

ANALISIS DISTRIBUSI PAVING BLOK DENGAN METODE CAPACITATED VEHICLE ROUTING PROBLEM DAN METODE TABU SEARCH PADA PT. X

Nurlaela Kumala Dewi, Riza Faishal Mashuda
nurlaelakumala@ulbi.ac.id, rizafaishal87@gmail.com
Universitas Logistik dan Bisnis Internasional
Jalan Sariasih No.54, Sarijadi, Kota Bandung 40151

ABSTRAK

PT. X merupakan produsen paving block di daerah Kabupaten Tulungagung, memiliki 17 konsumen yang tersebar di Kabupaten Tulungagung dan sekitarnya untuk melakukan analisis terhadap rute dan biaya transportasi yang ditimbulkan dalam proses distribusinya, PT. X memiliki kendaraan sebanyak 3 kendaraan dengan masing-masing kapasitas angkut kendaraan 1 dan 2 sebesar 1.250 pcs dan kendaraan 3 sebesar 1.750 pcs. Proses pengiriman dilakukan hanya berdasarkan pengalaman atau intuisi pengemudi. Saat pengangkutan 3 kendaraan angkutnya mengisi tidak sesuai kapasitas kendaraan, Tujuan penelitian ini membuat rute pendistribusi pada PT. X menggunakan pemodelan CVRP (*Capacitated Vehicle Routing Problem*) dengan menggunakan metode *Tabu Search*. Hasil penelitian melakukan efisiensi dari segi jarak, waktu, kapasitas dan total biaya transportasi. Hasil yang didapat dari pengolahan data terjadi penghematan dari segi total jarak terjadi selisih 28,5 km, sedangkan dari segi total waktu terjadi efisiensi sebesar 43 menit dan biaya yang dikeluarkan perusahaan terdapat selisih Rp.13.191 dalam satu hari untuk seluruh kendaraan. Kapasitas angkut sebelum dilakukan perbaikan pada ke 3 kendaraan mempunyai rata – rata *load factor* sebesar 1,06 sedangkan dengan setelah perbaikan rata rata *load factor* yang didapat sebesar 0.92 dimana terjadi pengoptimalan kapasitas kendaraan dan tidak terjadi *overload* pada kendaraan.

Kata kunci: CVRP (*Capacitated Vehicle Routing Problem*), *Nearest Neighbour*, *Load Factor*, *Tabu Search*.

1. Pendahuluan

Jumlah penduduk di Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur, mengalami pertumbuhan 9,14 persen selama satu dasawarsa terakhir (2010-2021), yakni dari sensus penduduk sebelumnya (2010) 990.158 menjadi 1.089.775 orang berdasarkan sensus penduduk pada 2021 (BPS Tulungagung, 2020). Pertumbuhan penduduk yang pesat mengakibatkan meningkatnya permintaan akan kebutuhan seperti perumahan, fasilitas umum dan sebagainya. Akses jalan merupakan bagian terpenting untuk mengakses perumahan, fasilitas umum dan sebagainya. Salah satu material yang dibutuhkan untuk membuat akses jalan adalah paving blok. Selain mempunyai fungsi utama sebagai penutup permukaan tanah paving block juga dapat memperindah jalan, halaman dan taman.

Produk ini memiliki ragam bentuk dan warna sehingga sangat cocok untuk memperindah taman, rumah maupun jalan. Selain itu paving block juga mempunyai beberapa kelebihan yaitu memiliki daya serap air yang lebih tinggi jika kita bandingkan dengan aspal dan beton. Terlebih

harga paving block lebih ekonomis, jika dibandingkan dengan aspal atau beton cor maka paving block merupakan produk beton yang paling murah. Harganya berkisar antara Rp 60.000 – 120.000/m² untuk material saja. Harga beton cor atau readymix dari pabrik per m³ berkisar antara Rp 600.000 – Rp 900.000/m³. Perawatan untuk jalan yang menggunakan paving blok lebih mudah, kerusakan pada beberapa bagian paving block adalah hal yang wajar, sama halnya kerusakan pada lapisan aspal dan beton karena terkena air secara terus menerus.

Umumnya paving block yang berumur 5 tahun setelah pemasangan akan terdapat beberapa bagian yang rusak. Ketika terjadi kerusakan, perbaikannya tergolong mudah yaitu dengan mengganti bagian yang rusak tersebut dengan block yang baru. Proses penggantian tersebut sangat mudah dan cepat karena dapat dikerjakan sendiri. Memiliki nilai estetika tinggi, adanya model dan warna paving block yang beragam membuat halaman atau jalan terlihat lebih indah. Kelebihan ini tidak terdapat pada aspal dan beton cor yang memiliki satu warna. Kombinasi warna dan model yang tepat akan menciptakan estetika tersendiri pada jalan, halaman maupun pada taman.

Transportasi banyak didefinisikan oleh beberapa ahli salah satunya menurut Morlok dalam Nurdian (2019), transportasi dapat dijelaskan sebagai suatu aktivitas untuk memindahkan dan mengangkut sesuatu dari satu tempat ketempat lain. Miro dalam Andresta (2018) menyatakan bahwa transportasi dapat dijelaskan sebagai usaha dalam memindahkan, mengerakkan, mengangkut, ataupun mengalihkan suatu objek dari suatu tempat ke tempat lain, yang mana tempat lain tersebut merupakan objek yang lebih bermanfaat atau berguna. Namun demikian, efektif dan efisiennya suatu kegiatan transportasi akan memastikan pengiriman barang dari perusahaan ke pelanggan dengan tepat waktu, tepat jumlah, tepat kualitas dan tepat penerima. Manajemen rantai pasok memiliki komponen yang saling berhubungan satu sama lain dan berinteraksi dalam memenuhi tujuan Bersama (Vorst et.al dalam Hadiguna, 2016).

Berdasarkan wawancara di PT. X pada Januari 2022 permintaan paving block meningkat. Peningkatan permintaan paving blok oleh individu maupun instansi mengakibatkan peningkatan proses distribusi. Dalam proses distribusi tersebut, PT. X juga mengeluarkan biaya transportasi yang dipengarungi oleh biaya bahan bakar dan muatan. Dengan demikian ini juga menjadi masalah pada PT. X yang merupakan salah satu perusahaan yang memproduksi paving block di Kabupaten Tulungagung Jawa Timur. Kebutuhan akan paving blok semakin banyak karena dampak dari pertumbuhan penduduk di Tulungagung.

PT. X mendistribusikan paving blok di dalam kota sekitar Tulungagung dan Trenggalek. Dalam proses kegiatan distribusinya, PT. X tidak mempunyai prosedur penentuan rute melainkan rute yang dilalui sesuai dengan perkiraan dan pengalaman serta pengiriman sebelumnya. Hal

tersebut, mengakibatkan kurangnya efisien dalam kegiatan pengiriman barang yang berdampak pada pembengkakan biaya transportasi. Penentuan rute terpendek bertujuan untuk mengoptimalkan jarak tempuh dan waktu penyelesaian yang dibutuhkan oleh pihak PT. X dalam melakukan pengiriman paving block di daerah sekitar Tulungagung dan Trenggalek (Wawancara, 2022)

Untuk efisiensi jarak tempuh, waktu dan biaya maka dibutuhkan penentuan rute terpendek agar proses pengiriman paving block hingga sampai ke tangan konsumen menjadi lebih optimal. Tetapi, nyatanya dalam menentukan rute terpendek terdapat beberapa kesulitan yang timbul, seperti terdapat banyak pilihan rute yang ada pada tiap wilayah karena dalam kondisi yang sesungguhnya setiap perjalanan menuju lokasi konsumen yang terdapat banyak rute yang dapat dilewati. Dalam membantu menentukan rute dengan jarak terpendek dapat digunakan peta konvensional dan melakukan pemilihan terhadap rute yang lebih pendek dari posisi awal ke posisi tujuan. Namun hal ini dirasa kurang optimal dan memperlambat waktu karena harus memilih dan menentukan sendiri dari banyak rute yang ada, kemudian melakukan perhitungan mandiri manakah rute terpendek dari posisi awal ke posisi tujuan.

