahaan maupun itu perusahaan besar atau perusahaan kecil memiliki kendaraan dengan kapasitas sama (homogen). Dan dipastikan bahwa banyak perusahaan yang memiliki kapasitas kendaraan yang berbeda-beda sehingga permasalahan VRP klasik saat ini sulit untuk dilakukan. Maka saat ini muncul variasi VRP baru yang bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan rute kendaraan dengan jenis dan kapasitas yang berbeda (heterogen) atau dikenal dengan *Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem* (HFVRP).

Algoritma *sweep* merupakan salah satu metode heuristik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pada VRP. Nurcahyo et al., (2002) menegaskan bahwa untuk menyelesaikan permasalahan dengan menggunakan algoritma *sweep* memiliki dua tahap penyelesaian yaitu pengelompokan (*clustering*) dan pembuatan urutan rute kunjungan ke konsumen pada setiap *cluster*. Salah satu contoh penelitian menggunakan algoritma *sweep*

telah dilakukan oleh Saraswati, Sutopo, and Hisjam, (2017) yang menyelesaikan permasalahan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) menggunakan algoritma *sweep* untuk menentukan rute distribusi koran dengan permasalahan pengiriman barang tanpa mempertimbangkan rute dan kapasitas kendaraan yang digunakan. Sehingga didapatkan dua rute dengan total waktu tempuh 5 jam 55 menit.

Linear programming merupakan sebuah model matematis yang sering digunakan untuk menggambarkan dari sebuah permasalahan-permasalahan yang terjadi untuk mendapatkan hasil yang optimal yaitu suatu hasil yang sesuai dengan tujuan yang ditentukan dengan batasan – batasan yang ada. Kata “*linear* atau linier” dalam *linear programming* menandakan bahwa semua fungsi atau model matematis menggunakan fungsi – fungsi linier yaitu suatu fungsi yang mempunyai dua variabel atau lebih yang setiap variabelnya memiliki nilai yang saling mempengaruhi.

Integer linear programming merupakan *linear programming* yang bersifat *integer* yaitu berupa bilangan bulat atau bilangan real dan bukan termasuk bilangan pecahan (Hayati, 2010). Kemudian untuk *mixed integer linear programming* yaitu *linear programming* yang memiliki variabel tidak hanya bilangan bulat (*integer*) saja, melainkan bisa berupa variabel *binary*. Variabel *binary* digunakan untuk pengambilan keputusan apakah kendaraan akan melakukan pengiriman atau tidak (Nuha, Wati, and Widiasih, 2018).

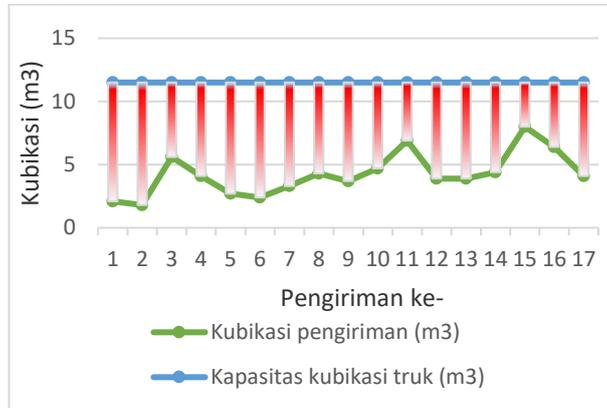
Singhtoun and Tapradub, (2019) berpendapat bahwa sebagian besar model HFVRP merupakan sebuah permasalahan *integer linear programming*. Permasalahan tersebut dapat diselesaikan menggunakan algoritma eksak seperti algoritma *branch and bound*, algoritma *branch and cut* dan algoritma *branch and the price*, dll, namun algoritma eksak hanya efisien jika terjadi permasalahan yang kecil. Jika permasalahan yang terjadi semakin rumit membutuhkan metode heuristik dan metaheuristik untuk mendapatkan solusi yang optimal, namun memiliki kelemahan yaitu membutuhkan waktu komputasi yang lebih lama. Maka diperlukannya algoritma yang tepat sesuai dengan permasalahan yang terjadi dan banyak *software* yang bisa digunakan untuk mendapatkan solusi yang optimal.

PT. Pioneerindo Gourmet International, Tbk adalah perusahaan bidang makanan dan minuman (*Food and Beverages*) merupakan salah satu perusahaan di Indonesia yang memperkenalkan konsep pengelolaan restoran cepat saji bernama “California Fried Chicken” atau di singkat CFC.

Perusahaan ini berpusat di Jakarta yang memiliki beberapa DC gudang yang tersebar di Indonesia, objek penelitian ini adalah di gudang DC CFC Surabaya cabang wilayah Indonesia Bagian Timur. Pada awal pendistribusian barang, gudang DC CFC Surabaya meminta barang kepada gudang pusat untuk memenuhi permintaan dari DC gudang Surabaya, setelah barang sampai di DC gudang Surabaya, kemudian barang di distribusikan ke ritel - ritel “California Fried Chicken” di wilayah Indonesia bagian timur yang meliputi, Jawa Tengah, Jawa Timur, Yogyakarta, Bali, Lombok, Kalimantan, Sulawesi, Ambon, dan Papua sesuai dengan permintaan tiap-tiap ritel. Untuk penelitian ini hanya membahas proses distribusi dari gudang DC Surabaya ke ritel – ritel yang terletak di pulau Jawa saja.

