*Article*

**Penentuan Rute Terpendek Pada PT. SES dengan Menggunakan Algoritma Modifikasi Clarke and Wright Savings**

**Angga Setiawan 1, Martinus Edy Sianto 2, dan Dian Retno Sari Dewi 3\***

1,2 Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

\* Corresponding author. [*E-mail address:* dianretnosd@ukwms.ac.id](file:///C:\Users\lenyw\Downloads\E-mail%20address:%20dianretnosd@ukwms.ac.id)

**Abstract:** Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan masalah optimasi yang melibatkan pencarian rute yang paling efisien untuk sebuah armada kendaraan dalam melayani sejumlah pelanggan dengan memperhatikan berbagai batasan. Penyelesaian masalah VRP bisa dilakukan dengan menggunakan berbagai cara, salah satunya adalah dengan menggunakan Clarke and Wright Savings. Penelitian ini mengembangkan algoritma Clarke and Wright Saving yaitu dengan menambahkan pembatas *time window* dan kapasitas angkut kendaraan. Dengan modifikasi ini, algoritma menghasilkan penghematan jarak sebesar 1.315,3 km, dengan persentase penghematan jarak tempuh adalah 25%. Biaya yang dapat dihemat setelah menggunakan modifikasi algoritma ini adalah sebesar Rp 1.313.358,67.

*Vehicle Routing Problem (VRP) is an optimization problem that involves finding the most efficient route for a fleet of vehicles to serve a number of customers by taking into account various constraints. Solving the VRP problem can be done using various methods, one of which is using Clarke and Wright Savings. The development of the originated algorithm has been enhanced, by adding time windows constraint and fleet capacity. This modification has saved of 1,315.3 km distance (25%). As a result, the costs of transportation can be saved of IDR 1,313,358.67.*

**Keywords:** *Modified Clarke and Wright Savings Algorithm; Vehicle Routing Problems.*

1. **Introduction**

Distribusi adalah proses atau kegiatan yang melibatkan penyaluran atau penyebaran produk dari produsen kepada konsumen (Mandey dkk, 2019). Transportasi menjadi hal yang krusial bagi perusahaan distribusi, jika hanya mengandalkan jasa pengiriman ekspedisi maka dapat menimbulkan pengeluaran yang besar. Perusahaan menyewa jasa ekspedisi dengan tujuan untuk menciptakan dan mempertahankan pelanggan (Amalia dkk, 2020).

*Vehicle Routing Problem (*VRP) merupakan permasalahan yang membahas mengenai pencarian rute suatu kendaraan dengan tujuan tertentu. *Vehicle Routing Problem* (VRP) adalah masalah penentuan rute kendaraan dalam mendistribusikan barang dari tempat produksi yang dinamakan depot ke konsumen dengan tujuan meminimumkan total jarak tempuh kendaraan (Chandra dkk, 2018). Guna mengoptimalkan kendaraan yang ada dan juga jumlah permintaan pengiriman yang begitu besar, maka diperlukannya perhitungan yang tepat untuk mengalokasikan kendaraan yang baik dan benar agar kendaraan yang dimiliki oleh pabrik dapat digunakan secara optimal.

Hampir setiap hari semua unit armada perusahaan digunakan untuk mengirim barang kepada pelanggan. Jika ingin menurunkan biaya pengiriman, maka total jarak tempuh juga harus diturunkan. Biaya pengiriman barang dihitung berdasarkan konsumsi bahan bakar tiap kendaraan. Minimasi biaya pengiriman dilakukan dengan menentukan rute yang paling efisien pada banyak titik yang dikunjungi tanpa mengabaikan batasan kapasitas kendaraan dan jendela waktu jam kerja (William, 2013, Widya, 2009, Nusmesse, 2018).

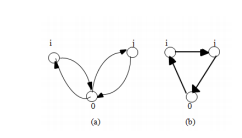
Penentuan rute terpendek dengan memperhatikan batasan kapasitas kendaraan dan jendela waktu jam kerja, memerlukan metode atau algoritma yang dimodifikasi. Penelitian ini menggunakan Algoritma Clarke and Wright Saving yang dimodifikasi dengan menambahkan jendela waktu jam kerja (*time window*) dan kapasitas kendaraan. Menurut Nusmesse, (2018), perbandingan Algoritma Clarke and Wright Savings dengan Algoritma Sequential Insertion menunjukkan keunggulan yang signifikan pada sisi efisiensi dan optimalisasi. Algoritma Clarke and Wright Savings terbukti lebih unggul dalam mengoptimalkan rute pengiriman. Pendekatan ini memanfaatkan pendekatan *savings* untuk menggabungkan rute yang berpotensi sama agar menghasilkan penghematan waktu dan biaya.

1. **Materials and method**
   1. *Landasan Teori*

Pada penelitian terdahulu terdapat penelitian terkait dengan distribusi atau pengiriman. Alfany (2018) mengidentifikasi jenis keterlambatan pengiriman yang sering terjadi dan faktor penyebab terjadinya keterlambatan pengiriman serta untuk merancang strategi perbaikan untuk meminimalisir terjadinya keterlambatan pengiriman di PT Z. Evelyn (2022) menentukan rute distribusi PT X agar memperoleh penghematan biaya distribusi dan jarak tempuh menggunakan metode *saving matrix*. Sutisna, (2018) mengidentifikasi penyebab terjadinya keterlambatan pengiriman barang e-*commerce* dan menentukan upaya perbaikan terhadap keterlambatan pengiriman barang e-*commerce* di RPX Bandung. Penelitian-penelitian tersebut belum memasukkan *Time Windows* pada perhitungannya.

