

Determination of the Shortest Route for Inorganic Waste Transportation Using the Clarke and Wright Saving Algorithm

Penentuan Rute Terpendek Pengangkutan Sampah Anorganik Menggunakan Algoritma Clarke and Wright Saving

Vira Luthfiati Az-Zahra^{1*}, Muchammad Fauzi¹

Abstract

Piles of inorganic waste in Margasari Village, Bandung City, were recorded at 5,556.5 kg/day on average. Waste management at RW 01, 09, 11 and 14 has been carried out, but it is still not optimal because there is no garbage pickup route, this study purpose to produce an optimal route because it will have an impact on the distance traveled, completion time, transportation costs and exhaust emissions a vehicle. The method used is Clarke and Wright Saving. Transportation of inorganic waste is carried out once a week with the average volume of waste is 338 kg. Based on the results of the route research obtained, the route from Bank Sampah Bersinar → RW 11 → RW 14 → RW 09 → RW 01 → Bank Sampah Bersinar, the total distance is 24.6 km and the total completion time is 186.9 minutes. The route and distance show a total exhaust emission of CO 0,002792 ton/year; HC 0,000197 ton/year; NO_x 0,000135 ton/year.. The transportation costs spend by the Bank Sampah Bersinar if one pick-up is 24.6 km away is IDR 984,000/year.

Keywords

Clarke and Wright Saving, Inorganic Waste, Vehicle Exhaust Emissions

Abstrak

Tumpukan sampah anorganik di Kelurahan Margasari Kota Bandung tercatat rata-rata sebesar 5.556,5 kg/hari. Pengelolaan sampah pada RW 01, 09, 11, dan 14 telah dilakukan, tetapi masih belum optimal karena belum adanya rute penjemputan sampah, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan rute yang optimal karena akan berdampak pada jarak tempuh, waktu penyelesaian, biaya transportasi dan emisi gas buang sebuah kendaraan. Metode yang dipakai adalah *Clarke and Wright Saving*. Pengangkutan sampah anorganik dilakukan sebanyak satu kali dalam seminggu dengan rata-rata volume sampah adalah 338 kg. Berdasarkan hasil penelitian rute yang didapat yaitu Bank Sampah Bersinar → RW 11 → RW 14 → RW 09 → RW 01 → Bank Sampah Bersinar, total jarak tempuh yaitu 24,6 km dan total waktu penyelesaian selama 186,9 menit. Pada rute dan jarak tersebut menunjukkan total emisi gas buang CO 0,002792 ton/tahun; HC 0,000197 ton/tahun; NO_x 0,000135 ton/tahun.. Biaya transportasi yang dikeluarkan oleh Bank Sampah Bersinar jika sekali penjemputan sejauh 24,6 km sebesar Rp 984.000/tahun.

Kata Kunci

Clarke and Wright Saving, Sampah Anorganik, Emisi Gas Buang Kendaraan.

¹ *Industrial Engineering Department, Widyatama University*

Widyatama University, Bandung, Jawa Barat

* viraluthfia18@gmail.com

Submitted : February 02, 2023. Accepted : February 27, 2023. Published : March 03, 2023.

PENDAHULUAN

Masyarakat selalu menghasilkan sampah, termasuk jenis sampah organik, anorganik, maupun bahan berbahaya namun mereka tidak menyadarinya. Sampah merupakan bahan yang dibuang atau dibuang akibat aktivitas manusia yang belum memiliki nilai ekonomis[1]. Kota Bandung, yang saat ini telah berkembang pesat tidak terlepas dari permasalahan sampah yang menuntut penanganan secara serius[2]. Kota Bandung memproduksi 1.500 ton sampah per hari, jika dianalogikan dalam satu lapangan sepak bola akan penuh dengan sampah dengan ketinggian sampah setinggi 75 sentimeter[3]. Upaya untuk mengurangi penumpukan sampah tersebut, maka diperlukan alat transportasi sebagai penunjang pengangkutan sampah agar mudah dipindahkan ke tempat tujuan.