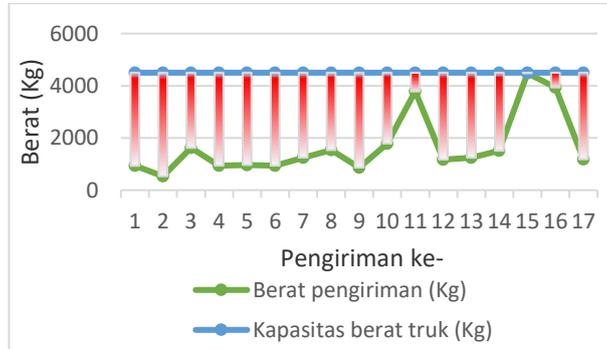
Permasalahan yang terjadi pada perusahaan dalam mengoptimalkan penggunaan kapasitas kendaraan yang digunakan, jika di lihat dari hasil rekapitulasi data pengiriman

barang bulan Agustus – Desember 2019 dapat diketahui pada rute 1 hingga 11 rute yang dimiliki kurang memaksimalkan penggunaan kapasitas kendaraan angkut yang ada, padahal masih bisa dilakukan penambahan barang sampai penggunaan kapasitas kendaraan lebih optimal. Berikut ini salah satu grafik perbandingan pengiriman aktual dengan kapasitas kendaraan pada bulan Agustus - Desember 2019 pada salah satu rute yang dimiliki oleh perusahaan.



Gambar 1. Grafik perbandingan kubikasi pengiriman aktual dengan kapasitas armada rute 1 pada bulan agustus - desember 2019

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa penggunaan kubikasi pada kendaraan berkapasitas $11,51 \text{ m}^3$ dan berat 4,5 ton dengan total kubikasi dari pengiriman barang rute 1 pada bulan Agustus - Desember 2019 masih terdapat ruang kosong yang seharusnya bisa di gabung dengan pengiriman dari ritel lain sehingga penggunaan kapasitas kendaraan terpenuhi.



Gambar 2. Grafik perbandingan berat pengiriman aktual dengan kapasitas armada rute 1 pada bulan agustus - desember 2019

Dari grafik tersebut juga dapat dilihat bahwa penggunaan berat pada kendaraan berkapasitas $11,51 \text{ m}^3$ dan berat 4,5 ton dengan total berat dari pengiriman barang rute 1 pada bulan Agustus - Desember 2019 masih terdapat ruang kosong yang bisa ditambahkan dengan pengiriman barang pada ritel lain sehingga penggunaan kapasitas kendaraan terpenuhi.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka pembahasan pada penelitian ini yaitu menentukan rute distribusi dengan mengoptimalkan kapasitas kendaraan yang berbeda-beda (heterogen) menggunakan metode algoritma *sweep* untuk melakukan pengelompokkan total 67 ritel ke dalam setiap *cluster* dengan batasan tidak diperkenankan melebihi total kubikasi dan berat pada kendaraan yang digunakan. Total kendaraan yang digunakan oleh gudang DC sebanyak 5 kendaraan. Melakukan pengurutan kunjungan ke

ritel menggunakan *software* Lingo 18.0 x64 sehingga didapatkan penghematan rute, jarak, durasi, biaya pengiriman. Dan melakukan analisis sensitivitas untuk mengetahui pengaruh apa yang terjadi jika dilakukan perubahan pada parameter model matematis yang digunakan.

MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan di PT. Pioneerindo Gourmet International, Tbk (Kantor dan DC Gudang CFC Surabaya cabang wilayah Indonesia bagian timur, yang terletak di Jalan Bypass Juanda Baru, Pergudangan Ramajaya No.10-11, Kabupaten Sidoarjo. Penelitian dimulai pada bulan Februari 2020 sampai bulan Juni 2020.

Algoritma *sweep* merupakan suatu metode heuristik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan *Vehicle Routing Problem* (VRP). Menurut Nuha et al. (2018) untuk menyelesaikan permasalahan VRP menggunakan Algoritma *sweep* dapat diselesaikan dengan dua langkah. Langkah pertama yaitu menentukan sudut polar setiap konsumen, kemudian melakukan sapuan pada konsumen yang memiliki sudut polar dari yang terkecil hingga terbesar, setelah itu mengelompokkan atau *cluster* konsumen berdasarkan batasan yang telah ditetapkan pada Algoritma *Sweep*. Langkah kedua yaitu membuat rute menggunakan *Mixed Integer Linear Programming* (MILP). MILP digunakan untuk membuat atau melakukan pengurutan kunjungan konsumen pada setiap *cluster* yang telah dilakukan.

Verifikasi dan validasi merupakan tahapan untuk memeriksa kesesuaian model matematis yang telah dibuat atau dikembangkan dengan tujuan dari penelitian yang dilakukan. Menurut Andika (2019) verifikasi dan validasi berfungsi untuk memeriksa model matematis yang dibuat apakah sudah sesuai dengan tujuan pada penelitian yang dilakukan.

Running model merupakan tahapan untuk menjalankan model matematis ke bahasa Lingo menggunakan *software* Lingo versi 18.0 x64 sehingga didapatkan urutan rute pada setiap cluster yang menghasilkan total jarak yang paling minimum.

Perhitungan durasi pengiriman setiap *cluster* untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses pengiriman pada setiap *cluster* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$durasi = \frac{\text{jarak distribusi}}{\text{kecepatan laju kendaraan}} \times 60 \quad (1)$$

Asumsi kecepatan laju kendaraan pada penelitian ini yaitu 50 km/jam.