*Vehicle Routing Problem* (VRP) adalah masalah dimana terdapat sebuah armada pengiriman barang yang harus mengirimkan barang kepada berbagai pelanggan. Solusi yang dicari adalah rute paling pendek yang bisa dilakukan oleh armada pengiriman tersebut. Seiring berjalannya waktu, agar semakin mirip dengan permasalahan nyata, beberapa perkembangan dari VRP muncul, seperti *multi-compartment, Multi-objective, heterogenous vehicle*,*Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW) muncul sebagai perkembangan dari *Vehicle Routing Problem*. VRPTW menambahkan pertimbangan waktu *service* dan jangkauan waktu pelanggan dari setiap pengiriman barang (Rachman, 2018).

Algoritma Clarke-Wright Savings adalah suatu metode yang ditemukan oleh clarke dan wright pada tahun 1964 (Nurcahyo, 2023). Metode ini dipublikasikan sebagai suatu algoritma yang digunakan sebagai solusi untuk permasalahan rute kendaraan dimana sekumpulan rute yang lebih baik dan metode ini digunakan untuk mengatasi permasalahan yang cukup besar, dalam hal ini adalah jumlah rute yang banyak (Damayanti, 2021). Algoritma Clarke-Wright Savings melakukan perhitungan penghematan yang diukur dari pengurangan jarak tempuh yang dapat dilakukan dan waktu yang digunakan dengan mengaitkan node-node yang ada dan menjadikannya sebuah rute berdasarkan nilai savings yang terbesar yaitu jarak tempuh antara *source node* dan *node* tujuan (Damayanti, 2021). Proses perhitungannya, metode ini tidak hanya menggunakan jarak sebagai parameter, tetapi juga waktu untuk memperoleh nilai saving yang terbesar untuk kemudian disusun menjadi sebuah rute terbaik (Yusuf, 2023).



**Gambar 1.** Ilustrasi Penghematan

* 1. *Metode Penelitian*

Metodologi penelitian pada dasarnya adalah suatu cara ilmiah yang bertujuan untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Langkah-langkah metodologi penelitian tahapan-tahapan dalam melakukan penelitian adalah sebagai berikut:

*1. Pengumpulan Data*

Pada pengumpulan data ini dilakukan pengumpulan data yang dilakukan dengan cara wawancara, dokumentasi dan observasi. Data yang dikumpulkan adalah data permintaan pelanggan, lama waktu *loading*, data tonase barang, lama perjalanan, data *unloading,* data rute metode perusahaan dan data biaya distribusi perusahaan.

*2. Pengolahan Data*

Pengolahan data meliputi pemodelan regresi, tujuan pemodelan regresi adalah untuk memunculkan sebuah model yang bisa dijadikan acuan bagi peneliti agar dapat dimasukkan ke dalam Algoritma Modifikasi Clarke and Wright Savings.

1. Pemodelan Regresi Data Waktu *Loading* dan Tonase
2. Pemodelan Regresi Lama Waktu Perjalanan *Actual* dan Estimasi Waktu Perjalanan by Gmaps
3. Pemodelan Regresi Lama Waktu *Unloading* dan Tonase
4. Algoritma Modifikasi Clarke and Wright Savings

*3. Analisis*

Analisa perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui apakah ada perbedaan pada saat sebelum dan sesudah menggunakan algoritma usulan, analisa perbandingan ini meliputi total jarak tempuh yang dilalui oleh kendaraan dan total biaya distribusi. Perbandingan total jarak tempuh antara menggunakan metode yang saat ini digunakan perusahaan dan algoritma modifikasi Clarke and Wright Savings. Perbandingan biaya distribusi yang dihitung dari kebutuhan bahan bakar kendaraan selama proses distribusi.

1. **Results and discussion**
   1. *Data yang dikumpulkan*

*1. Data Permintaan Pelanggan*

Data permintaan pelanggan berupa: nama terang penerima, kuantitas dan *type* produk yang dipesan, nomor telpon. Prosedur yang diberlakukan di PT. SES jika pelanggan yang ingin membeli produk adalah: pelanggan menghubungi *customer service*, kemudian *customer service* membuat surat untuk staff *logistic* berupa surat sales *order*, yang nantinya akan ditindak lanjuti oleh staff *logistic*.

*2. Data Lama Waktu Loading*

Data lama waktu loading adalah data waktu yang diperlukan untuk memuat produk ke truk. Data diperoleh dengan cara observasi secara langsung pada saat kegiatan loading berlangsung di pabrik.

*3. Data Tonase Barang*

Data tonase barang adalah data yang diperoleh saat pengamatan dan disinkronkan dengan data yang diperoleh dari staff logisitik.

*4. Lama Perjalanan*

Lama perjalanan ini adalah waktu yang diperlukan oleh tiap kendaraan untuk berpindah dari satu titik ke titik yang lain, dari pabrik menuju pelanggan, pelanggan ke pelanggan dan pelanggan menuju pabrik. Kemudian dilakukan perbandingan antara lama perjalanan *actual* dan data prediksi yang diambil dari gmaps.

*5. Lama Waktu Unloading*

Lama waktu *unlading* adalah lama waktu yang diperlukan untuk membongkar atau menurunkan produk dari truk di tempat customer.