Transportasi berkaitan dengan masalah pendistribusian komoditas atau produk dari berbagai sumber (pasokan) ke berbagai tujuan (*destination, demand*) dengan tujuan meminimalkan biaya transportasi. Masalah umum dalam transportasi adalah perencanaan rute untuk kendaraan atau orang untuk melakukan perjalanan dari titik keberangkatan ke suatu lokasi yang dituju. Salah satu cara untuk mengoptimalkan rute kendaraan yang juga berdampak pada minimasi biaya pengangkutan sampah adalah dengan menggunakan rute kendaraan yang optimal[4]. Penentuan rute pemindahan sampah akan mempengaruhi biaya Bahan Bakar Minyak (BBM) yang digunakan. Transportasi memiliki pengaruh signifikan terhadap emisi karbondioksida[5]. Pembakaran kendaraan bermotor pada umumnya memiliki dampak negatif terhadap lingkungan. Dampak negatif tersebut dihasilkan oleh emisi gas buang yang dapat merusak lingkungan baik tumbuhan, air dan hewan, maupun kehidupan manusia dengan menimbulkan berbagai penyakit.

Kelurahan Margasari, Kecamatan Buah Batu, Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia yang beralamat di Jalan Cipagalo Girang No. 9 tercatat masih adanya tumpukan sampah anorganik sebesar rata-rata 556,5 kg/hari[3]. Pengelolaan sampah anorganik telah dilakukan khususnya pada RW 01, 09, 11, dan 14 tetapi belum optimal karena belum adanya rute penjemputan sampah, maka dari itu diperlukan penentuan rute untuk menghasilkan rute yang optimal karena berdampak pada jarak tempuh, waktu penyelesaian, biaya transportasi dan emisi gas sebuah kendaraan. Rute yang panjang dan penggunaan kendaraan yang cukup banyak akan dapat memperbesar biaya transportasi[6].

Penelitian terdahulu menggunakan Algoritma *Clarke and Wright Saving* pada penelitian optimalisasi rute di CV Sinar Sentosa menghasilkan efisiensi jarak distribusi sebesar 64,79% dan menghemat biaya bahan bakar dari Rp 296.894 menjadi Rp 104.519[7]. Kebaharuan dari penelitian ini yaitu mencari rute optimal dan menghitung emisi gas buang pada rute yang telah ditentukan untuk pengangkutan sampah di RW 01, 09, 11, dan 14 Kelurahan Margasari, Bandung karena pemilihan rute yang optimal dapat berdampak pada penghematan energi bahan bakar dan pembakaran emisi gas yang dihasilkan dari pengangkutan sampah[8].

Berdasarkan permasalahan di atas, maka perlu ditentukan jalur atau rute pengangkutan sampah anorganik yang bertujuan untuk mengoptimalkan kapasitas kendaraan, jarak, waktu, biaya angkut, dan emisi gas buang di Kelurahan Margasari dengan menggunakan Algoritma *Clarke and Wright Saving*, karena Algoritma *Clarke and Wright Saving* mencari lokasi pelanggan selanjutnya dengan memperhitungkan penghematan jarak yang muncul dari penggabungan dua pelanggan atau lebih ke dalam sebuah rute dengan memperhatikan kapasitas kendaraan [9].

Distribusi

Distribusi merupakan kegiatan pemasaran yang berusaha memperlancar dan mempermudah penyampaian barang dan jasa dari produsen kepada konsumen, sehingga

penggunaannya sesuai dengan yang diperlukan (jenis, jumlah, harga, tempat, dan saat dibutuhkan) [10].

Sampah Anorganik

Sampah anorganik adalah sampah yang sudah tidak dipakai lagi dan sulit terurai. Sampah anorganik yang tertimbun di tanah dapat menyebabkan pencemaran tanah karena sampah anorganik tergolong zat yang sulit terurai dan sampah itu akan tertimbun dalam tanah dalam waktu lama, ini menyebabkan rusaknya lapisan tanah [11].

Emisi Gas Buang

Gas buang adalah sisa dari proses pembakaran bahan bakar atau mesin, mesin jet, yang dibuang melalui sistem pembuangan mesin. Sisa dari proses pembakaran menghasilkan air (H_2O), gas CO dikenal juga sebagai karbon monoksida, CO_2 atau karbon dioksida, merupakan gas rumah kaca, NO_x termasuk nitrogen oksida, HC dalam bentuk Senyawa terhidrasi dari arang adalah hasil ketidaksempurnaan dalam proses pembakaran dan partikel bebas [12]. Emisi kendaraan bermotor mengandung gas karbon dioksida (CO_2), nitrogen oksida (NO_x), karbon monoksida (CO), *volatile hydro carbon* (VHC), dan partikel lain yang berdampak negatif pada manusia ataupun lingkungan bila melebihi ambang konsentrasi tertentu. Selanjutnya, opasitas adalah kandungan dari sisa pembakaran yang berbahaya jika dilepas ke lingkungan sehingga perlu diminimalisir dampaknya [13]. Perhitungan beban emisi dari kendaraan bermotor terdapat pada persamaan 1.

