1. **Menentukan *Loading Time* dan *Unloading Time***

Data *loading time* diperoleh dari hasil pengamatan proses muat yang dilakukan oleh sopir dan kernet di PT. XYZ di mana berdasarkan hasil pengamatan tersebut diketahui bahwa untuk memuat produk dengan total volume sebesar 2.224.956 cm3 dibutuhkan waktu 11,5 menit. Maka rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses muatper cm3 adalah sebagai berikut:

$$Loading Time= \frac{Waktu Muat (menit)}{Volume Produk yang Dimuat (cm^{3})} x 60 detik$$

$$ = \frac{11,5 menit}{2.224.956 cm^{3}} x 60 detik$$

 $=0,00031 detik/cm^{3}$

Sedangkan data *unloading time* diperoleh berdasarkan hasil pengamatan proses pembongkaran yang dilakukan pada suatu pelanggan yang memiliki volume permintaan sebesar 46.920 cm3. Berdasarkan hasil pengamatan diperoleh bahwa waktu bongkar yang dibutuhkan adalah 0,3 menit, sehingga rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses *unloading* per cm3 adalah sebagai berikut:

$$Unloading Time= \frac{Waktu Bongkar (menit)}{Volume Permintaan Pelanggan (cm^{3})} x 60 detik$$

$$ = \frac{0,3 menit}{46.920 cm^{3}} x 60 detik$$

$$ =0,00037 detik/cm^{3}$$

Setelah memperoleh data *loading time* dan *unloading time* berdasarkan hasil pengamatan, selanjutnya dilakukan perhitungan waktu baku untuk proses *loading* dan *unloading* dengan memberikan kelonggaran atau *allowance* untuk kebutuhan pribadi dan untuk mengatasi kelelahan pada saat sopir dan kernet melakukan proses *loading* dan *unloading*. Untuk memperoleh waktu baku maka terlebih dahulu dilakukan perhitungan waktu normal. Waktu normal diperoleh dengan mengalikan waktu hasil pengamatan dengan faktor penyesuaian. Adapun faktor penyesuaian pada penelitian ini menggunakan metode *Shumard* yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

1. **Faktor Penyesuaian Menurut *Shumard***

|  |  |
| --- | --- |
| **Kelas** | **Penyesuaian** |
| *Superfast* | 100 |
| *Fast* + | 95 |
| *Fast* | 90 |
| *Fast* - | 85 |
| *Excellent* | 80 |
| *Good* + | 75 |
| *Good* | 70 |

|  |  |
| --- | --- |
| **Kelas** | **Penyesuaian** |
| *Good* - | 65 |
| *Normal* | 60 |
| *Fair* + | 55 |
| *Fair* | 50 |
| *Fair* - | 45 |
| *Poor* | 40 |

**Sumber: Sutalaksana dkk, 2006**

Berdasarkan pengamatan diketahui bahwa dalam melakukan proses *loading* dan *unloading* sopir dan kernet dinilai memiliki performansi *good*, maka dengan mengacu pada Tabel 1 dapat dihitung faktor penyesuaian untuk performansi pada kelas *good* adalah:

$$P= \frac{70}{60}=1,17$$

Sehingga dapat dihitung waku normal (Wn) untuk proses *loading* dan *unloading* adalah sebagai berikut:

Wn *Loading Time* = *Loading Time* Hasil Pengamatan x P

= 0,00031$ detik/cm^{3} $x 1,17

 = 0,00036 $detik/cm^{3}$

Wn *Unloading Time* = *Unloading Time* Hasil Pengamatan x P

= 0,00037$ detik/cm^{3}$x 1,17

 = 0,00043 $detik/cm^{3}$

Setelah mendapatkan waktu normal, selanjutnya dilakukan perhitungan waktu baku dengan menambahkan faktor kelonggaran atau *allowance*. Adapun nilai kelonggaran yang diberikan untuk proses *loading* dan *unloading* dapat dilihat pada Tabel 2.