Berdasarkan permasalahan perusahaan tersebut, maka perusahaan membutuhkan suatu penentuan jalur distribusi secara tepat untuk mengurangi pemborosan dalam segi jarak, kendaraan, biaya transportasi serta mendapatkan waktu yang lebih cepat. Oleh karena itu, penelitian ini ingin menentukan rute terpendek untuk meminimalkan jarak tempuh, lama perjalanan dan biaya transportasi. Beberapa manfaat dari hasil penelitian ini yang diharapkan bisa memberikan masukan dan informasi yang berguna bagi pihak perusahaan, diantaranya yaitu meminimasi biaya transportasi, dan meningkatkan keuntungan perusahaan, lalu mampu menentukan kapasitas dan jumlah kendaraan yang tepat sesuai jumlah permintaan sehingga masalah tingginya permintaan bisa teratasi, dan bisa mengetahui rute distribusi yang menjadi standar pendistribusian untuk setiap harinya sehingga bisa memudahkan pengiriman.

2. Studi Pustaka

2.1. Distribusi

Menurut Subagyo, Nur, & Indra (2018) Distribusi merupakan pergerakan atau perpindahan barang atau jasa dari sumber sampai ke konsumen akhir, konsumen atau pengguna, melalui saluran distribusi (*distribution channel*), dan gerakan pembayaran dalam arah yang berlawanan, sampai ke produsen asli atau pemasok. Menurut Arif (2018) Distribusi dapat diartikan sebagai kegiatan pemasaran yang berusaha memperlancar dan mempermudah penyampaian barang dan jasa dari produsen kepada konsumen, sehingga penggunaannya sesuai dengan yang diperlukan.

Maka dari definisi di atas dapat disimpulkan, distribusi merupakan proses berpindahnya atau mengalokasikan suatu produk baik barang maupun jasa melalui produsen sehingga barang dapat sampai ke tangan konsumen.

2.2. Fungsi Saluran Distribusi

Fungsi distribusi dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu fungsi pokok dan fungsi tambahan.

1. Fungsi Pokok Distribusi

a. Pengangkutan (Transportasi)

Pada umumnya tempat kegiatan produksi berbeda dengan tempat konsumen. Perbedaan tempat ini harus diatasi dengan kegiatan pengangkutan. Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan semakin majunya teknologi, maka kebutuhan manusia pun semakin bertambah banyak. Hal ini mengakibatkan barang yang disalurkan semakin besar sehingga membutuhkan alat transportasi (pengangkutan).

b. Penjualan (*Selling*)

Di dalam pemasaran barang selalu ada kegiatan menjual yang dilakukan oleh produsen. Pengalihan hak dari produsen kepada konsumen dapat dilakukan dengan penjualan. Dengan adanya kegiatan penjualan maka konsumen dapat menggunakan barang tersebut.

c. Pembelian (*Buying*)

Setiap ada penjualan berarti ada kegiatan pembelian. Jika penjualan barang dilakukan oleh produsen maka pembelian dilakukan oleh orang yang membutuhkan barang tersebut.

d. Penyimpanan (*Storing*)

Sebelum barang disalurkan kepada konsumen, biasanya disimpan terlebih dahulu. Dalam menjamin kesinambungan, keselamatan dan keutuhan barang-barang perlu adanya penyimpanan.

e. Pembakuan Standar Kualitas Barang

Dalam setiap transaksi jual beli, banyak penjual maupun pembeli selalu menghendaki adanya ketentuan mutu, jenis dan ukuran barang yang akan diperjual belikan. Oleh karena itu perlu adanya pembakuan standar baik jenis, ukuran maupun kualitas barang yang akan diperjualbelikan dengan tujuan barang yang akan diperdagangkan atau saluran sesuai dengan yang diharapkan.

f. Penanggung Resiko

Seorang distributor harus menanggung resiko baik kerusakan maupun penyusutan barang.

2. Fungsi Tambahan Distribusi

a. Menyeleksi

Kegiatan ini biasanya diperlukan untuk distribusi hasil pertanian dan produksi yang dikumpulkan dari beberapa pengusaha.

b. Mengepak/mengemas

Untuk menghindari adanya kerusakan atau hilang dalam pendistribusian maka barang harus dikemas dengan baik.

c. Memberi Informasi

Untuk memberi kepuasan yang maksimal kepada konsumen, produsen perlu memberi informasi secukupnya kepada perwakilan daerah atau kepada konsumen yang dianggap perlu informasi, informasi yang paling tepat bisa melalui iklan.

d. Jenis Saluran Distribusi

Saluran distribusi dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu :

e. Saluran distribusi intensif

Distribusi di mana barang yang dipasarkan itu diusahakan agar dapat menyebar seluas mungkin hingga dapat secara intensif menjangkau semua lokasi dimana calon konsumen berada.

f. Saluran distribusi selektif

Distribusi di mana barang- barang hanya disalurkan oleh beberapa penyalur saja yang terpilih atau selektif.

g. Saluran distribusi eksklusif

Bentuk penyaluran yang hanya menggunakan penyalur yang sangat terbatas jumlahnya bahkan pada umumnya hanya ada satu penyalur tunggal untuk satu daerah tertentu.

2.3. Optimasi

Suatu proses dalam mencapai nilai efektifitas dapat disebut dengan optimisasi. Dalam studi matematika optimisasi merujuk pada permasalahan yang mencoba untuk menyelesaikan nilai minimal atau maksimal dari suatu fungsi riil. Dalam mencapai nilai optimal minimal ataupun maksimal tersebut, secara dilakukan pemilihan nilai variabel integer secara sistematis yang bertujuan untuk memberikan solusi optimal (Wardy dalam Soetomo, 2018).

Nilai optimal adalah nilai yang dihasilkan dari suatu proses yang dianggap menjadi solusi jawaban terbaik dari semua solusi yang ada (Wardy, dalam Soetomo, 2018).

2.3.1. Macam-Macam Permasalahan Optimisasi

Dalam pencarian nilai optimal dalam optimisasi dapat berupa besaran panjang, waktu, jarak, dan lain-lain. Adapun yang termaksud termasuk dalam beberapa persoalan optimisasi, yaitu:

- a. Menentukan rute terpendek yang dilalui dari satu tempat ke tempat yang lain.
- b. Menghitung jumlah pekerja seminimal mungkin untuk melakukan suatu proses produksi yang bertujuan untuk meminimumkan pengeluaran biaya pekerja dan hasil produksi tetap maksimal.
- c. Melakukan pengaturan terhadap jalur kendaraan umum agar semua lokasi dapat dijangkau.
- d. Mengatur routing jaringan kabel telepon supaya biaya pemasangan kabel tidak terlalu besar dan dapat menghemat penggunaannya. (Soetomo, 2018)

2.3.2. Penyelesaian Permasalahan Optimisasi

Secara umum, ada dua jenis penyelesaian masalah pencarian rute terpendek yaitu sebagai berikut:

- a. Metode Konvensional

Metode konvensional yaitu metode yang digunakan dalam perhitungan matematika eksak. Ada beberapa metode konvensional yang sering digunakan untuk melakukan pencarian rute terpendek, diantaranya: algoritma *Dijkstra*, algoritma *Floyd-Warshall*, dan algoritma *Bellman-Ford*. (Mutakhiroh, dkk, dalam Soetomo, 2018)

- b. Metode *Heuristic*

Metode *Heuristic* adalah suatu metode yang digunakan dengan sistem pendekatan pencarian dalam optimasi. Adapun beberapa algoritman pada metode *heuristic* yang sering diterapkan dalam permasalahan optimasi, diantaranya *Algoritma Genetika*, *Bee Colony*, *Ant colony optimization*, logika *Fuzzy*, jaringan syaraf tiruan, *Tabu Search*, *Simulated Annealing*, dan sebagainya (Mutakhiroh, dkk, dalam Soetomo, 2018).