$$E = f \times VKT \times F_e \times 10^{-6} \quad (1)$$

Dimana:

E = Beban Emisi (kg/km.unit)

f = Volume Kendaraan (kendaraan/tahun)

VKT = Panjang Perjalanan (km/tahun)

F_e = Faktor Emisi (g/km.unit)

Tabel 1 merupakan faktor emisi gas buang kendaraan bermotor berbahan bakar bensin dengan reference mass lebih dari 1.760 kg.

Tabel 1. Nilai Faktor Emisi Gas Buang Kendaraan [8]

| Parameter Gas Buang | CO (g/km) | HC (g/km) | NOx (g/km) |
|---------------------|-----------|-----------|------------|
| Faktor Emisi | 2,27 | 0,16 | 0,11 |

Metode Clarke and Wright Savings

Metode penghematan *Clarke and Wright* merupakan suatu metode yang ditemukan oleh *Clarke and wright* pada tahun 1964 yang kemudian dipublikasikan sebagai algoritma yang digunakan sebagai solusi untuk permasalahan rute kendaraan dimana sekumpulan rute pada setiap langkah ditukar untuk mendapatkan sekumpulan rute yang lebih baik [14]. Penentuan rute penjemputan sampah menggunakan metode *Clarke and Wright Savings* berdasarkan contoh perhitungan sebagai berikut:

Untuk mendapatkan nilai S_{ij} menggunakan rumus pada persamaan 2.

$$S_{ij} = C_{0i} + C_{0j} - C_{ij} \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, n + 1 \text{ dan } j = i + 1, \dots, n. \quad (2)$$

Keterangan:

S_{ij} = Nilai penghematan jarak dari *node* i ke *node* j

C_{0i} = Jarak dari depot ke *node* i

C_{0j} = Jarak dari depot ke *node* j

C_{ij} = Jarak dari *node* i ke *node* j

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di RW 11, RW 14, RW 09 dan RW 01 Kelurahan Margasari, Kecamatan Buah Batu, Kota Bandung. Penelitian ini dilakukan untuk menemukan solusi dalam permasalahan rute pengangkutan sampah bagi RW 11, RW 14, RW 09 dan RW 01 yang dilakukan oleh Bank Sampah Bersinar sebagai mitra. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dalam bentuk penjelasan yang bertujuan untuk mendeskripsikan fakta dan karakteristik objek tertentu secara sistematis, faktual dan tepat, kemudian menerapkan metode perbaikan yang diterapkan pada Kelurahan Margasari. Objek yang diteliti adalah proses pengangkutan sampah anorganik pada RW 11, RW 14, RW 09 dan RW 01 Kelurahan Margasari, Kecamatan Buah Batu, Kota Bandung. Pengumpulan data dilakukan melalui penelitian langsung dan penelaahan terhadap data historis pengangkutan sampah anorganik di RW tersebut. Data yang dikumpulkan yaitu: data volume pengangkutan sampah, kapasitas kendaraan, waktu *loading* dan jam kerja operasional. Kendaraan yang digunakan untuk mengangkut sampah adalah mobil grand max *pick up* dengan kapasitas angkut sebesar 900 kg[15].