Perhitungan biaya pengiriman setiap *cluster* untuk mengetahui biaya yang dibutuhkan untuk melakukan pengiriman pada setiap *cluster* dengan rincian biaya sebagai berikut:

Tabel 1. Rincian biaya pengiriman

| Rincian | Biaya |
|-------------------------|--|
| BBM (Solar) | Rp 5.150 / liter Karena 1 liter BBM dapat menempuh 4 km, maka dalam tiap km membutuhkan biaya BBM : $Rp\ 5.150 / 4 = Rp\ 1.288 / km$ |
| Uang Makan | Rp 60.000 / hari / trip / supir |
| Hotel | Rp 150.000 / supir (trip > 1 hari/12 jam) |
| Parkir | Rp 5.000 / ritel |
| Toll dan lain - lain | Rp 50.000 / ritel |

Analisis sensitivitas merupakan kegiatan analisis untuk melihat pengaruh apa yang akan terjadi akibat keadaannya yang akan diubah, atau untuk melihat seberapa besar perbedaan yang akan terjadi pada model matematis jika parameternya diubah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

PT. Pioneerindo Gourmet International, Tbk merupakan perusahaan bergerak di bidang makanan dan minuman yang berpusat di Jakarta. PT. Pioneerindo Gourmet International memiliki 67 ritel CFC yang tersebar di seluruh Indonesia. Dengan banyaknya ritel tersebut, perusahaan memiliki gudang distribusi yang tersebar di seluruh Indonesia untuk membantu dan mempercepat proses distribusi produk – produk yang dibutuhkan oleh ritel CFC. Objek penelitian ini yaitu gudang DC CFC Surabaya yang terletak di Jalan Bypass Juanda Baru. Pergudangan Ramajaya No.10-11, Kabupaten Sidoarjo.

Gudang DC CFC Surabaya memiliki lima kendaraan dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 2. Kapasitas kendaraan

| Jenis Kendaraan | Jumlah | Kapasitas box | | Kode Kendaraan |
|---|--------|------------------------------|----------------|----------------|
| | | Kubikasi (p x l x t) (m3) | Berat (ton) | |
| Mitsubishi Canter Colt Diesel FE 73 box | 5 | 12,12 | 4,5 | B 9215 BCX |
| | | 11,57 | 4,5 | B 9344 PCE |
| | | 12,33 | 4,5 | B 9049 PCB |
| | | 11,92 | 4,5 | B 9810 BCT |
| | | 12,12 | 4,5 | B 9213 BCX |

Kapasitas kendaraan yang akan digunakan untuk mengangkut barang memiliki batas toleransi sebesar 95% dari luas kapasitas kendaraan, maka didapatkan batas kapasitas pada masing – masing kendaraan dapat dilihat pada tabel berikut:

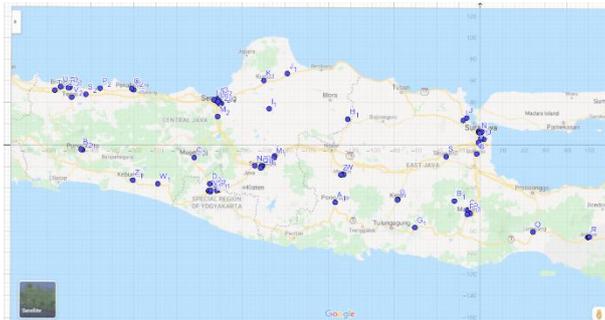
Tabel 3. Batas toleransi kapasitas kendaraan

| Kode Kendaraan | Kapasitas box | |
|----------------|---|------------------|
| | Kubikasi (p x l x t) (m ³) | Berat (ton) |
| B 9215 BCX | 12,12 x 95% = 11,51 | 4,5 x 95% = 4,23 |
| B 9344 PCE | 11,57 x 95% = 10,99 | 4,5 x 95% = 4,23 |
| B 9049 PCB | 12,33 x 95% = 11,71 | 4,5 x 95% = 4,23 |
| B 9810 BCT | 11,92 x 95% = 11,32 | 4,5 x 95% = 4,23 |
| B 9213 BCX | 12,12 x 95% = 11,51 | 4,5 x 95% = 4,23 |

Dengan menggunakan Algoritma *Sweep* didapatkan langkah-langkah penyelesaian sebagai berikut:

PENGELOMPOKAN TIAP RITEL

Menentukan koordinat kartesius dengan meletakkan depot sebagai pusat koordinat, kemudian meletakkan masing – masing ritel sesuai dengan alamat ritel tersebut di maps. Pada tahap ini menggunakan bantuan *software* GeoGebra.



Gambar 3. Koordinat kartesius algoritma *sweep* dengan bantuan *software* GeoGebra

Setelah mendapatkan koordinat kartesius masing – masing ritel, kemudian mengubah koordinat kartesius tersebut ke koordinat polar untuk mendapatkan sudut polar. Berikut ini contoh cara untuk mengubah koordinat kartesius (x, y) menjadi koordinat polar (r,θ) pada ritel 1 sebagai berikut:

$$\theta = \arctan \frac{y}{x} \quad (2)$$

$$\theta = \arctan \frac{5.32}{3.11} = \arctan(1.7106) = 59.69^\circ$$

Karena (x, y) pada ritel 1 (positif, positif) maka θ (sudut polar) terletak pada kuadran I menjadi 59.69°. perhitungan berikut dilakukan hingga ritel 67.

Melakukan “*sweep*” atau “sapuan” pada semua ritel dengan mengurutkan semua ritel yang memiliki sudut polar terkecil hingga terbesar.

Setelah itu melakukan pengelompokan (*cluster*) setiap ritel dimulai dari yang memiliki sudut polar terkecil hingga terbesar. Masing – masing ritel memiliki permintaan barang berupa kubikasi dan berat. Pengelompokan pada *cluster* pertama akan dihentikan jika mendekati batasan yaitu tidak boleh melebihi kapasitas kubikasi dan berat pada kendaraan yang akan digunakan pada cluster tersebut. Setelah itu melanjutkan lagi dengan membuat *cluster* baru pada ritel yang memiliki sudut polar terkecil atau ritel yang terakhir ditinggalkan. Langkah – langkah seperti ini terus diulangi hingga semua ritel masuk ke dalam cluster yang telah di buat.