2.4. Vehicle Routing Problem (VRP)

Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan manajemen distribusi barang yang memperhatikan pelayanan, periode waktu tertentu, sekelompok konsumen dengan sejumlah kendaraan yang beralokasi pada satu atau lebih depot yang dijalankan oleh sekelompok pengendara dengan menggunakan jaringan jalan (*road network*) yang sesuai. Menurut Toth & Vigo (2002) VRP merupakan suatu pencarian solusi yang meliputi penentuan sejumlah rute, dimana masing masing rute dilalui oleh satu kendaraan berawal dan berakhir di depot asalnya, sehingga permintaan semua

pelanggan terpenuhi dengan tetap memenuhi kendala operasional yang ada dan juga meminimalisasikan biaya transportasi.

Menurut Rahmi & Murti (2013): *Vehicle Routing Problem (VRP)* merupakan permasalahan dalam sistem distribusi yang bertujuan untuk membuat suatu rute yang optimal, dengan sekelompok kendaraan yang sudah diketahui kapasitasnya, agar dapat memenuhi permintaan konsumen dengan lokasi dan jumlah permintaan yang telah diketahui. Suatu rute yang optimal adalah rute yang memenuhi berbagai kendala operasional, yaitu memiliki total jarak dan waktu perjalanan yang ditempuh terpendek dalam memenuhi permintaan konsumen serta menggunakan kendaraan dalam jumlah yang terbatas.

Terdapat empat tujuan umum VRP (Toth & Vigo, 2002):

- a. Meminimalkan biaya transportasi global, terkait dengan jarak dan biaya tetap yang berhubungan dengan kendaraan.
- b. Meminimalkan jumlah kendaraan (pengemudi) yang dibutuhkan untuk melayani semua konsumen.
- c. Menyeimbangkan rute, untuk waktu perjalanan dan jatah kendaraan.
- d. Meminimalkan penalti akibat service yang kurang memuaskan dari konsumen.

Menurut (Toth & Vigo, 2002) ditemukan variasi permasalahan utama VRP yaitu:

- a. Kapasitas terbatas dimiliki oleh setiap kendaraan (cvrp).
- b. Barang dikirim untuk periode tertentu pada setiap konsumen (vrptw).
- c. Vendor menggunakan banyak depot untuk mengirim barang ke konsumen (mdvrp).
- d. Barang dapat dikembalikan ke depot oleh konsumen (vrppd).
- e. Konsumen dilayani dengan menggunakan kendaraan yang berbeda-beda (sdvrp).

Berdasarkan variasi permasalahan utama yang dipertimbangkan sesuai dengan kondisi nyata, VRP dibagi menjadi beberapa tipe yaitu :

1. *Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)* adalah sistem distribusi memiliki satu depot dan hanya memiliki batasan kapasitas kendaraan dengan fungsi tujuan meminimalkan total biaya transportasi. (Toth & Vigo, 2002).
2. *Distance Constrained Vehicle Routing Problem (DCVRP)*. Tipe permasalahan ini merupakan turunan dari permasalahan CVRP, dengan menambahkan batasan total waktu tempuh dari setiap rute. Tujuan dari permasalahan ini adalah meminimumkan total jarak atau waktu tempuh.
3. *Vehicle Routing Problem with Back Hauls (VRPB)*. Ciri khas dari permasalahan ini adalah CVRP yang dibagi dalam 2 tipe konsumen, yaitu konsumen yang meminta layanan angkut (*back haul*) dan konsumen yang meminta layanan antar (*line haul*). Dimana sebelum melakukan

pengangkutan maka kendaraan harus memenuhi semua jadwal pengiriman terlebih dahulu. (Toth & Vigo, 2002)

4. *Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW)*. VRP yang mempertimbangkan batasan-batasan time windows (dimana tiap konsumen memiliki waktu kunjungan tertentu). (Toth & Vigo, 2002)
5. *Vehicle Routing Problem with Pick Up and Delivery (VRPPD)*. VRP dimana setiap customer memiliki satu lokasi pick up (jemput) dan satu lokasi delivery (antar). Dengan lokasi pick up bisa identik bisa tidak dengan lokasi delivery. (Toth & Vigo, 2002).
6. *Vehicle Routing Problem with Back Hauls and Time Windows (VRPBTW)*. VRPB yang memperhatikan time windows. (Toth & Vigo, 2002)
7. *Vehicle Routing Problem with Pick Up and Delivery with Time Windows (VRPPDTW)*. VRPPD dengan ada aturan kunjungan tertentu pada setiap lokasi penjemputan dan pengiriman. (Toth & Vigo, 2002)
8. *Multiple Depot Vehicle Routing Problem (MDVRP)*. VRP dengan jumlah depot lebih dari satu. (Toth & Vigo, 2002).
9. *Open Vehicle Routing Problem (OVRP)* adalah bahwa kendaraan tidak perlu kembali ke tempat yang merupakan pusat distribusi (depot). (Toth & Vigo, 2002).

2.4.1. Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP)

Bentuk dasar yang dimiliki oleh VRP adalah CVRP yang merupakan kombinasi dari dua permasalahan optimasi yaitu *Travelling Salesman Problem (TSP)* dan *Bin Packing Problem (BPP)*. Masalah optimasi ini bertujuan untuk menemukan rute dengan biaya yang minimal untuk sejumlah kendaraan dengan batasan kapasitas tertentu yang melayani permintaan sejumlah konsumen yang jumlah permintaannya telah diketahui sebelum proses pendistribusian produk (Maryati, Gunawan, & Wibowo, 2012)

Dalam CVRP masalah utama yang dihadapi adalah menentukan rute kendaraan pada proses pendistribusian sehingga setiap konsumen terlayani oleh tepat satu kendaraan, terpenuhinya permintaan, muatan kendaraan tidak melampaui kapasitas kendaraan, panjang rute minimal dari depot hingga kembali lagi ke depot. Selain itu, CVRP juga memiliki tujuan untuk meminimalkan banyaknya kendaraan yang akan digunakan pada proses pendistribusian barang dari depot ke masing-masing konsumen (Nurhayanti, 2013).

Dalam menyelesaikan kasus CVRP ada beberapa batasan dan asumsi dasar yang harus dipenuhi. Batasan dan asumsi dasar tersebut sebagai berikut (Toth & Vigo, 2001):

1. Setiap rute berbentuk sirkuit. Maksudnya adalah perjalanan kendaraan untuk mendistribusikan produk berawal dari depot dan berakhir di depot yang sama

2. Setiap pelanggan atau konsumen harus dikunjungi hanya sekali dalam sehari
3. Total permintaan dari konsumen yang diangkut dalam sebuah rute tidak melebihi kapasitas angkut kendaraan yang digunakan pada rute tersebut
4. Kapasitas kendaraan yang digunakan homogen (tidak berbeda satu sama lain)

CVRP merupakan suatu graf $G = (V, A)$ dengan himpunan simpul $V = \{v_0, v_1, v_2, \dots, v_n\}$, dan himpunan sisi A . Simpul v_0 merupakan sebuah depot yang memiliki sejumlah kendaraan dengan kapasitas yang sama yaitu Q , sehingga panjang setiap rute dibatasi oleh kapasitas kendaraan. Setiap pelanggan (simpul $i > 0$) memiliki suatu permintaan non negatif sebesar q_i . Setiap simpul (i, j) memiliki jarak tempuh c_{ij} yaitu jarak dari simpul i ke simpul j . Jarak perjalanan ini diasumsikan simetrik yaitu $c_{ij} = c_{ji}$ dan $c_{ii} = 0$.