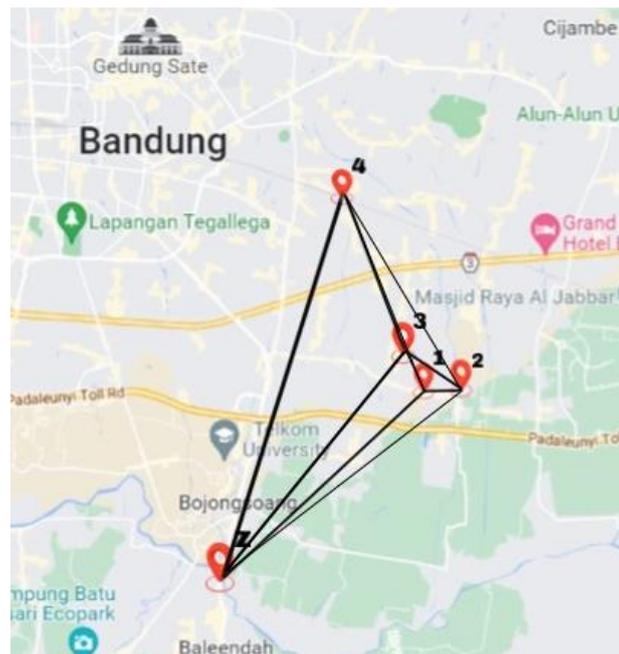
Data RW yang dipilih berdasarkan jadwal penjemputan sampah anorganik pada hari jumat oleh Bank Sampah Bersinar. Penjemputan sampah dilakukan sebanyak seminggu sekali sehingga rata-rata volume sampah anorganik dalam sekali pengangkutan dari RW 11, 14, 09,01 sampai ke Bank Sampah Bersinar adalah 338 kg.

Tabel 2 merupakan data penjemputan sampah dari origin yaitu Bank Sampah Bersinar ke RW 11, 14, 09 dan 01 Kelurahan Margasari, Bandung.

Tabel 2. Data Penjemputan Sampah

| Kode | Lokasi penjemputan sampah | Alamat | Volume Sampah (Kg) | Waktu Loading Sampah (Menit) |
|------|---------------------------|----------------------------|--------------------|------------------------------|
| Z | Bank Sampah Bersinar | Jalan Terusan Bojong Soang | - | - |
| 1 | RW 11 | Komplek Megabrata | 68 | 30 |
| 2 | RW 14 | Jalan Pluto Raya | 80 | 36 |
| 3 | RW 09 | Jalan Margaluyu No 174 | 113 | 50 |
| 4 | RW 01 | Jalan Kiara Asri Raya | 77 | 34 |

Gambar 1 adalah peta penjemputan sampah anorganik di Kelurahan Margasari, Bandung dengan 4 unit bank sampah yaitu RW 11, RW 14, RW 09 dan RW 01.



Gambar 1. Peta Penjemputan Sampah Anorganik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Matriks Jarak

Tabel 3 menunjukkan jarak penjemputan sampah antar unit di Kelurahan Margasari, Bandung dengan kode 1, 2, 3, 4 dan z berupa origin yaitu Bank Sampah Bersinar. Tabel ini digunakan untuk melakukan penentuan rute penjemputan sampah terbaik dengan menentukan jarak dari unit bank sampah yang akan dituju oleh Bank Sampah Bersinar.

Tabel 3. Tabel Jarak Antar Unit Bank Sampah

| Kode (km) | z | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------|---|-----|-----|-----|-----|
| Z | 0 | 7,4 | 8,4 | 7,5 | 9,3 |
| 1 | | 0 | 1 | 1 | 5,6 |
| 2 | | | 0 | 1,9 | 4,8 |
| 3 | | | | 0 | 5 |
| 4 | | | | | 0 |

Matriks Penghematan Clarke and Wright Savings

Penentuan rute penjemputan sampah menggunakan metode *Clarke and Wright Savings* dengan perhitungan sebagai berikut:

a. Untuk $i = 1$

- $J = 2$, maka $S_{12} = C_{10} + C_{02} - C_{12} = 7,4 + 8,4 - 1 = 14,8$
- $J = 3$, maka $S_{13} = C_{10} + C_{03} - C_{13} = 7,4 + 7,5 - 1 = 13,9$
- $J = 4$, maka $S_{14} = C_{10} + C_{04} - C_{14} = 7,4 + 9,5 - 5,6 = 11,3$

b. Untuk $i = 2$

- $J = 3$, maka $S_{23} = C_{20} + C_{03} - C_{23} = 8,4 + 7,5 - 1,9 = 14$
- $J = 4$, maka $S_{24} = C_{20} + C_{04} - C_{24} = 8,4 + 9,3 - 4,8 = 12,9$

c. Untuk $i = 3$

- $J = 5$, maka $S_{34} = C_{30} + C_{04} - C_{34} = 7,5 + 9,3 - 5 = 11,8$

Apabila telah melakukan perhitungan untuk mengisi tabel *saving*, langkah berikutnya adalah mengurutkan nilai *saving* dari nilai tertinggi hingga nilai terendah. Hasil pengurutan rute menurut penghematan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Saving dari Tertinggi hingga Terendah

| Iterasi | Ij | Sij (km) |
|---------|-----|----------|
| 1 | 1-2 | 14,8 |
| 2 | 2-3 | 14 |
| 3 | 1-3 | 13,9 |
| 4 | 2-4 | 12,9 |
| 5 | 3-4 | 11,8 |
| 6 | 1-4 | 11,3 |