*6. Data Biaya Distribusi Metode Perusahaan*

Pada pengolahan data biaya distribusi ini mencakup data pengeluaran atau biaya distribusi yang terhitung dari jarak tempuh setiap kendaraan kemudian dikalikan dengan harga bahan bakar kendaraan yaitu solar dengan harga perliter senilai Rp 6.800,00.

*3.2 Pemodelan Regresi*

*Pemodelan Data Waktu Loading dan Tonase*

Tujuan dilakukan pemodelan ini untuk mengetahui keterkaitan durasi waktu yang diperlukan untuk melakukan pemuatan *(loading)* dengan berat tonase barang yang dimuat. Model regresi data waktu *loading* dan tonase telah memenuhi syarat residual IIDN (Identik, Independen dan Berdistribusi Normal). Dari pengolahan data diperoleh persamaan regresi yaitu Waktu = 13 + 0,008742 \* Tonase.

*Pemodelan Data waktu tempuh Actual dan Estimasi Waktu Perjalanan menggunakan Gmaps*

Lama waktu perjalanan ini meliputi lama waktu tempuh kendaraan dari satu titik ke titik yang lain, dan lama waktu *actual* dibandingkan dengan estimasi yang ada pada Gmaps. Tujuan pemodelan ini untuk mengetahui hubungan antara waktu perjalanan *actual* dan estimasi waktu perjalanan menggunakan Gmaps. Hasil persamaan yang diperoleh telah memenuhi syarat residual IIDN. Persamaan regresi yang dihasilkan adalah:

Waktu Real = 2,273 +1,0501\* Waktu Gmaps.

*Pemodelan Lama Waktu Unloading dan Tonase*

Pemodelan regresi lama waktu *unloading* dan tonase ditujukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan pada saat proses *unloading*. Persamaan regresi lama waktu *unloading* dan Tonase telah memenuhi syarat residual IIDN. Persamaan yang menunjukkan hubungan antara waktu unloading dan tonase adalah sebagai berikut:

Waktu = 28,92 + 0,04179 \* Tonase,

*3.3 Algoritma Modifikasi Clarke and Wright Savings*

Modifikasi Algoritma Clarke and wright savings dilakukan dengan menyesuaikan kebutuhan perusahaan yaitu menentukan lokasi mana yang akan dikunjungi berdasarkan penghematan terbesar dalam saving matrix, mempertimbangkan berat pesanan pelanggan dengan kapasitas kendaraan dan time windows jam kerja. Biaya distribusi PT. SES dengan metode lama yang digunakan perusahaan telah diolah dan akan dibandingkan menggunakan algoritma usulan, yaitu Algortima modifikasi Clarke and wright savings. Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam menggunakan Algortima Modifikasi Clarke and Wright savings with Time Windows adalah sebagai berikut:

Langkah 1

Inisialisasi data jarak, data jumlah permintaan, data waktu *loading*, dan data waktu pelayanan *unloading* sebagai input yang dibutuhkan, lanjut ke langkah 2.

Langkah 2

Buat matriks jarak antar depot ke konsumen dan ke konsumen, lanjut ke langkah 3.

Langkah 3

Hitung nilai saving menggunakan persamaan

S(i,j) = d (D,i) + d (D,j) – d (i,j) ……. (1)

untuk setiap pelanggan untuk mengetahui nilai penghematan, lanjut ke langkah 4.

Langkah 4

Urutkan pasangan pelanggan berdasarkan nilai saving matrix dari nilai saving matriks terbesar hingga yang terkecil, lanjut ke langkah 5.

Langkah 5

Pembentukan rute pertama (t=1), lanjut ke langkah 6.

Langkah 6

Tentukan pelanggan pertama yang ditugaskan pada rute dengan cara memilih kombinasi pelanggan dengan nilai *saving* terbesar, lanjut ke langkah 7.

Langkah 7

Hitung banyaknya jumlah permintaan dari konsumen yang telah terpilih. Apabila jumlah permintaan masih memenuhi kapasitas kendaraan maka lanjut ke langkah 8. Apabila jumlah permintaan melebihi kapasitas kendaraan maka dilanjutkan ke Langkah 11.

Langkah 8

Hitung waktu *loading*, total jarak, estimasi perjalanan, waktu pelayanan *unloading*, dan total waktu berdasarkan pelanggan yang telah terpilih, lanjut ke langkah 9.

Langkah 9.

Apabila total waktu ≤ jendela waktu jam kerja maka pelanggan tersebut terpilih untuk ditugaskan pada rute kemudian lanjut ke langkah 10. Apabila waktu > jendela waktu jam kerja maka dilanjutkan ke langkah 11.

Langkah 10

Pilih pelanggan selanjutnya yang akan ditugaskan berdasarkan kombinasi pelanggan terakhir yang terpilih dengan nilai saving terbesar, kembali ke langkah 7.

Langkah 11

Hapus pelanggan terakhir yang terpilih, lanjut ke langkah 12.

Langkah 12

Masukkan pelanggan yang terpilih sebelumnya untuk ditugaskan ke dalam rute maka rute (t) telah terbentuk. Apabila masih ada pelanggan yang belum terpilih maka lanjut ke langkah 13. Apabila semua pelanggan telah ditugaskan maka proses pengerjaan Algoritma Modifikasi Clarke & Wright Savings telah selesai.

Langkah 13

Pembentukan rute baru (t = t + 1), lanjut ke langkah 6.