Permasalahan tersebut kemudian diformulasikan ke dalam model matematika dengan tujuan meminimumkan total jarak tempuh perjalanan kendaraan. Model matematis CVRP dengan tujuan untuk meminimalkan total jarak tempuh berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mussafi and Sulistiono (2015) adalah sebagai berikut.

$$x_{ij}^k = \begin{cases} 1, & \text{jika terdapat perjalanan kendaraan dari } i \text{ ke } j \text{ pada rute } k \\ 0, & \text{jika tidak ada perjalanan kendaraan dari } i \text{ ke } j \text{ pada rute } k \end{cases}$$

Keterangan variable:

$D = (V, A)$

$V =$ himpunan simpul, $\{v_0, v_1, v_2, \dots, v_n\}$ dimana v_0 adalah depot dan v_1, v_2, \dots, v_n adalah pelanggan

$A =$ himpunan sisi berarah (arcs), $\{(v_i, v_j) | v_i, v_j \in V, i \neq j\}$

$d_i =$ jarak antara simpul v_i ke simpul v_j

$q_i =$ permintaan pelanggan ke $i, i \in V$

$K = \{k_1, k_2, k_3, \dots, k_n\}$ kendaraan seragam yang digunakan

Q adalah kapasitas masing-masing kendaraan, $k_i \in K, i = \{1, 2, 3, \dots, n\}$

Fungsi tujuannya meminimumkan total jarak tempuh kendaraan. Jika Z adalah fungsi tujuan, maka

$$\text{Min } Z = \sum_{k \in K} \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} d_{ij} x_{ij}^k \dots \dots \dots (1)$$

Kendala

- a. Setiap simpul i hanya boleh dikunjungi hanya tepat sekali oleh kendaraan k . Kendaraan k hanya boleh melakukan sekali perjalanan dimulai dari simpul ke- i menuju simpul j manapun

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in N} x_{i,j}^k = 1, \forall i \in V \dots \dots \dots (2)$$

- b. Kendaraan k yang telah mengunjungi simpul i harus meninggalkan simpul tersebut menuju simpul j berikutnya

$$\sum_{j \in V} x_{i,j}^k - \sum_{j \in V} x_{i,j}^k = 0, \forall i \in V, \forall k \in K \dots \dots \dots (3)$$

- c. Total jumlah permintaan konsumen dalam satu rute tidak boleh melebihi dari kapasitas maksimal kendaraan.

$$\sum_{j, i \in V, j \neq i} q_i x_{ij}^k \leq Q, \forall k \in K \dots \dots \dots (4)$$

- d. Setiap rute perjalanan kendaraan berawal dari depot

$$\sum_{j \in V} x_{0,j}^k = 1, \forall k \in K \dots \dots \dots (5)$$

- e. Setiap rute perjalanan kendaraan berakhir di depot

$$\sum_{j \in V} x_{j,0}^k = 1, \forall k \in K \dots \dots \dots (6)$$

- f. Batasan ini untuk memastikan bahwa tidak terdapat sub-rute pada setiap rute yang terbentuk

$$x_{i,j}^k = 1 \rightarrow y_i - q_j = y_j, \forall i, j \in V, k \in K \dots \dots \dots (7)$$

$$y_0 = Q, 0 \leq y_i, \forall i \in V \dots \dots \dots (8)$$

- g. Variabel keputusan $x_{xi,j}^k$ merupakan bilangan biner

$$x_{xi,j}^k \in \{0,1\}, \forall i, j \in V, k \in K \dots \dots \dots (9)$$

Variabel keputusan hanya akan terdefinisi jika jumlah permintaan simpul v_i dan simpul v_j tidak melebihi batas maksimal kapasitas kendaraan angkut. Apabila kapasitas kendaraan tidak memadai untuk konsumen berikutnya maka kendaraan harus mengisi muatan di depot sehingga akan membentuk rute baru.

2.4.2. Metode Nearest Neighbour

The Nearest Neighbour Heuristic (NNH) adalah metode konstruktif untuk menghasilkan solusi awal yang layak untuk CVRP dengan ide sederhana untuk memasukkan tetangga terdekat dari pelanggan yang terakhir dimasukkan ke dalam rute. Pelanggan pertama yang dimasukkan pada rute dapat dipilih secara acak atau dengan beberapa kriteria sewenang-wenang seperti pelanggan jarak terjauh dari depot. Dari jalur seed ini, setiap pelanggan lainnya disisipkan dengan kriteria tetangga terdekat dari pelanggan yang terakhir disisipkan hingga kapasitas kendaraan habis sesuai

dengan definisi masalah CVRP dimana setiap pelanggan memiliki permintaan sendiri untuk pengiriman atau penjemputan (Tongi dan Hrvoje, 2008).

Berikut adalah langkah-langkah yang dilakukan dengan Nearest Neighbor :

1. Proses dimulai di gudang dan kemudian dilanjutkan dengan mencari lokasi pelanggan yang belum dikunjungi dengan jarak terpendek dari gudang.
2. Proses dilanjutkan ke lokasi lain dengan jarak terdekat dari lokasi yang dipilih sebelumnya dan jumlah pengiriman tidak melebihi kapasitas kendaraan.
 - a. Jika terdapat lokasi sebagai lokasi berikutnya dan ada kapasitas residu dalam kendaraan pengangkut, prosesnya kembali ke langkah (2).
 - b. Jika kendaraan tidak memiliki kapasitas yang tersisa, prosesnya kembali ke langkah (1).
 - c. Jika tidak ada lokasi yang dipilih karena jumlah pengiriman melebihi kapasitas kendaraan, kembali ke langkah (1).
 - d. Proses dimulai kembali dari gudang dan mengunjungi pelanggan yang belum dikunjungi dan memiliki jarak terdekat.
3. Ketika semua pelanggan telah dikunjungi tepat sekali, proses algoritma berakhir.

2.4.3. Algoritma Tabu Search

Kata tabu (atau taboo) berasal dari Tonga, bahasa Polinesia, di mana ia digunakan oleh penduduk asli pulau Tonga untuk menunjukkan hal-hal yang tidak dapat disentuh karena mereka suci. Menurut Webster's Dictionary, kata sekarang juga berarti "larangan yang diberlakukan oleh sosial kebiasaan sebagai tindakan perlindungan" atau sesuatu yang "dilarang sebagai risiko." Tabu Search adalah termasuk dalam metode meta heuristik yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah optimasi kombinatorial. fitur memori TS memungkinkan implementasi prosedur yang mampu mencari ruang solusi secara ekonomis dan efektif. Karena pilihan lokal dipandu oleh informasi dikumpulkan selama pencarian. Solusi yang di dapat sebelumnya akan dicegah agar tidak melakukan pengulangan dengan menggunakan Tabu List. Tabu List yang terdapat pada bagian tabu search berfungsi untuk menyimpan solusi yang baru saja dievaluasi atau yang di dapat sebelumnya. Selama proses optimasi, pada setiap iterasi, solusi yang akan dievaluasi akan dibandingkan dengan isi tabu list yaitu solusi sebelumnya. Jika solusi terbaru tersebut lebih optimal dibandingkan dengan solusi yang sudah terdaftar pada tabu list, maka solusi tersebut tidak akan dievaluasi lagi pada iterasi berikutnya. Apabila sudah tidak ada lagi solusi yang tidak menjadi anggota tabu list, maka akan menjadi hasil solusi terbaik dan akan menjadi pilihan (Glover dan Laguna, 1999).

