

MINIMASI BIAYA BBM PADA DISTRIBUSI OBAT MENGGUNAKAN METODE CLARKE WRIGHT SAVINGS HEURISTIC DAN NEAREST NEIGHBOR

Mutiara Azahra*

Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
e-mail: mutiaraazahra2003@gmail.com

Muhammad Habiburrohman

Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
e-mail: habiburrohman@mail.unnes.ac.id

Abstrak

Distribusi merupakan salah satu proses krusial dalam industri farmasi karena menyangkut efisiensi operasional dan ketepatan waktu pengiriman produk ke fasilitas kesehatan. Efisiensi distribusi, terutama dalam hal konsumsi bahan bakar, menjadi tantangan besar yang dihadapi oleh perusahaan farmasi, khususnya di tengah fluktuasi harga BBM dan kompleksitas jaringan distribusi. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan rute distribusi obat menggunakan dua metode heuristik, yaitu Clarke-Wright Savings Heuristic dan Nearest Neighbor, dengan fokus pada minimasi jarak tempuh dan konsumsi bahan bakar. Data yang digunakan mencakup lokasi depot, titik agen, volume permintaan, jenis kendaraan serta lokasi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penerapan kedua metode mampu menghasilkan penghematan signifikan dibandingkan rute aktual. Metode Nearest Neighbor memberikan penghematan sebesar 61,14% (motor) dan 61,52% (mobil) untuk jarak tempuh, serta 51,30% (motor) dan 52,15% (mobil) untuk konsumsi bahan bakar. Sedangkan metode Clarke Wright Savings Heuristic memberikan penghematan jarak tempuh sebesar 58,66% (motor) dan 57,08% (mobil), serta penghematan BBM sebesar 48,18% (motor) dan 46,63% (mobil). Dengan pendekatan ini, perusahaan dapat mengurangi biaya distribusi dan meningkatkan efisiensi logistik secara keseluruhan.

Kata Kunci: Distribusi Obat, Optimasi Rute, Clarke Wright Savings, Nearest Neighbor, Heuristic

Abstract

Distribution plays a vital role in the pharmaceutical industry as it directly affects operational efficiency and the timeliness of product delivery to healthcare facilities. Distribution efficiency, particularly in terms of fuel consumption, poses a significant challenge for pharmaceutical companies especially amid fluctuating fuel prices and the complexity of distribution networks. This study aims to optimize pharmaceutical distribution routes using two heuristic methods: Clarke-Wright Savings Heuristic and Nearest Neighbor, focusing on minimizing distance and fuel consumption. The data used includes depot locations, agent points, demand volumes, vehicle types, and geographic coordinates. Simulation results show that the implementation of both methods yields significant savings compared to actual routes. The Nearest Neighbor method achieves distance savings of 61,14% (motorcycles) and 61,52% (cars), and fuel consumption savings of 51,30% (motorcycles) and 52,15% (cars). Meanwhile, the Clarke-Wright Savings Heuristic method resulted in distance savings of 58,66% (motorcycles) and 57,08% (cars), and fuel consumption savings of 48,18% (motorcycles) and 46,63% (cars). With this approach, the company can reduce distribution costs and improve overall logistic efficiency.

Keywords: Pharmaceutical Distribution, Route Optimization, Clarke-Wright Savings, Nearest Neighbor, Heuristic

PENDAHULUAN

Distribusi obat merupakan aspek krusial dalam industri farmasi karena berpengaruh pada efisiensi operasional dan ketersediaan produk di fasilitas kesehatan (Kusuma, 2020). Distribusi yang tidak terencana dapat meningkatkan biaya operasional, mengakibatkan pemborosan BBM, dan menimbulkan keterlambatan pengiriman (Mulyadi et al., 2024). Salah satu perusahaan farmasi terbesar

di Bandung khususnya di PT. XYZ menghadapi permasalahan tersebut akibat kompleksitas rute distribusi serta tantangan geografis Indonesia yang terdiri dari ribuan pulau. Di sisi lain, transportasi juga menyumbang sekitar 24% emisi gas rumah kaca, sehingga pengendalian distribusi bukan hanya menjadi kebutuhan ekonomi, tetapi juga lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan solusi optimasi rute distribusi guna meminimalkan jarak tempuh dan biaya transportasi. Permasalahan

distribusi seperti ini dikenal sebagai *Vehicle Routing Problem* (VRP), yaitu pengalokasian kendaraan ke sejumlah pelanggan dengan permintaan dan batasan tertentu (Engraini et al., 2020).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan penentuan rute distribusi baru yang mampu mengoptimalkan kapasitas kendaraan serta mengurangi jarak tempuh dan biaya distribusi maupun BBM di PT tersebut. Penentuan rute ini dilakukan dengan mempertimbangkan kendala-kendala yang ada, seperti data lokasi agen, data jarak tempuh, kapasitas kendaraan, biaya transportasi, dan biaya bahan bakar. Penelitian ini membandingkan dua metode penyelesaian VRP, yakni Clarke-Wright Savings Heuristic dan Nearest Neighbor. Pemilihan kedua metode ini didasarkan pada efektivitasnya dalam menangani persoalan optimasi rute secara cepat dan efisien.