1. **Faktor Kelonggaran untuk Proses *Loading* dan *Unloading***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Faktor** | **Keterangan** | **Kelonggaran****(%)** |
| Kebutuhan Pribadi | Minum, buang air, bercakap-cakap | 2 |
| Tenaga yang Dikeluarkan | Berat | 15 |
| Sikap Kerja | Berdiri di atas dua kaki | 2 |
| Gerakan Kerja | Sulit | 3 |
| Kelelahan Mata | Pandangan yang terputus-putus dengan pencahayaan baik | 2 |
| Keadaan Suhu Tempat Kerja | Normal | 3 |
| Keadaan Atmosfer | Baik | 0 |
| Keadaan Lingkungan yang Baik | Siklus kerja berulang-ulang antara 5-10 detik | 1 |
| **Total** | **28** |

**Sumber: Sutalaksana dkk, 2006**

Sehingga dapat dihitung waku baku (Wb) untuk proses *loading* dan *unloading* adalah sebagai berikut:

$$Wb Loading Time =Wn Loading Time×(1+Faktor Kelonggaran)$$

$$ =0,00036 detik/cm^{3}×(1+28\%)$$

 = 0,00046$ detik/cm^{3}$

$$Wb Unloading Time =Wn Unloading Time×(1+Faktor Kelonggaran)$$

$$ =0,00043 detik/cm^{3}×(1+28\%)$$

 = 0,00055$ detik/cm^{3}$

1. **Mengidentifikasi Matriks Jarak**

Contoh pengambilan data jarak menggunakan *google maps* dapat dilihat pada Gambar 1 di mana pada contoh tersebut diperoleh bahwa jarak antara Swalayan Ami dengan Pasar Buah 88 adalah sebesar 14,1 km.



1. **Contoh Pengambilan Data Jarak**

**Sumber: *Google Maps*, 2020**

Adapun rekapitulasi data jarak antara gudang ke pelanggan dan jarak antar pelanggan disajikan dalam bentuk matriks jarak yang dapat dilihat pada berikut.

1. **Matriks Jarak (km)**

 **Sumber: Pengumpulan Data, 2020**

**Tabel 3. Matriks Jarak (km) (Lanjutan)**



**Sumber: Pengumpulan Data, 2020**

**Tabel 3. Matriks Jarak (km) (Lanjutan)**



**Sumber: Pengumpulan Data, 2020**

1. **Menentukan Rute Pendistribusian Produk Menggunakan Metode *Clarke and Wright Saving Heuristic***

Berikut adalah langkah-langkah penentuan rute distribusi menggunakan algoritma *Clarke and Wright Saving Heuristic*.

1. Menghitung nilai penghematan jarak menggunakan rumus:

$$Sab=Coa+Cbo-Cab$$

Dimana:

Coa : Jarak dari gudang ke pelanggan a

Cbo : Jarak dari pelanggan b ke gudang

Sab : Nilai penghematan jarak antara pelanggan a dan pelanggan b

Contoh Perhitungan:

1. S1,2 = (C0,1 + C2,0) - C1,2

 = (7,3 + 8,2) – 3,5

 = 12 km

Artinya nilai penghematan yang diperoleh antara pelanggan1 dan 2 adalah sebesar 12 km.

1. S1,3 = (C0,1 + C3,0) - C1,3

 = (7,3 + 8,7) – 1,8

 = 14,2 km

Artinya nilai penghematan yang diperoleh antara pelanggan1 dan 3 adalah sebesar 14,2 km.

1. S2,3 = (C0,2 + C3,0) - C2,3

 = (8,2 + 8,7) – 2,9

 = 14 km

Artinya nilai penghematan yang diperoleh antara pelanggan2 dan 3 adalah sebesar 14 km.

Selanjutnya rekapitulasi hasil perhitungan nilai penghematan jarak dapat dilihat pada tabel matriks penghematan berikut ini.

1. **Matriks Penghematan (km)**



**Sumber: Pengolahan Data, 2020**

**Tabel 4. Matriks Penghematan (km) (Lanjutan)**



**Sumber: Pengolahan Data, 2020**

**Tabel 4. Matriks Penghematan (km) (Lanjutan)**



**Sumber: Pengolahan Data, 2020**

1. Setelah melakukan perhitungan nilai penghematan jarak maka selanjutnya dilakukan penggabungan pelanggan berdasarkan urutan nilai penghematan jarak dari yang terbesar hingga yang terkecil untuk membentuk rute. Urutan pelanggan diperoleh dengan melakukan iterasi matriks di mana apabila nilai penghematan jarak terbesar berada di antara pelanggan adan bmaka baris adan kolom bdicoret, kemudian pelanggan a dan bdigabungkan dalam suatu rute dan begitu seterusnya hingga tidak ada lagi nilai penghematan yang dapat dipilih. Dalam melakukan penggabungan pelanggan kapasitas kendaraan dan kapasitas waktu tidak boleh melebihi kapasitas muat maksimal kendaraan dan waktu kerja sopir dan kernet.

Berikut adalah langkah-langkah penggabungan pelanggan dengan iterasi matriks.