2.4.3.1. Langkah dalam penyelesaian algoritma Tabu Search

Untuk menyelesaikan masalah CVRP dengan menggunakan berikut merupakan algoritma *tabu search* menurut (Glover, 1989) :

- a. Pembentukan Solusi Awal (Initial Solution)
Solusi awal dapat dibentuk dengan metode random atau metode heuristik setelah mendapatkan solusi awal akan di perbaiki ke iterasi berikutnya.
- b. Solusi Neighborhood
Solusi Neighborhood merupakan solusi alternatif yang diperoleh dengan melakukan perpindahan node (move). Setiap perpindahan node (move) akan menghasilkan satu solusi Neighborhood.
- c. Tabu List
Tabu list berisi atribut move yang telah ditemukan sebelumnya. Ukuran Tabu List akan bertambah seiring meningkatnya ukuran masalah. Ukuran Tabu List yang terlalu panjang tidak akan menghasilkan kualitas solusi yang baik karena dapat menyebabkan terlalu banyak perpindahan node (move) yang dilarang.
- d. Kriteria Aspirasi
Kriteria aspirasi adalah suatu metode untuk membatalkan status tabu.
- e. Kriteria Pemberhentian.
Kriteria pemberhentian (termination criteria) yang dipakai yaitu setelah semua iterasi yang telah ditentukan terpenuhi.

3. Metodologi Penelitian

Setelah dilakukan observasi dan wawancara, permasalahan yang dihadapi oleh PT. X terdapat dua hal yaitu permasalahan penentuan rute masih tradisional dan kapasitas kendaraan yang belum optimal maka dilakukan penyelesaian dengan pendekatan *capacitated vehicle routing problem* dan di bantu dengan metode *nearest neighbour* sebagai inisialisasi rute awal lalu dioptimalisasi dengan menggunakan metode *tabu search*.

4. Pengumpulan Data

4.1. Data Konsumen dan Permintaan

Berdasarkan data yang didapat dari PT. X berikut merupakan data konsumen dan jumlah permintaan.

Tabel 1 Data Konsumen dan Permintaan Periode Januari 2022

Data Konsumen dan Permintaan Periode Januari 2022

Kode	Konsumen	Permintaan (pcs)
1	Toko Bangunan Heru Jaya	2.150
2	Toko Bangunan Kurnia Jaya	2.730
3	Toko Bangunan Rantau Jaya	3.380
4	Toko Bangunan Sumber Mulya	2.990
5	Toko Bangunan Rejeki Makmur	1.950
6	Toko Bangunan Joyo Sempulur	5.490
7	Toko Bangunan Sumber Sari	6.820
8	Toko Bangunan Mitra Bahan Bangunan	1.430
9	Toko Bangunan Tunggal Jaya	1.560
10	Toko Bangunan Kurnia Putra	4.980
11	Toko Bangunan Podo Hasil	2.570
12	Toko Bangunan Sinar Mulia	4.080
13	Toko Bangunan Serda Mandiri	2.720
14	Toko Bangunan Wisma Agung	4.030
15	Toko Bangunan Mitra Mulya	1.820
16	Toko Bangunan Beton Sakti	1.300
17	Toko Bangunan Indah	6.340

(Sumber : PT. X)

4.2. Matriks Jarak

Tabel 2 Matriks Jarak

asal/tujuan	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
x	0	5	10.4	1.9	9.7	4.1	12.3	12.2	28.1	8.5	19.6	6.7	31.5	16.6	8.2	21.3	8.3	25.3
1	5	0	6.7	3.2	5.5	9.5	16.6	7.9	21.9	11.3	14.2	1.7	29	10.9	4.6	15.1	8.7	21.7
2	10.4	6.7	0	7.6	10.8	6.7	19.5	12.2	14.1	15.6	11	5.4	19.2	6.1	11.4	10.8	2.2	14.9
3	1.9	3.2	7.6	0	8	6.1	14	10.4	21.7	10.4	17.3	4.9	26.9	13.7	5.2	18.1	10.1	22.5
4	9.7	5.5	10.8	8	0	13.7	18.4	3.4	20.7	13.1	12.5	7.5	27.8	10.7	6.4	13.8	13	25
5	4.1	9.5	6.7	6.1	13.7	0	13.6	15.7	21.1	9.8	18	6.6	26.2	13.1	12.6	17.8	4.7	21.8
6	12.3	16.6	19.5	14	18.4	13.6	0	21.8	33.6	5.3	30.5	18.7	38.8	25.6	12	30.4	17.3	34.4
7	12.2	7.9	12.2	10.4	3.4	15.7	21.8	0	18.9	16.5	10.7	9.5	25.9	8.8	9.8	12	14.3	23.8
8	28.1	21.9	14.1	21.7	20.7	21.1	33.6	18.9	0	29.8	16.4	20.7	7	11.8	27.1	6.9	16.4	12.6
9	8.5	11.3	15.6	10.4	13.1	9.8	5.3	16.5	29.8	0	25.6	13	35	21.9	6.7	26.6	13.5	30.6
10	19.6	14.2	11	17.3	12.5	18	30.5	10.7	16.4	25.6	0	12.8	23.4	6.6	19.4	10.3	13.3	21.7
11	6.7	1.7	5.4	4.9	7.5	6.6	18.7	9.5	20.7	13	12.8	0	27.3	9.2	6.3	13.4	7.4	20.4
12	31.5	29	19.2	26.9	27.8	26.2	38.8	25.9	7	35	23.4	27.3	0	18.8	34.2	13.9	21.5	12.3
13	16.6	10.9	6.1	13.7	10.7	13.1	25.6	8.8	11.8	21.9	6.6	9.2	18.8	0	16.9	4.8	8.4	15.2
14	8.2	4.6	11.4	5.2	6.4	12.6	12	9.8	27.1	6.7	19.4	6.3	34.2	16.9	0	20.2	13.3	26.3
15	21.3	15.1	10.8	18.1	13.8	17.8	30.4	12	6.9	26.6	10.3	13.4	13.9	4.8	20.2	0	13.1	12.3
16	8.3	8.7	2.2	10.1	13	4.7	17.3	14.3	16.4	13.5	13.3	7.4	21.5	8.4	13.3	13.1	0	17.1
17	25.3	21.7	14.9	22.5	25	21.8	34.4	23.8	12.6	30.6	21.7	20.4	12.3	15.2	26.3	12.3	17.1	0