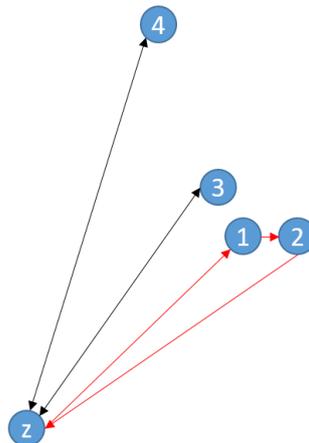
Nilai *saving* tertinggi yaitu 1-2 dengan jarak 14,8 Km, sedangkan nilai *saving* terendah yaitu 1-4 dengan jarak 11,3 Km.

Iterasi 1

Langkah untuk menentukan RW pertama dengan memilih kombinasi RW yang memiliki nilai *saving* tertinggi. Nilai *saving* tertinggi pertama senilai 14,8 Km adalah (1-2) maka busur (1-2) pada graf dapat digabung.

Kapasitas > Permintaan
 900 Kg > 68 kg + 80 kg
 900 Kg > 148 kg (memenuhi)

Berdasarkan Gambar 2. diperoleh rute pengangkutan sampah anorganik adalah Z-1-2-Z dengan kapasitas angkut sebesar 148 kg dan armada untuk mengangkut sampah memiliki kapasitas 900 kg sehingga iterasi ini diterima.



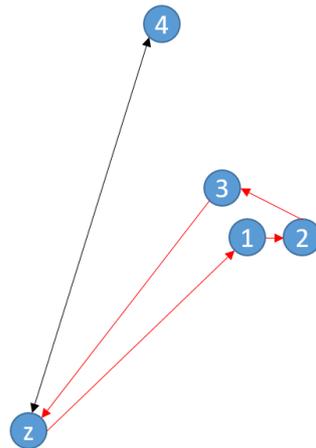
Gambar 2. Iterasi 1

Iterasi 2

Memilih RW kedua berdasarkan kombinasi RW pada iterasi 1 dengan nilai *saving* tertinggi. Nilai *saving* tertinggi adalah (2-3) maka busur (2-3) dapat digabung.

Kapasitas > Permintaan
 900 kg > 68 kg + 80 kg + 113 kg
 900 kg > 261 kg (memenuhi)

Berdasarkan Gambar 3 diperoleh rute pengangkutan sampah anorganik adalah Z-1-2-3-Z dengan kapasitas angkut sebesar 261 kg dan armada untuk mengangkut sampah memiliki kapasitas 900 kg sehingga iterasi ini diterima.



Gambar 3. Iterasi 2

Iterasi 3

Nilai *saving* tertinggi ketiga yaitu (1-3) dan busur (1-3) pada graf sudah digabung.

Iterasi 4

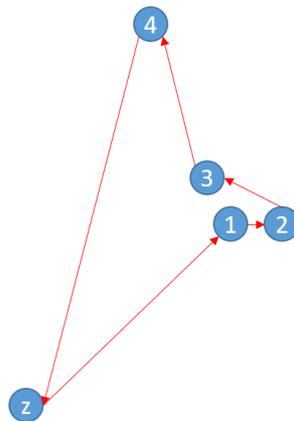
Nilai *saving* tertinggi keempat yaitu (2-4) maka busur (2-4) pada graf dapat digabung.

Kapasitas > Permintaan

900 kg > 68 kg + 80 kg + 113 kg + 77 kg

900 kg > 338 kg (memenuhi)

Berdasarkan Gambar 4 diperoleh rute pengangkutan sampah anorganik adalah Z-1-2-3-4-Z dengan kapasitas angkut sebesar 338 kg dan armada untuk mengangkut sampah memiliki kapasitas 900 kg sehingga iterasi ini diterima.