1. Iterasi 1

Pada iterasi 1 dipilih nilai penghematan jarak terbesar pertama yaitu 35,1 yang berada di antara pelanggan 21 dan 15 sehingga terbentuk rute 1 yaitu 0-21-15. Penggabungan ini dapat dilihat pada Tabel 5.

1. **Iterasi 1**



**Sumber: Pengolahan Data, 2020**

**Tabel 5. Iterasi 1 (Lanjutan)**



**Sumber: Pengolahan Data, 2020**

**Tabel 5. Iterasi 1 (Lanjutan)**



**Sumber: Pengolahan Data, 2020**

Selanjutnya dilakukan uji kelayakan rute sebagai berikut:

* Total Volume Permintaan = Volume Permintaan Pelanggan 21

 + Volume Permintaan Pelanggan

 15

 = 293.931,25 cm3 + 813.444,25 cm3

 = 1.107.375,5 cm3

* Total Waktu Penyelesaian

$$Waktu Perjalanan = \frac{Jarak Tempuh}{Kecepatan Kendaraan} x 60 menit$$

$$= \frac{\left(19,3+2,2\right) km}{40 km/jam} x 60 menit$$

$$= 32,25 menit$$

*Loading Time*  = *Loading Time* x Total Volume Permintaan

= 0,00046 detik/cm3 x 1.107.375,28 cm3

= 509,39 detik ≈ 8,49 menit

*Unloading Time* = *Unloading Time* x Total Volume Permintaan

 = 0,00055 detik/cm3 x 1.107.375,28 cm3

 = 609,06 detik ≈ 10,15 menit

Waktu Transaksi = Jumlah Pelanggan x 5 menit

 = 2 x 5 menit

 = 10 menit

Total Waktu Penyelesaian = (32,25 + 8,49 + 10,15 + 10) menit

 = 60,89 menit

* Total volume permintaan < 5.430.888 cm3 dan total waktu penyelesaian < 420 menit, maka penggabungan rute layak.
1. Iterasi 2

Pada iterasi 2 dipilih nilai penghematan jarak terbesar selanjutnya yaitu 31,2 yang berada di antara pelanggan 32 dan 16 sehingga terbentuk rute 1 yaitu 0-21-15-32-16. Penggabungan ini dapat dilihat pada Tabel 6.

1. **Iterasi 2**



**Sumber: Pengolahan Data, 2020**

**Tabel 6. Iterasi 2 (Lanjutan)**



**Sumber: Pengolahan Data, 2020**

**Tabel 6. Iterasi 2 (Lanjutan)**



**Sumber: Pengolahan Data, 2020**

Selanjutnya dilakukan uji kelayakan rute sebagai berikut:

* Total Volume Permintaan = 293.931,25 cm3 + 813.444,25 cm3

 + 87.245,5 cm3 + 1.115.850,5 cm3

 = 2.310.471,5 cm3

* Total Waktu Penyelesaian

$$Waktu Perjalanan = \frac{Jarak Tempuh}{Kecepatan Kendaraan} x 60 menit$$

$$= \frac{\left(19,3+2,2+5,8+0,4\right) km}{40 km/jam} x 60 menit$$

$$= 41,55 menit$$

*Loading Time*  = *Loading Time* x Total Volume Permintaan

= 0,00046 detik/cm3 x 2.310.471,5 cm3

= 1.062,82 detik ≈ 17,71 menit

*Unloading Time* = *Unloading Time* x Total Volume Permintaan

 = 0,00055 detik/cm3 x 2.310.471,5 cm3

 = 1.270,76 detik ≈ 21,18 menit

Waktu Transaksi = Jumlah Pelanggan x 5 menit

 = 4 x 5 menit

 = 20 menit

Total Waktu Penyelesaian = (41,55 + 17,71 + 21,18 + 20) menit

 = 100,44 menit

* Total volume permintaan < 5.430.888 cm3 dan total waktu penyelesaian < 420 menit, maka rute layak.

Pada iterasi berikutnya dilakukan seperti langkah a dan b di atas hingga tidak ada lagi nilai penghematan jarak yang dapat dipilih.

Pada penelitian ini penggabungan pelanggan untuk penentuan rute dilakukan melalui 2 percobaan sebagai berikut.