Berikut adalah contoh numerik pada modifikasi Algortima Modifikasi Clarke and Wright Savings dijalankan, sebagai berikut:

1. Data Pelanggan

Pada langkah ini tercantum alamat pelanggan yang akan dituju, tanggal pengiriman, pesanan yang dipesan oleh pelanggan kemudian dikonversikan menjadi *tonase*, tercantum lama waktu *loading* digudang dengan tonase pesanan pelanggan, kemudian terdapat lama waktu pelayanan *unloading* pada pelanggan.

2. Membuat Matriks Jarak

Matriks jarak adalah tabel yang berisikan jarak antar lokasi, lokasi yang dimaksud adalah jarak dari gudang ke masing-masing lokasi pelanggan dan jarak dari lokasi pelanggan satu ke lokasi pelanggan lainnya. Diasumsikan bahwa jarak dari gudang ke lokasi x sama dengan jarak dari lokasi x ke gudang. Hal ini dikarenakan jalur yang dilalui tidak memiliki perbedaan jarak yang sangat signifikan, sehingga di asumsikan jaraknya sama, lanjut ke langkah 3. Matriks jarak dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Matriks Jarak

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Matriks Jarak (KM) Kamis, 27 Juli 2023** | | | | | | | | | | | | | |
| **Dari**  **/ke** | **G** | **C1** | **C2** | **C3** | **C4** | **C5** | **C6** | **C7** | **C8** | **C9** | **C10** | **C11** | **C12** |
| **G** | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **C1** | 12,2 | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **C2** | 12,2 | 17,9 | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **C3** | 14,7 | 19,3 | 3,2 | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **C4** | 23,8 | 15,2 | 14,1 | 15,9 | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **C5** | 22 | 20,7 | 12,6 | 12,5 | 8,9 | 0 |  |  |  |  |  |  |  |
| **C6** | 7 | 18,4 | 6,3 | 9 | 19,1 | 15,5 | 0 |  |  |  |  |  |  |
| **C7** | 6,8 | 18,1 | 14,3 | 15 | 19,2 | 22,7 | 6,6 | 0 |  |  |  |  |  |
| **C8** | 22,4 | 28,6 | 30,4 | 33,1 | 36,1 | 39,7 | 26 | 25,5 | 0 |  |  |  |  |
| **C9** | 13,4 | 5 | 15,8 | 17,5 | 16,2 | 22 | 18,2 | 19,6 | 29,6 | 0 |  |  |  |
| **C10** | 6,7 | 18,1 | 6,8 | 9,6 | 18,8 | 21,4 | 8,4 | 7,2 | 19,9 | 11,6 | 0 |  |  |
| **C11** | 16,5 | 15,2 | 8,6 | 8,5 | 8,7 | 6,7 | 12,4 | 16,8 | 35,8 | 15,2 | 19,2 | 0 |  |
| **C12** | 28,8 | 25,4 | 18,9 | 18,8 | 5,6 | 11,5 | 26,1 | 25,2 | 44,2 | 25,4 | 27,8 | 13,9 | 0 |

3. Menentukan matriks penghematan

Dalam tahapan ini, data yang telah diperoleh kemudian diolah dengan menggunakan metode saving matriks. Adanya penerapan metode ini, karena metode ini memiliki konsep menggabungkan dua atau lebih pesanan pelanggan dalam satu kali pengiriman, hal ini dapat memaksimalkan kapasitas muatan kendaraan, sehingga kendaraan yang dimiliki dapat dioperasikan dengan maximal. Berikut contoh perhitungan *saving matrix* pada pengiriman barang PT. SES:

S(x,y) = [J(G,x) + J(G,y)] – J(x,y)

Misal: x = C1 (Customer 1),

y = C2 (Customer 2)

S(C1,C2) = 12,2 + 12,2 - 17,9

= 6,5 Km

Lanjut Langkah 4.

4. Menggunakan hasil data saving matrix

Tujuan untuk mengurutkan hasil data *saving matrix* ini dilakukan untuk dapat melihat hasil dari pengolahan data guna menentukan rute yang akan dituju, mengurutkan data ini dilihat dari data terbesar hingga terkecil. Lanjut langkah 5. Contoh matrik saving dapat dilihat pada Tabel 2.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Nilai saving** | **Pasangan Cust** | **Nilai saving** | **Pasangan Cust** |
| 50,2 | C11,C9 | 31,6 | C7,C6 |
| 48,4 | C12,C9 | 30,3 | C9,C5 |
| 43,5 | C9,C6 | 30 | C6,C2 |
| 37,9 | C10,C9 | 29,2 | C10,C2 |
| 36,4 | C8,C6 | 29,1 | C12,C4 |
| 35 | C10,C6 | 26 | C5,C2 |
| 34 | C3,C2 | 24,5 | C11,C2 |
| 33,1 | C12,C11 | 24,4 | C12,C2 |

**Tabel 2.** Saving Matriks

5. Pembentukan Rute

Pembentukan rute dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai batasan yang ada yaitu dengan menghitung banyaknya jumlah permintaan dalam konversi tonase, untuk memastikan muatan tidak melebihi kapasitas kendaraan. Serta mempertimbangkan waktu tempuh dan memastikan total waktu ≤ jendela waktu jam kerja.