Pada tahapan ini, dari 67 ritel dan 5 kendaraan yang digunakan, didapatkan sebanyak 7 *cluster* berdasarkan kapasitas kendaraan yang digunakan.

PEMBENTUKAN RUTE MENGGUNAKAN MILP

Pembentukan rute dilakukan dengan mengembangkan atau memperbaiki model matematis yang sudah dilakukan sehingga sesuai dengan permasalahan yang dihadapi dan untuk mencapai tujuan penelitian yang diharapkan.

NOTASI PENGEMBANGAN MODEL MATEMATIS

HIMPUNAN DAN INDEKS MODEL

- N = Himpunan dari node termasuk gudang DC dan ritel.
- i = Indeks ritel i .
- j = Indeks ritel j .

NOTASI PARAMETER

- Buka = Waktu buka ritel.
- Tutup = Waktu tutup ritel.
- Bongkar = Waktu *loading/unloading* di ritel.
- D = Jarak antar ritel.
- T = Waktu memulai pelayanan pada ritel.
- Durasi = Durasi pengiriman
- R = Bilangan riil yang bernilai besar.

NOTASI VARIABEL KEPUTUSAN

$$x_{ij} = \begin{cases} \text{bernilai 1 jika kendaraan beroperasi dari } i \text{ ke } j \\ \text{bernilai 0 jika kendaraan tidak beroperasi} \end{cases}$$

PERUMUSAN MODEL MATEMATIS

Perumusan model matematis yaitu menguraikan dan menjelaskan fungsi tujuan dan fungsi batasan sesuai dengan model yang akan di kembangkan.

Fungsi Tujuan :

$$\min \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N D_{ij} x_{ij} \quad (3)$$

Fungsi tujuan yaitu tujuan dari model matematis yang akan digunakan. Pada (3) menjelaskan bahwa tujuannya adalah meminimumkan jarak pengiriman dari kendaraan yang beroperasi pada ritel i ke ritel j .

Fungsi Batasan

$$\sum_{i \neq j} x_{ij} = 1 \quad \forall j > 1 \quad (4)$$

Pada fungsi batasan (4) menjelaskan bahwa kendaraan yang beroperasi hanya mengunjungi ritel sekali saja.

$$\sum_{j > 1} x_{ij} = 1 \quad \forall i = 1 \quad (5)$$

Pada fungsi batasan (5) menjelaskan bahwa kendaraan akan berangkat dari depot (gudang DC).

$$\sum_{i > 1} x_{ij} = 1 \quad \forall j = 1 \quad (6)$$

Pada fungsi batasan (6) menjelaskan bahwa kendaraan akan berakhir di depot (gudang DC).

$$T_j \geq T_i + \text{bongkar}_i + \text{durasi}(i, j) - R(1 - x_{ij}) \quad \forall i = 1 \quad (7)$$

Pada fungsi batasan (7) menjelaskan bahwa kendaraan tidak diperkenankan memulai pelayanan ke ritel j sebelum melayani ritel i ditambah waktu *loadng/unloading* ritel i ditambah durasi pengiriman pada ritel i dan j dan beroperasi dari ritel i ke j . R merupakan bilangan riil bernilai besar.

$$\sum_{i=z} x_{iz} - \sum_{j=z} x_{zj} = 0 \quad (8)$$

Pada fungsi batasan (8) menjelaskan untuk pembentukan rute kendaraan yang beroperasi setelah tiba di ritel i , maka kendaraan akan berangkat lagi ke ritel j .

$$\sum_{i=1} \text{buka}_i \leq T_i \quad (9)$$

$$\sum_{i=1} \text{tutup}_i \geq T_i + \text{bongkar}_i \quad (10)$$

Pada fungsi batasan (9) dan (10) menjelaskan untuk batasan *time windows*. Yaitu waktu memulai pelayanan ritel i lebih dari jam buka ritel i . kemudian waktu memulai pelayanan ritel dan waktu *loading/unloadng* kurang dari jam tutup ritel i .

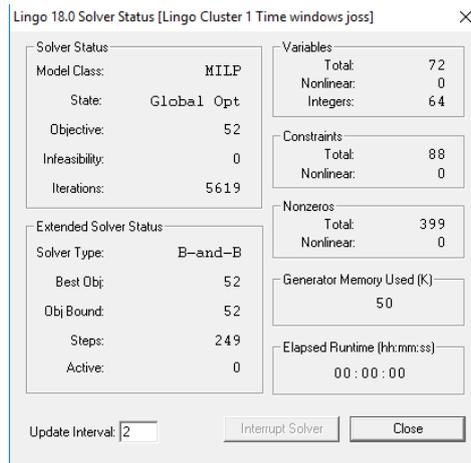
$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall (i, j) = N \quad (11)$$

Pada fungsi batasan (11) merupakan variabel keputusan yang menjelaskan untuk kendaraan yang beroperasi akan memiliki variabel *binary* yaitu nilai 1 dan 0, 1 untuk kendaraan yang melakukan perjalanan pada ritel i ke j , bernilai 0 untuk kendaraan yang tidak beroperasi.

VERIFIKASI

Pada tahap verifikasi, menganggap bahwa model matematis yang dibuat sudah sesuai dengan fungsi tujuan model yang diinginkan. Dan proses pengubahan dari model matematis ke bahasa pemrograman Lingo yang digunakan juga dianggap sudah sesuai.