* **Penggabungan Pelanggan dengan Memaksimalkan Kapasitas Muat Kendaraan**
1. **Rekapitulasi Penggabungan Pelanggan dengan Memaksimalkan Kapasitas Muat Kendaraan**



**Sumber: Pengolahan Data, 2020**

**Tabel 7. Rekapitulasi Penggabungan Pelanggan dengan Memaksimalkan Kapasitas Muat Kendaraan (Lanjutan)**



**Sumber: Pengolahan Data, 2020**

1. **Rekapitulasi Hasil Penentuan Rute Menggunakan Metode *Clarke and Wright Saving Heuristic* dengan Memaksimalkan Kapasitas Muat Kendaraan**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tur** | **Rute** | **Total Jarak Tempuh****(km)** | **Total Waktu Penyelesaian (Menit)** |
| 1 | 0-21-15-32-16-34-4-40-36-7-24-5-33-27-9-30-23-25-19-3-2-1-0 | 106,8 | 355,96 |
| 2 | 0-29-17-37-14-20-18-12-10-26-6-13-39-22-28-8-0 | 68,55 | 265,9 |
| 3 | 0-38-11-35-31-0 | 14,8 | 58,47 |
| **Total** | **190,18** | **680,37** |

**Sumber: Pengolahan Data, 2020**

* **Penggabungan Pelanggan dengan Menyeimbangkan Total Jarak Tempuh**
1. **Rekapitulasi Penggabungan Pelanggan dengan Menyeimbangkan Total Jarak Tempuh**



**Sumber: Pengolahan Data, 2020**

**Tabel 9. Rekapitulasi Penggabungan Pelanggan dengan Menyeimbangkan Total Jarak Tempuh (Lanjutan)**



**Sumber: Pengolahan Data, 2020**

1. **Rekapitulasi Hasil Penentuan Rute Menggunakan Metode *Clarke and Wright Saving Heuristic* dengan Menyeimbangkan Total Jarak Tempuh**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tur** | **Rute** | **Total Jarak Tempuh****(km)** | **Total Waktu Penyelesaian (Menit)** |
| 1 | 0-21-15-32-16-34-4-40-36-7-24-5-0 | 67 | 214,58 |
| 2 | 0-33-27-9-30-23-29-17-37-25-19-14-3-0 | 60,43 | 219,06 |
| 3 | 0-2-20-18-12-10-1-26-6-13-39-22-28-38-11-8-35-31-0 | 59,85 | 242,39 |
| **Total** | **187,28** | **676,02** |

**Sumber: Pengolahan Data, 2020**

Oleh karena tujuan dari penelitian ini adalah meminimasi jarak dan waktu untuk memperoleh biaya distribusi yang minimal, maka rute yang dipilih adalah hasil penentuan rute menggunakan metode *Clarke and Wright Saving Heuristic* dengan menyeimbangkan total jarak tempuh dikarenakan memiliki total jarak tempuh dan total waktu penyelesaian yang lebih kecil dibandingkan hasil penentuan rute menggunakan metode *Clarke and Wright Saving Heuristic* dengan memaksimalkan kapasitas muat maksimal kendaraan.

1. **Menentukan Rute Pendistribusian Produk Menggunakan Metode *Nearest Neighbour***

Adapun langkah-langkah penentuan rute pendistribusian produk menggunakan algoritma *Nearest Neighbour* adalah sebagai berikut:

1. Menjadikan gudang sebagai titik awal.
2. Mencari pelanggan yang memiliki jarak terpendek dari gudang. Berdasarkan matriks jarak pada Tabel 3 diperoleh bahwa pelanggan yang memiliki jarak terpendek dari gudang adalah pelanggan nomor 31 dengan jarak 3,6 km. Kemudian dilakukan uji kelayakan rute sebagai berikut:
* Total Volume Permintaan = 269.693,5 cm3
* Total Waktu Penyelesaian

$$Waktu Perjalanan = \frac{Jarak Tempuh}{Kecepatan Kendaraan} x 60 menit$$

$$= \frac{3,6 km}{40 km/jam} x 60 menit$$

$$= 5,4 menit$$

*Loading Time*  = *Loading Time* x Total Volume Permintaan

 = 0,00046 detik/cm3 x 269.693,5 cm3

 = 124,06 detik ≈ 2,07 menit

*Unloading Time* = *Unloading Time* x Total Volume Permintaan

 = 0,00055 detik/cm3 x 269.693,5 cm3

 = 148,33 detik ≈ 2,47 menit

Waktu Transaksi = Jumlah Pelanggan x 5 menit

 = 1 x 5 menit

 = 5 menit

Total Waktu Penyelesaian = (5,4 + 2,07 + 2,47 + 5) menit

 = 14,94 menit

* Total volume permintaan < 5.430.888 cm3 dan total waktu penyelesaian < 420 menit, maka rute layak.