6. Langkah 6 Kombinasi Pelanggan Berdasarkan Nilai Saving

Pembentukan rute 1 dapat dilihat dari nilai *saving* terbesar, sebagai contoh pasangan C11,C9 (Customer 11 dan Customer 9) dengan memiliki nilai saving sebesar 50,2, berikut ialah contoh rute 1 sebagai berikut :

Rute 1 = G-C11-C9-G, rute yang harus dilalui ialah berangkat dari gudang kemudian menuju pelanggan 11, kemudian menuju pelanggan 9 dan kembali ke gudang

Keterangan = G adalah Gudang, C11 adalah Pelanggan 11, dan C9 adalah Pelanggan 9.

7. Menghitung Jumlah Permintaan

Pada langkah ini adalah mendata permintaan apa saja yang diminta oleh para pelanggan dengan memasukan data jenis barang, jumlah kuantiti yang dipesan, berat barang yang dipesan dan konversi tonase tiap permintaan pelanggan. Sebagai contoh pada pembentukan rute 1 dengan melihat berat tonase tiap pesanan pelanggan, sebagai berikut :

Rute 1 = G-C11-C9-G, Tonase pelanggan 11 = 663Kg, Tonase pelanggan 9 = 356,4kg

Total tonase = 1.019,4 Kg

Jadi, kapasitas yang dimuat tidak melebihi kapasitas kendaraan.

8. Menghitung waktu *loading,* estimasi perjalanan, waktu *unloading* dan total jarak tempuh

a. Waktu *Loading*

Waktu *Loading* = Persamaan regresi x tonase permintaan = 13 + 0,008742 \* Tonase

Pelanggan 11 = 13 + 0,008742 \* 663Kg = 18,80 Menit

Pelanggan 9 = 13 + 0,008742 \* 356Kg = 16,11 Menit

b. Estimasi Perjalanan

Estimasi perjalanan = 2,273 + 1,0501 \* Estimasi waktu gmaps

Gudang ke Pelanggan 11 = 2,273 + 1,0501 \* Estimasi waktu gmaps = 19,50 menit.

Pelanggan 11 ke Pelanggan 9 = 2,273 + 1,0501 \* Estimasi waktu gmaps = 18,20 menit.

Pelanggan 9 ke Gudang = 2,273 + 1,0501 \* Estimasi waktu gmaps = 32,73 menit.

Pada saat proses pengiriman diasumsikan kendaraan yang digunakan memiliki tingkat keandalan 100%.

c. Waktu *Unloading*

Waktu Unloading = Persamaan regresi x tonase permintaan = 28,92 + 0,04179 \* Tonase

Pelanggan 11 = 28,92 + 0,04179 \* 663Kg = 56,63 Menit.

Pelanggan 9 = 28,92 + 0,04179 \* 356Kg = 43,80 Menit.

d. Total Jarak Tempuh

Rute 1 = G-C11-C9-G jarak dari gudang ke pelanggan 11 = 16,5Km, jarak pelanggan 11 ke pelanggan 9 = 15,2Km, jarak dari pelanggan 9 ke gudang = 13,4Km

Total jarak tempuh G-C11-C9-G = 45,1Km

Sehingga total jarak yang ditempuh oleh armada perusahaan pada rute 1 adalah 45,1Km.

9. Menjumlah total waktu

*Loading* = 34,91, G-C11 = 19,50, *unloading* C11 = 56,63, C11-C9 = 18,20, *unloading* C9 = 43,7, istirahat = 30, C9-G = 32,73, total waktu = 235,64 menit.

10. Pemilihan pelanggan berikutnya

Pada langkah ini adalah langkah pemilihan pelanggan berikutnya yang akan digabungkan pada kombinasi pelanggan pengiriman terakhir yang terpilih dengan nilai *saving* terbesar, dan kembali ke langkah 7.

7. Menghitung jumlah permintaan

Rute 1 = G-C11-C9-C12-G, tonase pelanggan 11 = 663 Kg, tonase pelanggan 9 = 356,4 Kg, tonase pelanggan 12 = 1.572 Kg, total tonase = 2591,4 Kg, total tonase masih dalam kapasitas muat kendaraan, lanjut ke langkah 8.

8. Menghitung waktu *loading,* estimasi perjalanan, waktu *unloading* dan total jarak tempuh.

a. Waktu loading

Pelanggan 11 = 18,80 menit, Pelanggan 9 = 16,11 menit, Pelanggan 12 = 32,80 menit, total waktu *loading* adalah 67,71 menit.

b. Estimasi Perjalanan

Gudang ke Pelanggan 11 = 19,5 menit, Pelanggan 11 ke Pelanggan 9 = 18,2 menit, Pelanggan 9 ke Pelanggan 12 = 28,9 menit, Pelanggan 12 ke Gudang = 55,83 menit.

c. Waktu *Unloading*

Pelanggan 11 = 56,63 menit, Pelanggan 9 = 43,80 menit, dan Pelanggan 12 = 94,61 menit.

d. Total Jarak Tempuh

Rute 1 = G-C11-C9-C12-G

Jarak gudang ke pelanggan 11 = 16,5 Km, Jarak pelanggan 11 ke pelanggan 9 = 15,2 Km, Jarak pelanggan 9 ke pelanggan 12 = 25,4 Km, Jarak pelanggan 12 ke gudang = 28,8 Km, Total jarak tempuh = 85,9 Km. Sehingga total jarak yang ditempuh yang dilalui oleh armada perusahaan pada rute 1 adalah 85,9 Km. Lanjut ke langkah 9.