Berikut *capture* dari hasil *running software* Lingo yang membuktikan bahwa model sudah terverifikasi, penulis ambil contoh pada *Solve Cluster 1*.



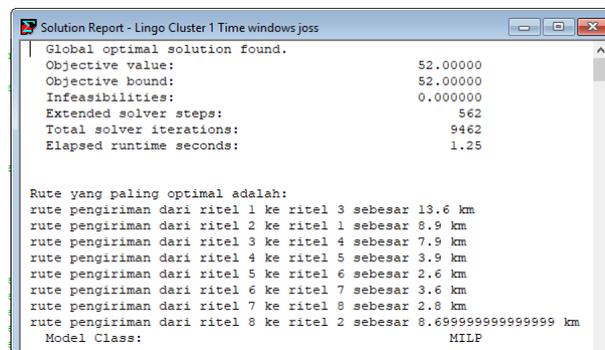
Gambar 4. Verifikasi model

Dari gambar diatas, didapatkan *model class* MILP yang artinya model yang digunakan sudah sesuai dengan tujuan pada penelitian ini yaitu MILP (*Mixed Integer Linear Programming*).

VALIDASI

Pada tahap validasi, menganggap bahwa model matematis yang dibuat sudah sesuai dengan tujuan dari penelitian ini yaitu meminimumkan jarak pada masing – masing *cluster* sehingga didapatkan total jarak yang paling minimum.

Berikut *capture* dari hasil *running software* Lingo yang membuktikan bahwa model sudah tervalidasi, penulis juga ambil contoh pada *Solve Cluster 1*.



Gambar 5. Validasi model

Dari gambar diatas, didapatkan *objective value* sebesar 52 yang artinya didapatkan total jarak yang paling optimal pada *cluster* tersebut sebesar 52 km. Dan didapatkan urutan kunjungan ritel yang sudah sesuai dengan urutannya.

RUNNING MODEL

Dengan melakukan *running model* dari *cluster 1* hingga *cluster 7*, maka diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil *running* model

| Rute | Ritel | Jarak (km) |
|------|---|------------|
| 1 | Gudang - Maspion Square - CFC Tidar - CFC Atom - CFC Kaza City - CFC WTC - CFC Stasiun Gubeng - CFC Transmart Rungkut - Gudang | 52 |
| 2 | Gudang - CFC Ramayana Gresik - CFC Cepu - CFC Purwodadi - CFC Fatmawati - Plaza Simpang lima (Simpang lima) - CFC Lawang sewu - CFC Stasiun Pekalongan - CFC Siliwangi - CFC Paragon Mall - CFC Stasiun Poncol - CFC Stasiun Tawang - CFC Kudus - CFC Pati - CFC Icon Mall Gresik - CFC Bungurasih - Gudang | 844,6 |
| 3 | Gudang - CFC Rest area KM 429 (Ungaran) - CFC Majapahit - Matahari Pekalongan - CFC Pemalang - CFC Stasiun Tegal - CFC Toserba Yogya (Brebes) - CFC Rest area KM 260 PG - Rita SuperMall Tegal - CFC Slawi - CFC Rest area KM 294 B - Gudang | 1094,8 |
| 4 | Gudang - Rest area KM 519 A SOKER - Stasiun Solo Balapan - Grandmall Solo - Transmart Solo Pabelan - CFC Artos Mall - CFC Stasiun Purwokerto - Rita Mall Purwokerto - CFC Kebumen - CFC Stasiun Kutoarjo - CFC Hartono Mall Solo - Rest area KM 519 B Masaran - Gudang | 1035,3 |
| 5 | Gudang - CFC Sleman City hall - CFC Ramai Mall - CFC Progo Jogja - Stasiun Lempuyangan - CFC Transmart Maguwo - Bandara adisutjipto - CFC SunCity Madiun - Stasiun Madiun - Plaza Madiun - Sunrise Mall Mojokerto - Gudang | 696,3 |
| 6 | Gudang - Kediri Town Square - Stasiun Kediri - CFC Ponorogo City Center - CFC Blitar Square - CFC Jatimpark - Malang Town Square (Matos) - Transmart Sidoarjo (Pagerwojo) - Gudang | 491,7 |
| 7 | Gudang - Matahari Mitra Malang - Stasiun Malang - Giant Sawojajar - Transmart Jember - Golden Market Jember - CFC Lippo Plaza Jember - CFC Lumajang - Gudang | 517,4 |

PERHITUNGAN DURASI PENGIRIMAN

Dengan melakukan perhitungan menggunakan rumus (1) ditambah waktu *loading/unloading* tiap ritel sebesar 30 menit, penulis ambil contoh perhitungan pada *cluster* 1 sebagai berikut:

$$\frac{52 \text{ Km}}{50 \text{ Km/jam}} \times 60 = 62,4 \text{ menit}$$

$$= 30 \text{ menit} \times \text{total ritel} \quad (12)$$

$$= 30 \text{ menit} \times 8 = 240 \text{ menit}$$

$$62,4 + 240 = 302,4 \text{ menit}$$

PERHITUNGAN BIAYA PENGIRIMAN

Pada perhitungan biaya pengiriman, penulis melakukan penjumlahan antar komponen biaya yang meliputi : BBM (Solar), uang makan, hotel, parkir, toll dan lain – lain. Dengan mengacu pada rincian biaya pengiriman pada tabel 1, penulis ambil contoh pada *cluster* 1 sebagai berikut:

BBM (Solar)

$$\text{BBM (solar)} = \text{Rp } 1.288 \times \text{Total jarak} \quad (13)$$

$$\text{BBM (solar)} = \text{Rp } 1.288 \times 52 = \text{Rp } 66.976$$

UANG MAKAN

$$\text{uang makan} \times \text{jumlah supir} \times \text{waktu distribusi} \quad (14)$$

$$\text{Uang makan} = \text{Rp } 60.000 \times 2 \times 1 = \text{Rp } 120.000$$

HOTEL

Karena durasi pengiriman pada *cluster* 1 hanya membutuhkan satu hari, maka tidak mendapatkan biaya hotel.