4.3. Matriks Waktu

Tabel 3 Matriks Waktu

asal/tujuan	x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
x	0	7.5	15.6	2.85	14.55	6.15	18.45	18.3	42.15	12.75	29.4	10.05	47.25	24.9	12.3	31.95	12.45	37.95
1	7.5	0	10.05	4.8	8.25	14.25	24.9	11.85	32.85	16.95	21.3	2.55	43.5	16.35	6.9	22.65	13.05	32.55
2	15.6	10.05	0	11.4	16.2	10.05	29.25	18.3	21.15	23.4	16.5	8.1	28.8	9.15	17.1	16.2	3.3	22.35
3	2.85	4.8	11.4	0	12	9.15	21	15.6	32.55	15.6	25.95	7.35	40.35	20.55	7.8	27.15	15.15	33.75
4	14.55	8.25	16.2	12	0	20.55	27.6	5.1	31.05	19.65	18.75	11.25	41.7	16.05	9.6	20.7	19.5	37.5
5	6.15	14.25	10.05	9.15	20.55	0	20.4	23.55	31.65	14.7	27	9.9	39.3	19.65	18.9	26.7	7.05	32.7
6	18.45	24.9	29.25	21	27.6	20.4	0	32.7	50.4	7.95	45.75	28.05	58.2	38.4	18	45.6	25.95	51.6
7	18.3	11.85	18.3	15.6	5.1	23.55	32.7	0	28.35	24.75	16.05	14.25	38.85	13.2	14.7	18	21.45	35.7
8	42.15	32.85	21.15	32.55	31.05	31.65	50.4	28.35	0	44.7	24.6	31.05	10.5	17.7	40.65	10.35	24.6	18.9
9	12.75	16.95	23.4	15.6	19.65	14.7	7.95	24.75	44.7	0	38.4	19.5	52.5	32.85	10.05	39.9	20.25	45.9
10	29.4	21.3	16.5	25.95	18.75	27	45.75	16.05	24.6	38.4	0	19.2	35.1	9.9	29.1	15.45	19.95	32.55
11	10.05	2.55	8.1	7.35	11.25	9.9	28.05	14.25	31.05	19.5	19.2	0	40.95	13.8	9.45	20.1	11.1	30.6
12	47.25	43.5	28.8	40.35	41.7	39.3	58.2	38.85	10.5	52.5	35.1	40.95	0	28.2	51.3	20.85	32.25	18.45
13	24.9	16.35	9.15	20.55	16.05	19.65	38.4	13.2	17.7	32.85	9.9	13.8	28.2	0	25.35	7.2	12.6	22.8
14	12.3	6.9	17.1	7.8	9.6	18.9	18	14.7	40.65	10.05	29.1	9.45	51.3	25.35	0	30.3	19.95	39.45
15	31.95	22.65	16.2	27.15	20.7	26.7	45.6	18	10.35	39.9	15.45	20.1	20.85	7.2	30.3	0	19.65	18.45
16	12.45	13.05	3.3	15.15	19.5	7.05	25.95	21.45	24.6	20.25	19.95	11.1	32.25	12.6	19.95	19.65	0	25.65
17	37.95	32.55	22.35	33.75	37.5	32.7	51.6	35.7	18.9	45.9	32.55	30.6	18.45	22.8	39.45	18.45	25.65	0

4.4. Jenis dan Kapasitas Kendaraan

Tabel 4 Jenis dan Kapasitas Kendaraan

Jenis Kendaraan	Kapasitas	Ukuran Koroseri	Jumlah Kendaraan
Colt Diesel Engkel Bak	5 ton	Panjang : 360 cm Lebar : 160 cm Tinggi : 80 cm	2
Colt Diesel Double Bak	7 ton	Panjang : 560 cm Lebar : 200 cm Tinggi : 220 cm	1

4.5. Rute Existing

Tabel 5 Rute Existing

Kendaraan	Rute
Kendaraan 1 (CDE)	x-7-11-1-3-x
Kendaraan 2 (CDE)	x-2-16-5-6-9-14-x
Kendaraan 3 (CDD)	x-17-12-8-15-10-4-13-x

4.6. Data Waktu Pelayanan (Bongkar Muat)

Berikut merupakan data waktu pelayanan saat bongkar muat:

1. Waktu bongkar :

Kendaraan 1 = 50 menit

Kendaraan 2 = 120 menit

Kendaraan 3 = 120 menit

2. Waktu muat :

Kendaraan 1 = 40 menit

Kendaraan 2 = 40 menit

Kendaraan 3 = 60 menit

4.7. Data Biaya Operasional Kendaraan

1. Biaya Tetap

Biaya tetap merupakan biaya yang dikeluarkan yang jumlahnya bersifat tetap.

a. Biaya Penyusutan

$$\begin{aligned} \text{Kendaraan CDD} &= \text{Rp. } 367.000.000 - \text{Rp } 130.000.000 : 5 \\ &= \text{Rp. } 47.400.000/\text{tahun} \\ &= \text{Rp. } 3.950.000/\text{bulan} \\ &= \text{Rp. } 131.667/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kendaraan CDE} &= \text{Rp. } 325.000.000 - \text{Rp. } 80.000.000 : 5 \\ &= \text{Rp. } 49.000.000 \\ &= \text{Rp } 4.083.333 \\ &= \text{Rp } 136.111 \end{aligned}$$

a. Gaji Karyawan sebesar Rp. 150.000/hari

b. Biaya variabel

Biaya variabel merupakan biaya yang dikeluarkan yang jumlahnya dapat berubah-ubah karena dipengaruhi oleh faktor lainnya dan biaya yang digunakan pada penelitian ini adalah biaya BBM. Pemakaian bahan bakar yang digunakan oleh PT. X adalah bio solar Rp. 5.150/liter dengan rasio penggunaan bahan bakar terhadap jarak diestimasi sebesar 1:11 yang artinya setiap satu liter bahan bakar menempuh jarak sejauh 11 kilometer.

5. Hasil Dan Pembahasan

5.1. Inisialisasi Rute Nearesrt Neighbour

Tabel 6 Hasil Rute Inisialisasi Nearest Neighbour

Kendaraan	Rute Inisialisasi	Total Jarak (km)
1	x-3-11-1-2-16-x	25,7

2	x-5-9-6-14-x	39,4
3	x-4-7-13-15-8-12-17- 10-x	94,2

5.2. Optimasi Rute Dengan Tabu Search

Setelah mendapat inisialisasi rute menggunakan metode *nearest neighbour* maka langkah selanjutnya adalah melakukan optimalisasi menggunakan metode *tabu search*. Berikut merupakan langkah – langkah menggunakan tabu search:

- a. Penentuan solusi awal dengan menggunakan metode *nearest neighbour*.
- b. Setelah mendapat solusi awal maka output *nearest neighbour* di input ke dalam *tabu list* lalu menentukan iterasi dari setiap rute yang di dapat dengan menukar 2 titik posisi berdasarkan indeks contoh perhitungan menggunakan kendaraan ke 2 seperti berikut:

Kendaraan ke 2 dengan rute $x-5-9-6-14-x = 39,4$ km

Iterasi 1

1. Jalur ke 1 yaitu dengan menukarkan antara posisi 1 dengan posisi ke 2: $x-9-5-6-14-x = 52,1$ km
2. Jalur ke 2 yaitu dengan menukarkan antara posisi 1 dengan posisi ke 3: $x-6-9-5-14-x = 48,2$ km
3. Jalur ke 3 yaitu dengan menukarkan antara posisi 1 dengan posisi ke 4: $x-14-9-6-5-x = 37,9$ km

Setelah menukar posisi ke 1 dengan posisi ke 2 hingga seterusnya. Langkah selanjutnya jalur ke 4 yaitu menukar antara posisi ke 2 dengan ke 3 hingga seterusnya.

4. Jalur ke 4 yaitu dengan menukarkan antara posisi 2 dengan posisi ke 3: $x-5-6-9-14-x = 37,9$ km
5. Jalur ke 5 yaitu dengan menukar antara posisi 2 dengan posisi ke 4: $x-5-14-6-9-x = 42,5$ km

Setelah menukar posisi ke 2 dengan posisi ke 3 hingga selanjutnya maka langkah selanjutnya jalur ke 6 yaitu menukar antara posisi 3 dengan ke 4 hingga seterusnya.

6. Jalur ke 6 yaitu dengan menukar antara posisi ke 3 dengan ke 4: $x-5-9-14-6-x = 44,9$ km

- c. Selanjutnya melakukan evaluasi solusi alternatif optimum dari jalur yang telah di bentuk dari iterasi 1 maka solusi optimum sementara pada jalur ke 3 yaitu: $x-14-9-6-5-x = 37,9$ km
- d. Langkah selanjutnya adalah memilih solusi optimum dari solusi alternatif yang ada, jika solusi alternatif lebih kecil dari solusi awal, maka solusi alternatif menjadi solusi yang dipilih dalam penelitian ini karena solusi alternatif lebih kecil dibandingkan dengan solusi awal.