9. Menjumlah total waktu

*Loading* = 34,91, G-C11 = 19,50, *unloading* C11 = 56,63, C11-C9 = 18,20, *unloading* C9 = 43,7, istirahat = 30, C9-C12 = 28,9, *unloading* C12 = 94,61, C12-G = 55,83, total durasi = 409,02 menit. Lanjut ke langkah 10.

10. Pemilihan pelanggan berikutnya

Pada langkah ini adalah langkah pemilihan pelanggan berikutnya yang akan digabungkan pada kombinasi pelanggan pengiriman terakhir yang terpilih dengan nilai saving terbesar, dan kembali ke langkah 7.

7. Menghitung jumlah permintaan

Rute 1 = G-C11-C9-C12-C6-G

Tonase pelanggan 11 = 663 Kg, Tonase pelanggan 9 = 356,4 Kg, Tonase pelanggan 12 = 1.572 Kg, Tonase pelanggan 6 = 1.001 Kg, Total tonase = 3.592 Kg. Lanjut ke langkah 8

8. Menghitung waktu *loading,* estimasi perjalanan, waktu *unloading* dan total jarak tempuh

a. Waktu *Loading*

Pelanggan 11 = 18,80 Menit, Pelanggan 9 = 16,11 Menit, Pelanggan 12 = 32,80 Menit, Pelanggan 6 = 21,75 Menit, Total Waktu Loading = 83,40 Menit.

b. Estimasi Perjalanan

Gudang ke Pelanggan 11 = 19,5 menit, Pelanggan 11 ke Pelanggan 9 = 18,2 menit, Pelanggan 9 ke Pelanggan 12 = 28,9 menit, Pelanggan 12 ke Pelanggan 6 = 29,6 menit, Pelanggan 6 ke Gudang = 9,62 menit.

c. Waktu *Unloading*

Pelanggan 11 = 56,63 menit, Pelanggan 9 = 43,80 menit, Pelanggan 12 = 94,61 menit, Pelanggan 6 = 65,75 menit.

d. Total Jarak Tempuh

Rute 1 = G-C11-C9-C12-C6-G, Jarak gudang ke pelanggan 11 = 16,5 Km, Jarak pelanggan 11 ke pelanggan 9 = 15,2 Km, Jarak pelanggan 9 ke pelanggan 12 = 25,4 Km, Jarak pelanggan 12 ke pelanggan 6 = 26,1 Km, Jarak pelanggan 6 ke gudang = 7 km, Total jarak tempuh = 90,2 Km. Lanjut langkah 9.

9. Menjumlah total waktu

*Loading* = 34,91, G-C11 = 19,50, *unloading* C11 = 56,63, C11-C9 = 18,20, *unloading* C9 = 43,7, istirahat = 30, C9-C12 = 28,9, *unloading* C12 = 94,61, C12-C6 = 55,83, *unload* C6 = 65,75, C6-G = 9,6, total durasi = 479,9 menit. Lanjut ke langkah 10.

10. Pemilihan pelanggan berikutnya

Total waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengiriman pada rute G-C11-C9-C12-C6-G adalah 479,9 menit berarti dapat dikatakan bahwa total waktu pengiriman sudah memenuhi jendela waktu kerja, sehingga tidak lagi memungkinkan untuk ditambahkan lagi pelanggan berikutnya, lanjutkan ke langkah 11.

11. Hapus pelanggan terakhir yang terpilih

Pada langkah ini adalah lanjutan dari langkah 9, bila kombinasi pelanggan untuk pengiriman melebihi jendela waktu jam kerja maka langkah berikutnya ialah menghapus pelanggan terakhir yang terpilih, kemudian lanjut ke langkah 12.

12. Memasukan Pelanggan Ke dalam Rute

Pada langkah ini adalah langkah memasukkan pelanggan ke dalam rute, bila masih ada pelanggan yang belum terpilih dan sudah mengoptimalkan kapasitas armada dengan tidak melebihi jendela waktu jam kerja maka dilanjutkan ke langkah 13. Apabila semua pelanggan sudah terpilih maka Algoritma modifikasi clarke and wright savings *with time windows* sudah selesai.

13. Pembentukan Rute Baru

Pada langkah ini adalah langkah pembentukan rute baru yaitu t = t + 1, kemudian dilanjutkan ke langkah 6.

**Analisis**

*Perbandingan Total Jarak Tempuh*

Masalah yang dihadapi adalah pengiriman dilakukan dengan menggunakan metode lama yaitu berdasarkan pengetahuan dan pengalaman staff logistik, sehingga kendaraan yang digunakan belum dikatakan optimal, memerlukan banyak sekali armada yang digunakan untuk pengiriman, sehingga total jarak yang dilalui akan semakin panjang. Hasil pengolahan data dapat dilihat pada Tabel 3. Jarak tempuh untuk pengiriman pada 24 hari pengiriman dengan menggunakan metode lama adalah sebesar 5.349,3 km. Setelah diterapkan Algoritma modifikasi clarke and wright savings, total jarak tempuh dapat diminimalkan. Total jarak yang ditempuh setelah diterapkan metode usulan didapatkan jarak tempuh sebesar 4.034 km. Jika dibandingkan, selisih jarak tempuh sebelum dan sesudah diterapkan metode usulan adalah 1.315,3 km, dengan persentase penghematan jarak tempuh adalah 25%.