PARKIR

$$\text{Parkir} = \text{Rp } 5.000 \times \text{total ritel} \quad (15)$$

$$\text{Parkir} = \text{Rp } 5.000 \times 8 = \text{Rp } 40.000$$

TOLL DAN LAIN – LAIN

$$\text{Rp } 50.000 \times \text{total kunjungan} \quad (16)$$

$$\text{Toll dan lain – lain} = \text{Rp } 50.000 \times 8 = \text{Rp } 400.000$$

TOTAL

$$\text{Rp } 66.976 + \text{Rp } 120.000 + \text{Rp } 40.000 + \text{Rp } 400.000 = \text{Rp } 626.976$$

REKAPITULASI JARAK, WAKTU, DAN BIAYA HASIL PENELITIAN

Tabel 5. Rekapitulasi jarak, waktu, biaya pada rute hasil pengolahan

| Rute | Jarak (km) | Waktu (Menit) | Biaya |
|-------------|-------------------|----------------------|--------------|
| 1 | 52 | 302,4 | Rp626.976 |
| 2 | 844,6 | 1493,52 | Rp2.627.845 |
| 3 | 1094,8 | 1643,76 | Rp2.675.102 |
| 4 | 1035,3 | 1602,36 | Rp2.653.466 |
| 5 | 696,3 | 1165,56 | Rp2.041.834 |
| 6 | 491,7 | 830,04 | Rp1.613.310 |
| 7 | 517,4 | 860,88 | Rp1.646.411 |
| Total | 3723 | 6207,6 | Rp10.625.224 |

ANALISIS SENSITIVITAS

Dengan dilakukannya analisis sensitivitas, bisa diketahui pengaruh apa yang terjadi jika terdapat parameter yang diubah, penulis mempunyai enam skenario yang mana dilakukan pengubahan secara acak *time windows* beberapa ritel terhadap setiap *cluster* dikarenakan ritel tersebut terdapat *event* yang mengharuskan pengiriman barang didahulukan sehingga diberikan batasan pelayanan pengiriman hanya 2 jam dari buka dan tutup pelayanan pengiriman, maka pengaruh apa saja yang akan terjadi. Untuk melakukan analisis sensitivitas, penulis menggunakan bantuan *software* Lingo 18.0 x64.

SKENARIO PERTAMA

Pada tahap skenario pertama, yaitu dilakukan pengubahan secara acak *time windows* satu ritel pada setiap *cluster*. Pada skenario pertama batasan pelayanan pengiriman hanya dari jam 09:00 sampai jam 11:00.

SKENARIO KEDUA

Pada tahap skenario kedua, yaitu dilakukan pengubahan secara acak *time windows* dua ritel pada setiap *cluster*. Pada skenario kedua batasan pelayanan pengiriman hanya dari jam 09:00 sampai jam 11:00 untuk satu ritel sama dengan skenario pertama, namun ditambahkan lagi batasan pelayanan hanya dari jam 11:00 sampai jam 13:00 satu ritel lagi, jadi total ada dua ritel pada setiap *cluster* yang diubah secara acak *time windows*nya.

SKENARIO KETIGA

Pada tahap skenario ketiga, yaitu dilakukan pengubahan secara acak *time windows* tiga ritel pada setiap *cluster*. Pada skenario ketiga batasan pelayanan pengiriman hanya dari jam 09:00 sampai jam 11:00 untuk satu ritel sama dengan skenario pertama, dari jam 11:00 sampai jam 13:00 untuk satu ritel sama dengan skenario kedua, namun ditambahkan lagi batasan pelayanan hanya dari jam 13:00 sampai jam 15:00 satu ritel lagi, jadi total ada tiga ritel pada setiap *cluster* yang diubah secara acak *time windows*nya.

SKENARIO KEEMPAT

Pada tahap skenario keempat, yaitu dilakukan perubahan secara acak *time windows* empat ritel pada setiap *cluster*. Pada skenario keempat batasan pelayanan pengiriman hanya dari jam 09:00 sampai jam 11:00 untuk satu ritel sama dengan skenario pertama, dari jam 11:00 sampai jam 13:00 untuk satu ritel sama dengan skenario kedua, dari jam 13:00 sampai jam 15:00 untuk satu ritel sama dengan skenario ketiga namun ditambahkan lagi batasan pelayanan hanya dari jam 15:00 sampai jam 17:00 satu ritel lagi, jadi total ada empat ritel pada setiap *cluster* yang diubah secara acak *time windows*nya.