3) Mencari pelanggan yang memiliki jarak terpendek dari pelanggan sebelumnya. Berdasarkan matriks jarak pada Tabel 3 diperoleh bahwa pelanggan yang memiliki jarak terpendek dari pelanggan nomor 31 adalah pelanggan nomor 35 dengan jarak 1 km. Kemudian dilakukan uji kelayakan rute sebagai berikut:

* Total Volume Permintaan = 269.693,5 + 108.792,25

 = 378.485,75 cm3

* Total Waktu Penyelesaian

$$Waktu Perjalanan = \frac{Jarak Tempuh}{Kecepatan Kendaraan} x 60 menit$$

$$= \frac{3,6+1 km}{40 km/jam} x 60 menit$$

$$= 6,9 menit$$

*Loading Time*  = *Loading Time* x Total Volume Permintaan

 = 0,00046 detik/cm3 x 378.485,75 cm3

 = 174,1 detik ≈ 2,9 menit

*Unloading Time* = *Unloading Time* x Total Volume Permintaan

 = 0,00055 detik/cm3 x 378.485,75 cm3

 = 208,17 detik ≈ 3,47 menit

Waktu Transaksi = Jumlah Pelanggan x 5 menit

 = 1 x 5 menit

 = 5 menit

Total Waktu Penyelesaian = (6,9 + 2,9 + 3,47 + 10) menit

 = 23,27 menit

* Total volume permintaan < 5.430.888 cm3 dan total waktu penyelesaian < 420 menit, maka rute layak.

Selanjutnya ulangi kembali langkah 3 lalu lakukan penggabungan pelanggan dalam rute. Adapun pada penelitian ini penggabungan pelanggan dilakukan dengan 2 percobaan sebagai berikut.

* **Penggabungan Pelanggan dengan Memaksimalkan Kapasitas Muat Kendaraan**
1. **Rekapitulasi Penggabungan Pelanggan dengan Memaksimalkan Kapasitas Muat Kendaraan**



**Sumber: Pengolahan Data, 2020**

**Tabel 11. Rekapitulasi Penggabungan Pelanggan dengan Memaksimalkan Kapasitas Muat Kendaraan (Lanjutan)**



**Sumber: Pengolahan Data, 2020**

1. **Rekapitulasi Hasil Penentuan Rute Menggunakan Metode *Nearest Neighbour* dengan Memaksimalkan Kapasitas Muat Kendaraan**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tur** | **Rute** | **Total Jarak Tempuh****(km)** | **Total Waktu Penyelesaian (Menit)** |
| 1 | 0-31-35-38-11-8-22-39-6-2-37-29-17-14-3-13-26-1-25-0 | 37,6 | 237,56 |
| 2 | 0-28-9-27-30-33-23-36-5-4-32-16-34-40-7-15-21-24-19-18-0 | 65,74 | 283,2 |
| 3 | 0-20-10-12-0 | 21,6 | 61,67 |
| **Total** | **124,89** | **582,43** |

**Sumber: Pengolahan Data, 2020**

* **Penggabungan Pelanggan dengan Menyeimbangkan Total Jarak Tempuh**
1. **Rekapitulasi Penggabungan Pelanggan dengan Menyeimbangkan Total Jarak Tempuh**



**Sumber: Pengolahan Data, 2020**

**Tabel 13. Rekapitulasi Penggabungan Pelanggan dengan Menyeimbangkan Total Jarak Tempuh (Lanjutan)**



**Sumber: Pengolahan Data, 2020**

1. **Rekapitulasi Hasil Penentuan Rute Menggunakan Metode *Nearest Neighbour* dengan Menyeimbangkan Total Jarak Tempuh**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tur** | **Rute** | **Total Jarak Tempuh****(km)** | **Total Waktu Penyelesaian (Menit)** |
| 1 | 0-31-35-38-11-8-22-39-6-2-37-29-17-14-3-13-26-1-25-0 | 37,6 | 237,56 |
| 2 | 0-28-9-27-30-33-23-36-5-4-32-16-34-40-7-15-0 | 54,94 | 223,85 |
| 3 | 0-20-18-10-12-19-24-21-0 | 54,6 | 154,39 |
| **Total** | **147,14** | **615,81** |

**Sumber: Pengolahan Data, 2020**

Pada tahap ini rute yang dipilih adalah hasil penentuan rute menggunakan metode *Nearest Neighbour* dengan memaksimalkan kapasitas muat kendaraan dikarenakan memiliki total jarak tempuh dan total waktu penyelesaian yang lebih kecil dibandingkan hasil penentuan rute menggunakan metode *Nearest Neighbour* dengan menyeimbangkan total jarak tempuh.