Gambar 4. Iterasi 4

Semua penjemputan sampah anorganik yang akan diangkut dari RW telah terpenuhi. Jarak tempuh optimal perjalanan berawal dari Bank Sampah Bersinar dan berakhir ke Bank Sampah Bersinar menggunakan *Algoritma Clarke Wright* adalah (Z-1-2-3-4-Z) = 24,6 Km.

Rute Pendistribusian

Iterasi matriks *saving* telah selesai dilakukan sehingga mendapatkan rute pengangkutan sampah dengan jarak yang optimal. Penentuan rute memperhitungkan kapasitas angkut kendaraan dari sisi kapasitas angkut dan berat selanjutnya mengurutkan unit bank sampah didalam rute perjalanan dengan memilih unit bank sampah yang paling dekat dengan unit bank sampah pertama yang telah dilakukan penjemputan sampah.

Total waktu penyelesaian = Waktu perjalanan + waktu loading

$$\text{Waktu perjalanan} = \frac{\text{Total jarak tempuh}}{\text{Kecepatan kendaraan}} \times 60 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu perjalanan} = \frac{24,6 \text{ km}}{40 \text{ km/jam}} \times 60 \text{ menit} = 36,9 \text{ menit}$$

$$\text{Total waktu penyelesaian} = 36,9 \text{ menit} + 150 \text{ menit} = 186,9 \text{ menit}$$

Hasil rekapitulasi menggunakan metode *Clarke and Wright Saving* dengan rute Z-1-2-3-4-Z dan total jarak yang ditempuh 24,6 km membutuhkan waktu penyelesaian selama 186,9 menit.

Analisis Emisi Gas Buang dan Biaya Transportasi

Analisis perhitungan beban emisi kendaraan memerlukan data jarak tempuh per tahun, sehingga perlu menghitung terlebih dahulu jarak pengangkutan sampah yang ditempuh per tahun. Penjemputan sampah dilakukan sebanyak 1 kali dalam seminggu artinya 50 kali per tahun, sehingga total jarak tempuh pada rute pengangkutan sampah Z-1-2-3-4-Z adalah 1230 km/tahun. Perhitungan biaya transportasi didapatkan dengan cara menghitung BBM (*Pertalite*) yang diperlukan untuk mengangkut sampah sesuai dengan hasil penentuan rute dan jarak.

Perhitungan biaya transportasi yaitu:

$$\text{Harga Pertalite} = \text{Rp } 10.000/\text{liter} \text{ (harga Tahun 2023)}$$

$$\text{Kebutuhan BBM} = \text{Jarak yang ditempuh per tahun} : \text{BBM yang dikeluarkan (l/km)}$$

$$\text{Kebutuhan BBM} = \frac{1230 \text{ km}}{12,5 \text{ liter}} = 98,4 \text{ liter/Tahun}$$

$$\text{Biaya Transportasi} = \text{Harga BBM} \times \text{Kebutuhan BBM/Tahun}$$

$$\text{Biaya Transportasi} = \text{Rp } 10.000 \times 98,4 \text{ liter} = \text{Rp } 984.000/\text{Tahun}$$

Tabel 5 merupakan contoh perhitungan nilai gas buang CO untuk pengangkutan sampah anorganik.

$$E = 1 \text{ Kendaraan/Tahun} \times 1230 \text{ Km/Kendaraan/Tahun} \times 2,27 \text{ g/km} \times 10^{-6}$$

$$E = 0,002792 \text{ Ton/Tahun}$$

Hasil perhitungan emisi gas buang dengan jenis kendaraan *Grand Max pickup* berdasarkan rute yang telah ditentukan ditunjukkan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Emisi Gas Buang

| Komposisi Gas Buang | Nilai Faktor Emisi Gas Buang Kendaraan | Hasil Emisi |
|-----------------------------|---|--------------------|
| CO (Ton/Tahun) | 2,27 (g/km) | 0,002792 |
| HC (Ton/Tahun) | 0,16 (g/km) | 0,000197 |
| NO _x (Ton/Tahun) | 0,11 (g/km) | 0,000135 |

Pembahasan

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode *Clarke and Wright Saving* karena metode ini digunakan sebagai solusi untuk permasalahan rute kendaraan dimana sekumpulan rute pada setiap langkah ditukar untuk mendapatkan sekumpulan rute yang lebih baik [16]. Metode *Clarke and Wright Saving* menghasilkan rute penjemputan sampah

dari Bank Sampah Bersinar→RW 11→RW 14→RW 09→RW 01→Bank Sampah Besar. Penentuan rute ini didapatkan berdasarkan nilai *saving* tertinggi dan kapasitas angkut kendaraan dengan total jarak tempuh sejauh 24,6 km per sekali pengangkutan, waktu penyelesaian yang dibutuhkan selama 186,9 menit dan biaya transportasi sebesar Rp 984.000/tahun. Semakin panjang jarak tempuh akan berbanding lurus dengan kebutuhan biaya bahan bakar dan waktu penyelesaian penjemputan sampah.