SKENARIO KELIMA

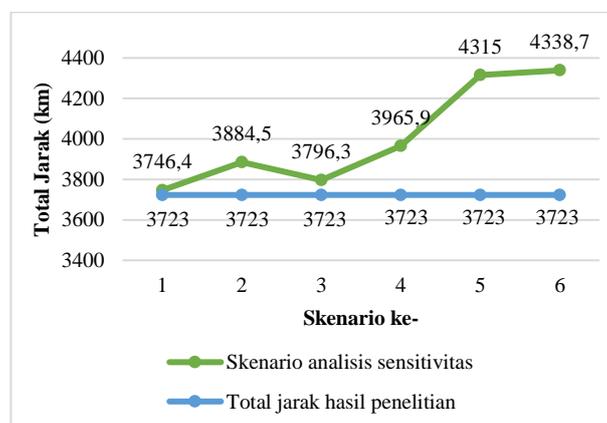
Pada tahap skenario kelima, yaitu dilakukan perubahan secara acak *time windows* lima ritel pada setiap *cluster*. Pada skenario kelima batasan pelayanan pengiriman hanya dari jam 09:00 sampai jam 11:00 untuk satu ritel sama dengan skenario pertama, dari jam 11:00 sampai jam 13:00 untuk satu ritel sama dengan skenario kedua, dari jam 13:00 sampai jam 15:00 untuk satu ritel sama dengan skenario ketiga, dari jam 15:00 sampai jam 17:00 untuk satu ritel sama dengan skenario keempat, namun ditambahkan lagi batasan pelayanan hanya dari jam 17:00 sampai jam 19:00 satu ritel lagi, jadi total ada lima ritel pada setiap *cluster* yang diubah secara acak *time windows*nya.

SKENARIO KEENAM

Pada tahap skenario keenam, yaitu dilakukan perubahan secara acak *time windows* enam ritel pada setiap *cluster*. Pada skenario keenam batasan pelayanan pengiriman hanya dari jam 09:00 sampai jam 11:00 untuk satu ritel sama dengan skenario pertama, dari jam 11:00 sampai jam 13:00 untuk satu ritel sama dengan skenario kedua, dari jam 13:00 sampai jam 15:00 untuk satu ritel sama dengan skenario ketiga, dari jam 15:00 sampai jam 17:00 untuk satu ritel sama dengan skenario keempat, dari jam 17:00 sampai jam 19:00 untuk satu ritel sama dengan skenario kelima, namun ditambahkan lagi batasan pelayanan hanya dari jam 19:00 sampai jam 21:00 satu ritel lagi, jadi total ada enam ritel pada setiap *cluster* yang diubah secara acak *time windows*nya.

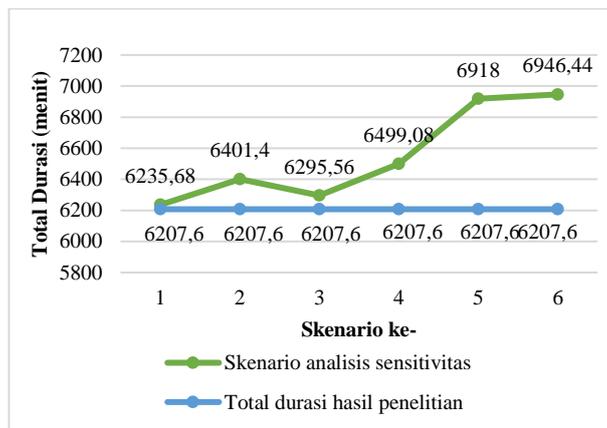
REKAPITULASI SKENARIO ANALISA SENSITIVITAS

Setelah melakukan analisis sensitivitas dari skenario pertama hingga skenario keenam, penulis melakukan rekapitulasi hasil dari masing – masing skenario untuk mengetahui seberapa besar perbedaan dan pengaruh total jarak, waktu, dan biaya pengiriman antara hasil penelitian dengan hasil dari masing – masing skenario analisis sensitivitas yang telah dilakukan. Berikut grafik total jarak, waktu dan biaya pengiriman :



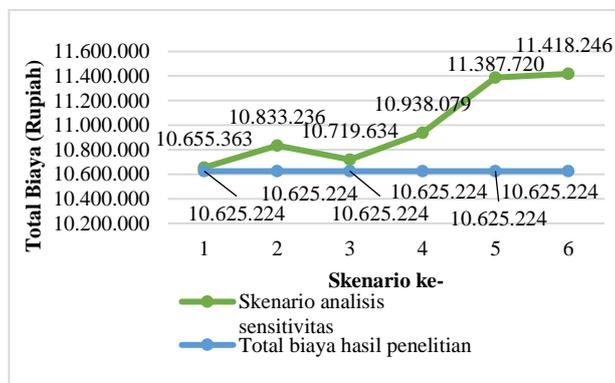
Gambar 6. Grafik total jarak pengiriman antara skenario analisis sensitivitas dengan hasil penelitian

Pada grafik diatas, dapat dilihat bahwa pada skenario pertama dengan perubahan *time windows* satu ritel pada setiap *cluster* hingga pada skenario keenam dengan perubahan *time windows* enam ritel pada setiap *cluster* menunjukkan bahwa semakin banyak ritel melakukan perubahan *time windows* maka semakin banyak total jarak tempuh pengiriman yang akan dilakukan. Hal ini dipengaruhi karena berubahnya urutan kunjungan pengiriman masing – masing ritel yang memiliki batasan *time windows* yang singkat sehingga pengiriman harus didahulukan pada masing - masing ritel tersebut yang mengakibatkan jarak kunjungan dari ritel A ke B juga berubah sehingga total jarak juga akan berubah.



Gambar 7. Grafik total durasi pengiriman antara skenario analisis sensitivitas dengan hasil penelitian

Pada grafik diatas, dapat dilihat bahwa pada skenario pertama dengan perubahan *time windows* satu ritel pada setiap *cluster* hingga pada skenario keenam dengan perubahan *time windows* enam ritel pada setiap *cluster* menunjukkan bahwa semakin banyak ritel melakukan perubahan *time windows* maka semakin banyak total waktu tempuh pengiriman yang akan dilakukan. Hal ini karena total durasi pengiriman dipengaruhi oleh total jarak tempuh pengiriman yang dilakukan. Sehingga, jika total jarak pengiriman berubah maka total durasi pengiriman juga ikut berubah.