Metode Clarke Wright Savings Heuristic merupakan algoritma yang bertujuan untuk mengurangi total jarak tempuh dengan menggabungkan rute-rute yang memberikan nilai penghematan jarak terbesar. Algoritma ini dimulai dengan asumsi bahwa setiap pelanggan dilayani melalui rute terpisah dari depot, kemudian secara bertahap dua titik dikombinasikan berdasarkan nilai penghematan yang dihitung dari selisih antara jarak langsung dan jarak melewati depot. Proses penggabungan ini dilakukan secara iteratif hingga diperoleh konfigurasi rute yang mendekati optimal (Clarke & Wright, 1964). Metode ini terbukti efisien dalam menangani distribusi berskala besar yang melibatkan banyak titik pengiriman.

Sementara itu, metode Nearest Neighbor mengadopsi pendekatan lebih sederhana dengan prinsip memilih titik pelanggan terdekat dari posisi saat ini sebagai tujuan berikutnya. Proses ini berlangsung terus-menerus hingga semua titik telah dikunjungi, dan kendaraan kembali ke depot. Keunggulan dari metode ini terletak pada kecepatannya dalam menghasilkan solusi awal yang praktis, walaupun solusi tersebut sering kali masih bersifat suboptimal dan dapat disempurnakan lebih lanjut (Saraswati, et al., 2020). Dalam konteks penelitian ini, kedua metode tersebut dibandingkan untuk melihat efektivitasnya dalam menghasilkan rute distribusi yang efisien berdasarkan data aktual di lapangan, sehingga dapat diperoleh solusi yang

lebih tepat dan dapat diimplementasikan secara nyata dalam operasional distribusi

Beberapa penelitian sebelumnya mendukung relevansi pendekatan ini, seperti penghematan jarak hingga 16,9% dan biaya hingga 21,5% dengan metode Clarke Wright Savings Heuristic (Kusuma & Sumiati, 2020), peningkatan efisiensi distribusi ayam dengan metode Nearest Neighbor (Mulyadi et al., 2024), serta pengurangan biaya transportasi sebesar 22,82% dan jarak hingga 58,25% melalui kombinasi dengan metode heuristik lain (Graside et al, 2024).

Berdasarkan pemaparan sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan secara langsung penerapan metode Clarke-Wright Savings Heuristic dan Nearest Neighbor dalam optimalisasi rute distribusi obat pada PT. XYZ yang masih jarang diteliti. Penelitian ini menggunakan data aktual PT. XYZ yang mencakup rute awal distribusi, lokasi agen, jarak tempuh, kapasitas kendaraan, serta biaya BBM, tujuannya adalah menyusun rute yang lebih efisien dan mengukur penghematan BBM serta efektifitas jarak tempuh. Rumusan masalah yang diangkat mencakup: (1) bagaimana pengaruh algoritma Clarke-Wright Savings Heuristic dan Nearest Neighbor terhadap efektivitas distribusi di PT. XYZ, (2) Sejauh mana efisiensi jarak tempuh dapat dicapai, dan (3) berapa besar penghematan BBM yang dihasilkan.

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap aspek keberlanjutan lingkungan. Dengan optimalisasi rute yang efektif dalam menurunkan konsumsi BBM, maka perusahaan dapat mengurangi emisi karbon sekaligus menekan waktu referensi untuk studi lanjutan yang berkaitan dengan penerapan metode optimasi dalam sistem distribusi. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menawarkan solusi dari sisi efisiensi ekonomi, tetapi juga mendukung tujuan keberlanjutan jangka panjang.

KAJIAN TEORI DISTRIBUSI

Distribusi merupakan proses penyaluran produk dari produsen atau perusahaan kepada konsumen. Aktivitas ini memiliki peran vital dalam kegiatan perdagangan, karena distribusi yang efisien dapat memberikan manfaat bagi seluruh pihak yang terlibat (Tunnisaki, 2023). Efektivitas dan efisiensi dalam proses distribusi menjadi faktor utama dalam

meningkatkan kepuasan pelanggan. Kepuasan tersebut dapat tercapai apabila produk diterima dalam kondisi baik, sesuai permintaan, serta dikirim tepat waktu dengan proses pengiriman yang cepat. Persaingan yang semakin ketat di dunia industri mendorong perusahaan untuk terus menyempurnakan strategi distribusi agar lebih optimal (Kusuma, 2020).