- e. Setelah memilih solusi optimum lalu solusi akan di masukkan ke dalam tabu list yang nantinya akan dijadikan solusi atau dilakukan iterasi kembali. dalam penelitian ini karena iterasi pertama lebih kecil dibandingkan dengan solusi awal maka dilakukan iterasi kembali untuk menemukan nilai yang paling optimum.

Iterasi ke 2

$$x-14-9-6-5-x = 37,9 \text{ km}$$

1. Jalur 1 yaitu menukar antara posisi 1 dengan posisi ke 2 : $x-9-14-6-5-x = 44.9 \text{ km}$
2. Jalur 2 yaitu menukar antara posisi 1 dengan posisi ke 3 : $x-6-9-14-5-x = 41 \text{ km}$
3. Jalur 3 yaitu menukar antara posisi 1 dengan posisi ke 4 : $x-5-9-6-14-x = 39.4 \text{ km}$

Dilakukan seperti langkah poin b semua semua indeks melakukan move setelah iterasi ke 2 selesai dilakukan evaluasi dari calon solusi dari iterasi 2 terdapat jalur yang paling optimal yaitu jalur 3 yaitu $x-5-9-6-14-x = 39.4 \text{ km}$

- f. Setelah itu memperbaharui *tabu list* kembali yang nantinya di jadikan solusi atau dilakukan iterasi berdasarkan penelitian ini

solusi awal $x-5-9-6-14-x = 39,4 \text{ km}$

iterasi 1 $x-14-9-6-5-x = 37,9 \text{ km}$

iterasi 2 $x-5-9-6-14-x = 39.4 \text{ km}$

Dikarenakan jarak pada iterasi ke 2 lebih besar di bandingkan dengan iterasi pertama maka dilakukan pemberhentian. Langkah ini dilakukan pada semua rute yang ada mulai dari pengiriman 1, 2, 3 dan 4 berikut merupakan hasil optimalisasi setiap rute dengan menggunakan tabu search.

Tabel Hasil 7 Optimalisasi Rute Dengan Tabu Search

Kendaraan	Optimalisasi Rute	Total Jarak (km)
1	x-3-1-11-2-16-x	22,7
2	x-14-9-6-5-x	37,9
3	x-4-7-10-15-8-12-17-13-x	92,1

5.3. Pengolahan Data Waktu Pelayanan Pengiriman Capacitated Vehicle Rounting Problem (CVRP)

Tabel 8 Hasil Perbaikan Waktu Pelayanan Pengiriman

Kend	Rute	Jarak Tempuh (km)	Waktu Muat (menit)	Waktu Bongkar (menit)	Waktu Tempuh (menit)	Waktu Pelayanan (menit)	Status
1	x-3-1-11-2-16-x	22,7	40	50	34	124	Terlayani
2	x-14-9-6-5-x	37,9	40	120	57	217	Terlayani
3	x-4-7-10-15-8-12-17-13-x	92,1	60	120	138	318	Terlayani

Perhitungan pada kendaraan 1 yang melayani 3-1-11-2-16 maka terbentuk rute x-3-1-11-2-16-x

Waktu Tempuh

$$Waktu Tempuh = \frac{Jarak Tempuh}{Rata - rata Kecepatan}$$

$$Waktu Tempuh = \frac{22,7}{40km/60mnt}$$

$$Waktu Tempuh = 34$$

Waktu Pelayanan

Waktu Pelayanan = Waktu Muat + Waktu Bongkar per pelanggan yang dilayani + Waktu tempuh

$$= 40 + 50 + 34 = 133 \text{ menit}$$

5.4. Pengolahan Data Total Biaya Pengiriman Capacitated Vehicle Rounting Problem (CVRP)

Tabel 9 Hasil Perbaikan Biaya Pengiriman

No	Rute Kendaraan	Jarak (Km)	Biaya Tetap		Variabel Cost	Total Biaya
			Biaya Penyusutan	Gaji Karyawan	Biaya BBM	
1	x-3-1-11-2-16-x	22,7	131.667	150.000	10.627	292.317
2	x-14-9-6-5-x	37,9	131.667	150.000	17.744	299.449
3	x-4-7-10-15-8-12-17-13-x	92,1	136.111	150.000	43.119	329.322
Total		152,7	399.445	450.000	71.490	921.088

Contoh perhitungan:

Biaya pengiriman rute kendaraan 1

Biaya Tetap = Biaya Penyusutan + Biaya Gaji Karyawan

= Rp. 131.667 + Rp. 150.000 = Rp. 281.667

Variabel Cost = Biaya BBM x Total jarak Tempuh

= Rp. 468,18 x 22,7 km = Rp. 10.627

5.5. Pengolahan Data Kapasitas Pengiriman Capacitated Vehicle Rounting Problem (CVRP)

Dalam perhitungan *load factor*, kendaraan 1 dan 2 memiliki kapasitas 1.250 pcs dan kendaraan 3 memiliki kapasitas 1.750 pcs. Berikut merupakan contoh perhitungan *load factor* pada kendaraan 1:

$$Load\ factor = \frac{Jumlah\ permintaan}{Kapasitas\ kendaraan}$$

$$Load\ factor = \frac{1240}{1250} = 0,99$$

Tabel 10 Hasil Perbaikan Load Fator

Kendaraan	Optimisasi Rute	Permintaan	Load Faktor
1	x-3-1-11-2-16-x	1240	0,99
2	x-14-9-6-5-x	1030	0,82
3	x-4-7-10-15-8-12-17-13-x	1680	0,96

6. Analisa

6.1. Analisis Rute Distribusi

Tabel 11 Perbandingan Rute Existing dan Rute Perbaikan

Kendaraan	Rute Existing	Rute Perbaikan
1	x-7-11-1-3-x	x-3-1-11-2-16-x
2	x-2-16-5-6-9-14-x	x-14-9-6-5-x
3	x-17-12-8-15-10-4-13-x	x-4-7-10-15-8-12-17-13-x

Berdasarkan tabel diatas berikut merupakan penjelasan dari setiap rute:

Kendaraan 1

Sebelum dilakukan perbaikan melayani rute Toko Bangunan Sumber Sari - Toko Bangunan Podo Hasil - Toko Bangunan Heru Jaya - Toko Bangunan Rantau Jaya. Setelah dilakukan perbaikan

melayani rute Toko Bangunan Rantau Jaya - Toko Bangunan Heru Jaya - Toko Bangunan Podo Hasil - Toko Bangunan Kurnia Jaya - Toko Bangunan Beton Sakti.

Kendaraan 2

Sebelum dilakukan perbaikan melayani rute Toko Bangunan Kurnia Jaya - Toko Bangunan Beton Sakti - Toko Bangunan Rejeki Makmur - Toko Bangunan Joyo Sempulur - Toko Bangunan Tunggal Jaya - Toko Bangunan Wisma Agung. Setelah dilakukan perbaikan melayani rute Toko Bangunan Wisma Agung - Toko Bangunan Tunggal Jaya - Toko Bangunan Joyo Sempulur - Toko Bangunan Rejeki Makmur.

Kendaraan 3

Sebelum dilakukan perbaikan melayani rute Toko Bangunan Indah - Toko Bangunan Sinar Mulia - Toko Bangunan Mitra Bahan Bangunan - Toko Bangunan Mitra Mulya - Toko Bangunan Kurnia Putra - Toko Bangunan Sumber Mulya - Toko Bangunan Serda Mandiri. Setelah dilakukan perbaikan melayani rute Toko Bangunan Sumber Mulya - Toko Bangunan Sumber Sari - Toko Bangunan Kurnia Putra - Toko Bangunan Mitra Mulya - Toko Bangunan Mitra Bahan Bangunan - Toko Bangunan Sinar Mulia - Toko Bangunan Indah Toko Bangunan Serda Mandiri.