Gambar 8. Grafik total biaya pengiriman antara skenario analisis sensitivitas dengan hasil penelitian

Pada grafik diatas, dapat dilihat bahwa pada skenario pertama dengan perubahan *time windows* satu ritel pada setiap *cluster* hingga pada skenario keenam dengan perubahan *time windows* enam ritel pada setiap *cluster* menunjukkan bahwa semakin banyak ritel melakukan perubahan *time windows* maka semakin banyak total biaya pengirimannya. Hal ini karena total biaya pengiriman dipengaruhi oleh biaya bahan bakar bensin kendaraan. Sehingga, jika total jarak pengiriman berubah maka biaya bahan bakar bensin kendaraan juga ikut berubah yang mengakibatkan total biaya pengiriman juga berubah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian dapat disimpulkan bahwa persentase penghematan rute aktual milik perusahaan dengan rute hasil penelitian dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6. Persentase penghematan jarak, durasi, biaya pengiriman

| | Total Jarak (km) | Total Durasi (menit) | Total Biaya (rupiah) |
|------------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|
| Rute aktual | 5642,1 | 9110,52 | Rp15.937.025 |
| Rute hasil penelitian | 3723 | 6207,6 | Rp10.625.224 |
| Persentase penghematan | 34,01% | 31,86% | 33,33% |

Berdasarkan rute aktual milik perusahaan, diperoleh total sebanyak 11 rute dengan total jarak pengiriman sebesar 5642,1 km, total durasi pengiriman sebesar 9110,52 menit, dan total biaya pengiriman sebesar Rp15.937.025.

Berdasarkan rute hasil penelitian, diperoleh total 7 rute dengan total jarak pengiriman sebesar 3723 km, total durasi pengiriman sebesar 6207,6 menit, dan total biaya pengiriman sebesar Rp10.625.224.

Perbandingan rute aktual pengiriman milik perusahaan dengan rute hasil penelitian di dapatkan persentase penghematan jarak sebesar 34.01%, durasi pengiriman sebesar 31.86%, biaya pengiriman sebesar 33,33%.

Setelah dilakukan analisis sensitivitas maka pengaruh yang didapatkan yaitu urutan kunjungan ke ritel pada setiap rute mengalami perubahan, sehingga total keseluruhan jarak, durasi, dan biaya pengiriman juga mengalami perubahan, pada skenario satu menghasilkan perbedaan tidak signifikan atau tidak terlalu besar, melainkan pada skenario dua seterusnya, perbandingan dengan total jarak, waktu, dan biaya rute hasil penelitian menghasilkan perubahan yang besar. Saran penulis yaitu mempertimbangkan kecepatan kendaraan sesuai dengan keadaan nyata seperti keadaan macet. Dan dapat dikembangkan menggunakan metode Metaheuristik dengan *software* Matlab atau sejenisnya.

DAFTAR PUSTAKA

Andika, A. D. (2019). *Penentuan Rute Distribusi Produk Untuk Meminimumkan Biaya Pengiriman Ke pelanggan*.

- Arvianto, A., Setiawan, A. H., & Saptadi, S. (2014). Model Vehicle Routing Problem dengan Karakteristik Rute Majemuk, Multiple Time Windows, Multiple Products dan Heterogeneous Fleet untuk Depot Tunggal. *Jurnal Teknik Industri*, 16(2), 83–94.
- Bowersox, D. J. (2000). Manajemen Logistik Integrasi Sistem-sistem Manajemen Distribusi Fisik dan Manajemen Material Jilid 1. *Jakarta: BumiAksara*.
- Gitosudarmo, D. H. I., & Mulyono, D. A. (1998). *Manajemen Bisnis Logistik* (Edisi Pert). BPFE-YOGYAKARTA.
- Hayati, E. N. (2010). Aplikasi Algoritma Branch and Bound untuk Menyelesaikan Integer Programming. *Jurnal Ilmiah Dinamika Teknik*, 4(1).
- Kusumastuti, I. D. (2014). *Peranan Manajemen Logistik dalam Organisasi Publik*.
- Martono, R. V. (2018). *Manajemen Logistik*. PT Gramedia Pustaka Utama.
- Nuha, H., Wati, P. E. D. K., & Widiasih, W. (2018). A Comparison of Exact Method-Metaheuristic Method in Determination for Vehicle Routing Problem. *MATEC Web of Conferences*, 204, 2017.
- Nurchahyo, G. W., Alias, R. A., Shamsuddin, S. M., & Sap, M. N. M. (2002). Sweep algorithm in vehicle routing problem for public transport. *Jurnal Antarabangsa Teknologi Maklumat*, 2, 51–64.
- Prana, R. (2007). Aplikasi kombinatorial pada vehicle routing problem. *Jurnal Teknik Informatika ITB*.
- Pujawan, I. N., & Mahendrawathi. (2017). *Supply chain management* (Vol. 3). Penerbit ANDI Yogyakarta.
- Saraswati, R., Sutopo, W., & Hisjam, M. (2017). PENYELESAIAN CAPACITATED VECHILE ROUTING PROBLEM DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA SWEEP UNTUK PENENTUAN RUTE DISTRIBUSI KORAN: STUDI KASUS. *Jurnal Manajemen Pemasaran*, 11(2), 41–44.
- Singhtaun, C., & Tapradub, S. (2019). Modeling and Solving Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problems in Draft Beer Delivery. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, Volume-8(Issue-3S).
- Toth, P., & Vigo, D. (2014). *Vehicle routing: problems, methods, and applications*. SIAM.