Hal ini pun berbanding lurus dengan emisi gas buang yang akan berdampak pada lingkungan karena 75% sumber pencemaran udara berasal dari gas buang hasil pembakaran bahan bakar fosil termasuk yang digunakan untuk sektor transportasi [17]. Emisi gas buang yang dihasilkan dengan rute di atas adalah CO 0,002792 ton/tahun; HC 0,000197 ton/tahun; NO_x 0,000135 ton/tahun.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, rute yang didapat menggunakan Algoritma *Clarke and Wright Saving* adalah dari Bank Sampah Bersinar→RW 11→RW 14→RW 09→RW 01→Bank Sampah Besar, total jarak tempuh yaitu 24,6 km, waktu total untuk menyelesaikan pengangkutan sampah anorganik selama 186,9 menit dan biaya transportasi dengan menghitung kebutuhan BBM senilai Rp 984.000/tahun. Total emisi gas buang berdasarkan rute dan jarak yang telah dipilih yaitu CO 0,002792 ton/tahun; HC 0,000197 ton/tahun; NO_x 0,000135 ton/tahun.

Saran

Jumlah sampah yang harus diangkut pada setiap jadwal penjemputan bersifat dinamis sehingga rute yang dihasilkan pada penelitian ini tidak bisa diaplikasikan untuk keseluruhan waktu penjemputan. Oleh sebab itu membuat program atau aplikasi sederhana akan sangat membantu dalam pengambilan keputusan tentang rute yang harus ditempuh oleh mobil pengangkut sampah tersebut. Supir cukup memasukkan informasi tentang jumlah sampah yang harus diangkutnya dari tiap titik RW tersebut, maka aplikasi akan memberikan rute terbaik untuknya pada hari tersebut. Peneliti selanjutnya diharapkan untuk menambahkan variabel biaya operasional.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] A. Mubyaring, P. Sayekti, R. I. S. S, and P. Perdana, "Peningkatan Pengetahuan Pimpinan Lembaga Kemasyarakatan Desa Mengenai Pengelolaan Dan Pengolahan Sampah Rumah Tangga," vol. 02, no. 01, pp. 1–6, 2023.
- [2] Rian Alfian dan Arlina Phelia, "EVALUASI EFEKTIFITAS SISTEM PENGANGKUTAN DAN PENGELOLAAN SAMPAH DI TPA SARIMUKTI KOTA BANDUNG," vol. 02, no. 01, pp. 16–23, 2021.
- [3] A. W. Nainggolan *et al.*, "PENERAPAN SISTEM PENGELOLAAN SAMPAH ANORGANIK BERBASIS DIGITAL (TEMAN UBAH) DI," vol. 9, no. 1, pp. 90–97, 2022.
- [4] N. Wisudawati, A. Valentine, and R. Patradhiani, "Usulan Perbaikan Rute Pengangkutan Sampah Menggunakan Metode Branch And Bound Dan Nearest Neighbour Untuk Meminimalkan Biaya Transportasi," vol. 8, no. 2, pp. 288–294, 2022.
- [5] N. A. Faris, "Analisis Pengaruh Pdrb Sektor Pertanian, Industri, Dan Transportasi Terhadap Emisi Karbondioksida Di Provinsi Jawa Timur," *J. Ilm. Mhs. FEB*, 2022, [Online]. Available: <https://jimfeb.ub.ac.id/index.php/jimfeb/article/view/8176>.