6.2. Penghematan Jarak Tempuh

Tabel 12 Perbandingan Jarak Existing dan Jarak Perbaikan

Kendaraan	Jarak Existing (km)	Jarak Perbaikan (km)
1	28,5	22,7
2	51,1	37,9
3	101,6	92,1
Total	181,2	152,7

Berdasarkan tabel jarak *existing* dibandingkan dengan jarak perbaikan untuk setiap rute per kendaraan mengalami efisiensi misalnya kita lihat rute kendaraan 3 dengan rute *existing* 101,6 km dibandingkan dengan rute perbaikan pada kendaraan 3 hanya 92,1 km. Penghematan yang dapat dilakukan pada jarak tempuh yaitu pada rute perbaikan dengan 3 rute total jarak yang dapat ditempuh oleh PT. X yaitu 152,7 km sedangkan rute *existing* memiliki total jarak sebesar 181,2 km. Penghematan total keseluruhan yang dapat dilakukan setelah mengalami perbaikan yaitu sebesar 28,5 km.

6.3. Penghematan Waktu Pelayanan

Tabel 13 Perbandingan Waktu Pelayanan Existing dan Perbaikan

Kendaraan	Waktu Pelayanan Existing (menit)	Waktu Pelayanan Perbaikan (menit)
1	133	124
2	237	217
3	332	318
Total	702	659

(Sumber: Hasil Pengolahan Sendiri)

Dari perbandingan tabel 5.3 waktu pelayanan terlihat terjadi perubahan setelah dilakukan perbaikan dan untuk waktu pelayanan setelah dilakukan perubahan per kendaraan mengalami peningkatan menjadi lebih cepat di bandingkan dengan waktu sebelumnya. Penghematan waktu yang dapat dilakukan setelah perbaikan mendapat total waktu 659 menit sedangkan waktu existing memiliki total sebesar 702 menit. Penghematan total keseluruhan yang dapat dilakukan setelah mengalami perbaikan yaitu sebesar 43 menit.

6.4. Penghematan Biaya Pengiriman

Tabel 14 Perbandingan BOK Existing dan BOK Perbaikan

Kendaraan	BOK Existing	BOK Perbaikan
1	295.010	292.317
2	305.591	299.449
3	333.678	329.322

Berdasarkan tabel biaya operasional kendaraan dapat di simpulkan bahwa biaya pengiriman PT. X mengalami penurunan untuk BOK eksisiting total biaya yang dikeluarkan sebesar Rp.934.279 setelah dilakukan perbaikan biaya yang dikeluarkan perusahaan sebesar Rp. 921.088, maka penghematan biaya yang didapat adalah sebesar Rp.13.191 dalam satu hari untuk seluruh kendaraan.

6.5. Analisis Kapasitas Kendaraan

Tabel 15 Perbandingan Load Faktor Existing dan Load Faktor Perbaikan

Kendaraan	Permintaan Existing	Load Faktor Existing	Permintaan Perbaikan	Load Faktor Perbaikan
1	1100	0,88	1240	0,99
2	1620	1,29	1030	0,82

3	1760	1,01	1680	0,96
---	------	------	------	------

Berdasarkan dari tabel 5.5 kapasitas angkut kendaraan mengalami perbaikan, dengan maksimal kapasitas angkut kendaraan 1 dan 2 sebesar 1.250 pcs dan kendaraan 3 sebesar 1.750 pcs maka pada kendaraan satu jumlah paving block yang diangkut sebelum perbaikan yaitu 1.100 dan setelah perbaikan menjadi 1.240 pcs untuk kendaraan dua sebelum perbaikan mengangkut 1.620 pcs menjadi 1.030 pcs, kendaraan sebelum perbaikan mengangkut 1.760 pcs menjadi 1.680. Selain itu sebelum dilakukan perbaikan 3 kendaraan mempunyai rata – rata *load factor* sebesar 1,06 sedangkan dengan setelah perbaikan rata rata *load factor* yang didapat sebesar 0.92 dimana terjadi pengoptimalan kapasitas kendaraan dan tidak terjadi *overload*.

7. Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian ini maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Setelah dilakukan perhitungan menggunakan metode *Tabu Search* maka didapat rute terbaru sebagai berikut:
 - a. Kendaraan 1
Toko Bangunan Rantau Jaya - Toko Bangunan Heru Jaya - Toko Bangunan Podo Hasil - Toko Bangunan Kurnia Jaya - Toko Bangunan Beton Sakti.
 - b. Kendaraan 2
Toko Bangunan Wisma Agung - Toko Bangunan Tunggal Jaya - Toko Bangunan Joyo Sempulur - Toko Bangunan Rejeki Makmur.
 - c. Kendaraan 3
Toko Bangunan Sumber Mulya - Toko Bangunan Sumber Sari - Toko Bangunan Kurnia Putra - Toko Bangunan Mitra Mulya - Toko Bangunan Mitra Bahan Bangunan - Toko Bangunan Sinar Mulia - Toko Bangunan Indah Toko Bangunan Serda Mandiri.
Rute yang dihasilkan dari hasil perhitungan adalah sebesar 152,7 km.
 - d. Dari segi total jarak terjadi selisih 28,5 km, sedangkan dari segi total waktu terjadi efisiensi sebesar 43 menit dan biaya yang dikeluarkan perusahaan terdapat selisih Rp.13.191 dalam satu hari untuk seluruh kendaraan.
2. Kapasitas angkut sebelum dilakukan perbaikan pada ke 3 kendaraan mempunyai rata – rata *load factor* sebesar 1,06 sedangkan dengan setelah perbaikan rata rata *load factor* yang didapat sebesar 0.92 dimana terjadi pengoptimalan kapasitas kendaraan dan tidak terjadi *overload* pada kendaraan.

8. DAFTAR PUSTAKA

1. Caric, Tongi dan Gold Hrvoje.2008.Vehicle Routing Problem.Croatia.In-The.

2. Glover, F. 1999. A Tutorial : Tabu Search. *Interfaces*. 74-94.
3. Glover, F. (1989) "Tabu Search — Part I," *ORSA Journal on Computing*, Vol. 1, No. 3, pp. 190-206. First comprehensive description of tabu search.
4. Goel Rajeev dan Maini, Raman. 2017. Vehicle routing problem and its solution methodologies: a survey. *Int. J. Logistics Systems and Management*, Vol. 28, No. 4.
5. Gunawan, herry. 2014. *Pengantar Manajemen Transportasi dan Logistik*. PT. Jakarta. RajaGrafindo Persada
6. Kodrat, David Sukardi. 2019. *Manajemen Distribusi (old distribution channel and postmo distribution channel approach)*. Yogyakarta. Graha Ilmu
7. Nasution. 2015. *Manajemen Transportasi*. Jakarta .Ghalia Indonesia.
8. Stefan I, Toht, p. and Vigo," *Vehicle Routing Problems, Methods and Applications*", Second ed. Philadelphia: Mathematical Optimization Society, 2014.
9. Tegar, Nanang. 2019. *Panduan Lengkap Manajemen Distribusi*. Yogyakarta Quadrant
10. Toth, P. dan Vigo, D. 2002. "The Vehicle Routing Problem". *Universita degli Studi di Bologna Italy*
11. W. K. Cahyaningsih, E. R. Sari dan K. Hernawati, "Penyelesaian Capacitated Vichicle Routing Problem (CVRP) menggunakan algoritma Sweep untuk oprimalisasi rute distiribusi surat kabar Kedaulatan Rakyat", dalam seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, 2015, hlm 1-8