*Perbandingan Biaya Distribusi*

Biaya transportasi tergantung pada jarak lokasi pengiriman. Biaya distribusi ini meliputi total

**Tabel 3.** Perbandingan Jarak Tempuh

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Hari Pengamatan** | **Total Jarak Tempuh (Km)** | |
| **Perusa-haan** | **Usulan** |
| Kamis, 27 Juli | 290,2 | 279 |
| Jumat, 28 Juli | 208,7 | 149,6 |
| Sabtu, 29 Juli | 178,9 | 147,2 |
| Senin, 31 Juli | 108,9 | 92,6 |
| Selasa, 1 Agust | 304,5 | 226,5 |
| Rabu, 2 Agust | 214,9 | 159 |
| Kamis, 3 Agust | 381,3 | 323 |
| Jumat, 4 Agust | 249,2 | 171,4 |
| Sabtu, 5 Agust | 309,3 | 123,9 |
| Senin, 7 Agust | 252,3 | 200,7 |
| Selasa, 8 Agust | 252,9 | 125,7 |
| Rabu, 9 Agust | 179,7 | 134,6 |
| Kamis, 10 Agust | 271 | 236 |
| Jumat, 11 Agust | 347,1 | 285,3 |
| Sabtu, 12 Agust | 236,8 | 139,1 |
| Senin, 14 Agust | 40,7 | 34,5 |
| Selasa,15 Agust | 286 | 271,1 |
| Rabu, 16 Agust | 395,6 | 270,8 |
| Sabtu, 19 Agust | 116,8 | 114,7 |
| Senin, 21 Agust | 278,8 | 148,4 |
| Selasa, 22 Agust | 235,4 | 202,4 |
| Rabu, 23 Agust | 210,3 | 198,5 |

jarak yang ditempuh kemudian dikalikan dengan harga bahan bakar kendaraan. Total biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan pada 24 hari pengiriman dapat dilihat pada Tabel 4. Sebelum diterapkan metode usulan adalah sebesar Rp4.726.050,04. Setelah diterapkan metode usulan, perkiraan biaya distribusi yang dikeluarkan oleh perusahaan adalah sebesar Rp3.412.691,37. Selisih yang didapatkan adalah sebesar Rp1.313.358,67. Persentase penurunan total biaya distribusi sesudah diterapkan algoritma modifikasi clarke and wright savings adalah 28%.

**Tabel 4.** Perbandingan Biaya Distribusi

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Hari Pengamatan** | **Biaya Distribusi** | |
| **Perusahaan** | **Usulan** |
| Kamis, 27 Juli | Rp239.088,00 | Rp204.000,00 |
| Jumat, 28 Juli | Rp199.788,00 | Rp118.048,00 |
| Sabtu, 29 Juli | Rp152.592,00 | Rp105.944,00 |
| Senin, 31 Juli | Rp91.732,00 | Rp57.243,64 |
| Selasa, 1 Agust | Rp263.297,00 | Rp189.040,00 |
| Rabu, 2 Agust | Rp191.216,00 | Rp114.852,00 |
| Kamis, 3 Agust | Rp346.314,29 | Rp282.438,44 |
| Jumat, 4 Agust | Rp231.094,03 | Rp139.797,40 |
| Sabtu, 5 Agust | Rp262.241,56 | Rp206.878,96 |
| Senin, 7 Agust | Rp223.825,97 | Rp194.965,71 |
| Selasa, 8 Agust | Rp225.574,55 | Rp122.108,57 |
| Rabu, 9 Agust | Rp158.316,36 | Rp130.754,29 |
| Kamis, 10 Agust | Rp217.617,66 | Rp201.421,40 |
| Jumat, 11 Agust | Rp317.083,12 | Rp259.521,56 |
| Sabtu, 12 Agust | Rp193.967,79 | Rp85.989,09 |
| Senin, 14 Agust | Rp35.086,23 | Rp21.327,27 |
| Selasa,15 Agust | Rp260.766,75 | Rp212.204,16 |
| Rabu, 16 Agust | Rp370.449,87 | Rp202.269,09 |
| Sabtu, 19 Agust | Rp102.865,45 | Rp91.393,77 |
| Senin, 21 Agust | Rp236.216,10 | Rp118.973,51 |
| Selasa, 22 Agust | Rp219.864,31 | Rp186.019,74 |
| Rabu, 23 Agust | Rp187.052,99 | Rp167.500,78 |

**4. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa rute pengiriman dilakukan dari yang terdekat dengan gudang kemudian dilanjutnya ke lokasi pelanggan yang terdekat dengan lokasi pelanggan yang lain. Sebelum menggunakan usulan yaitu algoritma modifikasi clarke and wright savings, rute yang dilalui sebanyak 138 rute pada 24 hari pengiriman. Setelah menggunakan usulan yaitu Algoritma modifikasi clarke and wright savings, rute yang dilalui sebanyak 73 rute. Perhitungan dengan menggunakan usulan yaitu Algoritma modifikasi clarke and wright savings dapat mengurangi total jarak tempuh dengan persentase penghematan sebesar 25%, dan biaya distribusi juga dapat diturunkan sebesar 28%.

Sebaiknya perusahaan lebih memaksimalkan lagi kapasitas kendaraan sehingga dalam sekali pengiriman dapat mengantar lebih dari 3 titik pelanggan. Hal ini diperlukan untuk mengurangi jumlah armada yang digunakan dan memperkecil biaya distribusi.

**References**

Alfany, 2018. Analisis Keterlambatan Pengiriman Paket Dengan Menggunakan Metode Six Sigma Di J&T Express DC Sleman Barat Yogyakarta. Alfani Yanto Sulistyo 1 , Yohanes Anton Nugroho 2 Program Studi Teknik Industri Universitas Teknologi Yogyuakarta PACKAGE DELAY ANA. 1–2.