-
- [6] V. Engraini, S. N. Meirizha, and D. Dermawan, "Optimasi Vehicle Routing Problem di PT. XYZ Menggunakan Metode Clarke and Wright Saving Heuristic dan Nearest Neighbour," *Semin. Nas. Teknol. Informasi, Komun. dan Ind.* 12, pp. 435–442, 2020.
- [7] L. E. Marpaung and J. Arifin, "Optimalisasi Rute Distribusi Menggunakan Algoritma Clarke and Wright Savings Optimization of A75 Plain Glass Distribution Routes Using The Clarke and Wright Savings Algorithm," vol. 6, no. 2, pp. 76–83, 2022, doi: 10.35194/jmtsi.v6i2.1784.
- [8] M. Fauzi, D. B. Sopandi, and V. Hartati, "Perhitungan Reduksi Emisi Gas Buang Melalui Penentuan Rute Distribusi Beras di Kota Bandung Exhaust Emission Reduction Calculation Through Determination of Rice Distribution Routes di Bandung City," *J. Teknol. Lingkungan*, vol. 22, pp. 240–248, 2021.
- [9] A. S. K and S. Sumiati, "Penerapan Metode Clarke and Wright Saving Heuristic Dalam Menentukan Rute Pendistribusian Produk Di Bagian Distributor Koperasi Abc Bojonegoro," *Juminten*, vol. 1, no. 4, pp. 1–11, 2020, doi: 10.33005/juminten.v1i4.116.
- [10] Anjasmara, "OPTIMASI RUTE DAN WAKTUDISTRIBUSI MENGGUNAKAN METODE CLARKE AND WRIGHT SAVING HEURISTIC DI COCA COLA OFFICIAL DISTRIBUTOR WARINGIN," 2019.
- [11] R. Batubara, R. Mardiansyah, and A. Sukma A.M, "Pengadaan Tong Sampah Organik Dan Anorganik Dikelurahan Indro Kecamatan Kebomas Gresik," *DedikasiMU J. Community Serv.*, vol. 4, no. 1, p. 101, 2022, doi: 10.30587/dedikasimu.v4i1.3797.
- [12] Y. Ratnasari, D. Yuniarti, and I. Purnamasari, "Optimasi Pendistribusian Barang Dengan Menggunakan Vogel's Approximation Method dan Stepping Stone Method (Studi Kasus : Pendistribusian Tabung Gas LPG 3 Kg Pada PT . Tri Pribumi Sejati)," *J. EKSPONENSIAL*, vol. 10, no. 2, pp. 165–174, 2019, [Online]. Available: <http://jurnal.fmipa.unmul.ac.id/index.php/exponensial/article/view/575>.
- [13] A. Rizky, "PENGARUH PENGGUNAAN BIOSOLAR DAN PERTAMINA DEX TERHADAP DAYA MESIN DAN EMISI GAS BUANG PADA MESIN DIESEL 4N15 COMMONRAIL," vol. 47, no. 4, pp. 124–134, 2021, doi: 10.31857/s013116462104007x.
- [14] H. Winarno and S. Arifin, "Penentuan Rute Distribusi Produk Yang Optimal Dengan Menggunakan Clarkle and Wright Saving Heuristik," *J. Ind. Manuf.*, vol. 4, no. 1, p. 13, 2019, doi: 10.31000/jim.v4i1.1240.
- [15] P. A. Wardhana, R. Aurachman, and B. Santosa, "Penentuan Rute Armada Pengiriman PT. AAA Menggunakan Algoritma Two-Phase Tabu Search Pada Vehicle Routing Problem With Heterogeneous Fleet and Time Windows Untuk Mengatasi Keterlambatan Pengiriman," *JISI J. Integr. Sist. Ind.*, vol. 6, no. 2, pp. 135–143, 2019, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jisi/article/view/4908/3344>.
- [16] Y. A. N. Rohmad Dwi Kurniawan, "OPTIMASI DISTRIBUSI ALAT KESEHATAN STERIL DAN NON STERIL MENGGUNAKAN METODE SAVING MATRIKS AND ALGORITMA CLARKE STUDI KASUS : PT MULTITAMA SARANA INDONESIA (MSI)," *J. Cakrawala Ilm.*, vol. 20, no. 1, pp. 105–123, 2022.
- [17] S. H. Lustria Velida, Sutrisno Endro, "Kajian Beban Emisi Pencemar Udara dan Gas Rumah Kaca Sektor Transportasi Darat Kota Yogyakarta dengan Metode Tier 1 dan Tier 2," *J. Tek. Lingkungan*, vol. 5, no. 1, pp. 1–10, 2016.