Amalia Yunia Rahmawati, 2020. Faktor–faktor yang mempengaruhi keterlambatan proyek konstruksi di surabaya. 6(July), 1–23.

Baty, L., Jungel, K., Klein, P. S., Parmentier, A., & Schiffer, M., 2023. Combinatorial Optimization enriched Machine Learning to solve the Dynamic Vehicle Routing Problem with Time Windows. 1–22. http://arxiv.org/abs/2304.00789

Chandra, A., & Setiawan, B., 2008. Optimasi Jalur Distribusi dengan Metode Vehicle Routing Problem (VRP) Optimizing the Distribution Routes Using Vehicle Routing Problem (VRP) Method. 05(02). http://ejournal.stmt-trisakti.ac.id/index.php/jmtranslog

Damayanti, D. K., Purnamasari, I., & Wasono., 2021. Determining The Shortest Route Using The Clarke and Wright Savings Algorithm Method. Jurnal Eksponensial, 12(1), 65–72.

Evelyn., 2022. Cakalang Di PT. X Menggunakan Saving Matrix. Evelyn Yuniar Krisanti.

Firmansyah, M., Masrun, M., & Yudha S, I. D. K., 2021. Esensi Perbedaan Metode Kualitatif Dan Kuantitatif. Elastisitas - Jurnal Ekonomi Pembangunan, 3(2), 156–159. https://doi.org/10.29303/e-jep.v3i2.46

Karundeng, Thessa Natasya Mandey, S. L., & Sumarauw, J. S. B., 2018. Analisis Saluran Distribusi Kayu (Studi Kasus Di Cv. Karya Abadi, Manado). Jurnal EMBA: Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis Dan Akuntansi, 6(3), 1748–1757.

Mandey, J. B., 2019. Promosi, Distribusi, Harga Pengaruhnya Terhadap Keputusan Pembelian Rokok Surya Promild. Promosi, Distribusi, Harga Pengaruhnya Terhadap Keputusan Pembelian Rokok Surya Promild, 1(4), 9. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Moda, D. A. N., Yang, T., & Sukmadewi, R., 2024. Optimalisasi Alur Distribusi : Memperlancar Efisiensi Melalui Daftar Harga Pengiriman. xx(x), 77–86.

Nurcahyo, R., Irawan, D. A., & Kristanti, F., 2023. The Effectiveness of the Clarke & Wright Savings Algorithm in Determining Logistics Distribution Routes (case study PT.XYZ). E3S Web of Conferences, 426. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342601107

Nusmesse, P., Rahawarin, A., & Paillin, D. B., 2018. Usulan Penentuan Rute Dalam Pendistribusian Bbm Bersubsidi ( Premium ) Pada Pt . Pertamina Tbbm Wayame Ambon Ke Spbu Di. Arika, 10(1), 1–14.

Rachman, T., 2018. Penyelesaian Vehicle Routing Problem Menggunakan Metode Clarke and Wright Saving Heuristic. Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952., 10–27.

Rochman, M., 2023. Analisis Korelasi Antara Kandungan Senyawa Organik (KMnO4) Dengan Tingginya Kekeruhan Pada Kali Surabaya Menggunakan Software Minitab. 4(1), 54–59.

SAHARA, S., & Delvia Yuliana., 2021. Analisis Tingkat Kepuasan Pelanggan Dalam Penerapan Sistem Boarding Pass Di Gate Keberangkatan Terminal Terpadu Pulo Geban. Logistik, 14(1), 44–56. https://doi.org/10.21009/logistik.v14i1.20507

Shahin, R., Hosteins, P., Pellegrini, P., Vandanjon, P. O., & Quadrifoglio, L., 2024. A survey of Flex-Route Transit problem and its link with Vehicle Routing Problem. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 158(February). https://doi.org/10.1016/j.trc.2023.104437

Slamet Riyadi No, J., 2020. Warehouse Data System Analysis PT. Kanaan Global Indonesia 1 st Tino Feri Efendi, 2 nd Mutiya Krisanty 12 Institut Teknologi Bisnis AAS Indonesia Surakarta. International Journal of Computer and Information System (IJCIS) Peer Reviewed-International Journal, 01(03), 2745–9659. https://ijcis.net/index.php/ijcis/index

Sutisna, E., & Ratnasari, K. C., 2018. Analisis keterlambatan pengiriman barang e-commerce dengan menggunakan metode lean six sigma. Jurnal Logistik Bisnis, 9(1), 29–34. https://ejurnal.poltekpos.ac.id/index.php/logistik/article/view/390

Widya, Y., & Surabaya, M., 2009. Logistics and Transport 2009 The Imperial Mae Ping Hotel Chiangmai , Certificate of Paper Presentation to Dian Retno , Dini Endah and Anastasia L . Maukar Clarke Wright Saving Algorithm Model Development for Vehicle Routing. 031.

William Tanujaya, D. R. S. D. D. E., 2013. Penerapan Algoritma Genetik Untuk Penyelesaian Masalah Vehicle Routing Di Pt.Mif. Widya Teknik, 10(1), 92–102. http://journal.wima.ac.id/index.php/teknik/article/view/163

Yusuf, N. M., 2023. Penentuan Rute Distribusi Produk AMDK Menggunakan Pengembangan Algoritma Clarke and Wright Savings di PT SMN. 22(1), 58–66.