VEHICLE ROUTING PROBLEM (VRP)

Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan permasalahan dalam menentukan rute kendaraan yang optimal untuk mengirim barang dari depot ke pelanggan, dengan tujuan utama meminimalkan total jarak tempuh, biaya transportasi dan waktu perjalanan (Toth & Vigo, 2002). VRP sangat berkaitan dengan aktivitas distribusi, di mana depot menjadi titik awal dan akhir perjalanan kendaraan.

VRP terdiri dari beberapa komponen penting (Toth & Vigo, 2002), yaitu:

1. Jaringan Jalan, dimodelkan sebagai graf dengan simpul (*vertex*) mewakili depot dan pelanggan, serta sisi (*edge*) sebagai ruas jalan.
2. Pelanggan. Lokasi dan permintaan pelanggan harus ditentukan secara akurat karena memengaruhi rute dan waktu pengiriman.
3. Depot. Titik awal dan akhir distribusi yang penempatannya berdampak pada jarak, waktu, dan biaya.
4. Kendaraan. Diperhatikan dari segi jumlah, kapasitas angkut, dan biaya operasional seperti bahan bakar.
5. Pengemudi. Perlu diperhitungkan batas jam kerja harian, waktu tempuh maksimal, dan kemungkinan lembur.

GRAF

Graf G , didefinisikan sebagai pasangan himpunan (V, E) , di mana V merupakan himpunan tidak kosong dari titik (*vertices* atau *nodes*), dan E merupakan himpunan sisi (*edges*) yang menghubungkan satu atau lebih titik dalam V . notasi graf dapat dituliskan sebagai $G = (V, E)$ atau $G = (V(G), E(G))$ (Budayasa, 2007). Penting untuk dicatat bahwa himpunan titik V tidak boleh kosong, sementara himpunan sisi E boleh saja kosong. Oleh karena itu, graf tetap sah meskipun tidak memiliki

sisi, asalkan memiliki minimal satu titik. Graf tanpa sisi ini dikenal sebagai graf kosong (*null graph*). Titik-titik pada graf dapat dilabeli dengan huruf, simbol, atau angka seperti $1, 2, 3, \dots, n$, sedangkan sisi yang menghubungkan dua titik dapat ditulis sebagai $(u, v), uv, vu$, atau disimbolkan dengan e_1, e_2, \dots, e_n (Budayasa, 2007).

METODE CLARKE-WRIGHT SAVINGS HEURISTIC

Pada tahun 1964, Clarke dan Wright memperkenalkan sebuah algoritma yang dikenal dengan metode *savings* atau penghematan. Algoritma Clarke-Wright Savings adalah teknik heuristik yang dirancang untuk menyelesaikan persoalan perutean dengan mempertimbangkan efisiensi jarak antar lokasi. Walaupun tidak selalu menghasilkan solusi yang paling optimal, algoritma ini mampu memberikan hasil yang mendekati optimal dengan cara yang lebih efisien dibandingkan metode konvensional. Dalam implementasinya, kendaraan harus mengikuti jalur tertentu yang dimulai dan berakhir di depot, dengan mendistribusikan barang ke satu atau lebih pelanggan sepanjang rute (Clarke & Wright, 1964). Prinsip dasar dari pendekatan ini adalah meminimalkan biaya dengan menggabungkan dua rute menjadi satu.

Langkah-langkah metode Clarke Wright Savings Heuristic (Octora, 2014):

1. Mengumpulkan data seluruh agen, termasuk jumlah permintaan di setiap lokasi dan kapasitas kendaraan yang tersedia di depot sebagai data awal untuk pemodelan.
2. Menghitung jarak antar lokasi (depot dan agen) untuk disusun dalam matriks jarak. Bentuk umum dari matriks jarak adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Bentuk Umum Matriks Jarak

	C_0	C_i	C_j	...	C_n	...	C_n
C_0	0						
C_i	C_{0i}	0					
C_j	C_{0j}		0				
...				0			
C_n			C_{jn}		0		
...						0	
C_n					C_{nn}		0

dimana:

C_0 = depot

C_i = agen i

C_j = agen j

C_{0i} = jarak dari depot ke agen i

3. Menghitung nilai penghematan jarak antar agen dengan rumus berikut:

$$S_{ij} = C_{i0} + C_{0j} - C_{ij} \quad (1)$$

dimana:

S_{ij} = nilai penghematan jarak dari agen i ke agen j

C_{i0} = jarak dari agen i ke depot

C_{0j} = jarak dari depot ke agen j

C_{ij} = jarak dari agen i ke agen j

4. Menyusun matriks savings. Berdasarkan rumus, bentuk umum dari matriks savings adalah

Tabel 2 Bentuk Umum Matriks Savings

	C_0	...	C_i	...	C_j	...	C_n
C_0	0						
...		0					
C_i	C_{0i}		0				
...				0			
C_j	C_{0j}		C_{ij}		0		
...						0	
C_n	C_{0n}		C_{in}		C_{jn}		0

5. Mengurutkan pasangan agen berdasarkan nilai savings dari yang paling tinggi ke yang paling rendah.
6. Memilih pasangan agen dengan nilai savings tertinggi, lalu gabungkan ke dalam salah satu rute dan hapus baris dan kolom agen tersebut dari matriks savings. Hindari penggabungan ganda pada pasangan agen yang sama.
7. Menentukan kendaraan pertama yang digunakan berdasarkan pasangan agen dengan savings tertinggi.
8. Menjumlahkan total permintaan dari agen-agen dalam rute tersebut. Jika total permintaan kurang dari kapasitas kendaraan, maka lanjut ke langkah berikutnya. Tetapi, jika melebihi kapasitas kendaraan maka lompat ke langkah 10.
9. Menambahkan agen lain ke dalam rute berdasarkan nilai savings tertinggi dari kombinasi terakhir.

10. Jika penambahan agen melebihi kapasitas kendaraan, batalkan penambahan tersebut dan lanjutkan ke tahap selanjutnya.
11. Rute yang sudah memenuhi kapasitas dimasukkan ke dalam kelompok rute ke- t . Jika masih ada agen tersisa, ulangi dari langkah 5 untuk agen yang belum terlokasi.
12. Mengelompokkan semua rute yang terbentuk untuk keperluan distribusi.
13. Mengatur urutan pengiriman rute berdasarkan efisiensi atau kebutuhan distribusi.
14. Membuat graf untuk menggambarkan model rute distribusi berdasarkan hasil metode Clarke-Wright Savings Heuristic.
15. Menghitung total waktu yang dibutuhkan untuk seluruh proses distribusi.
16. Melakukan evaluasi terhadap hasil yang diperoleh untuk mengetahui efisiensi distribusi serta potensi penghematan yang dicapai.

METODE NEAREST NEIGHBOR

Algoritma Nearest Neighbor pertama kali diperkenalkan pada tahun 1983 dan dikenal luas karena pendekatannya yang sederhana serta bersifat *greedy* (rakus). Dimana keputusan diambil berdasarkan keuntungan lokal terbaik pada setiap langkah. Mekanisme dasar algoritma ini adalah memilih pelanggan yang paling dekat dari titik terakhir yang dikunjungi dan memasukkannya ke dalam urutan rute. Apabila kapasitas kendaraan tidak lagi mencukupi untuk menampung pelanggan berikutnya, maka rute baru akan dibentuk dan proses pengurutan kembali dilakukan dengan cara yang sama (Pop, 2011).

Langkah-langkah Metode Nearest Neighbor (Pop, 2011):

1. Menyiapkan data pelanggan, termasuk jumlah permintaan masing-masing dan kapasitas kendaraan yang tersedia.
2. Memulai dengan membentuk rute pertama dan beri indeks $t = 1$.
3. Menentukan pelanggan pertama dalam rute dengan memilih pelanggan yang memiliki jarak terdekat dari depot.
4. Menghitung total permintaan dari pelanggan yang sudah dipilih. Jika masih dalam batas kapasitas kendaraan, lanjut ke

langkah berikutnya. Jika permintaan melebihi kapasitas, atau tidak ada sisa daya angkut, lanjutkan ke langkah ke-6.

5. Menambahkan pelanggan berikutnya yang paling dekat dari pelanggan terakhir yang dikunjungi, sekana kapasitas kendaraan masih mencukupi.
6. Bila kendaraan tidak dapat menampung permintaan berikutnya, buat rute baru dengan menaikkan indeks menjadi $t = t + 1$, lalu ulangi proses dari langkah ke-3.

PYTHON

Python merupakan bahasa pemrograman yang cocok digunakan untuk proyek berskala kecil hingga besar. Python memiliki banyak pustaka (library) yang mendukung berbagai kebutuhan, mulai dari komputasi numerik, analisis data, hingga optimasi sistem. Beberapa pustaka python yang umum digunakan antara lain:

1. Google OR-Tools
Pustaka *open-source* dari Google yang dirancang untuk menyelesaikan masalah optimasi seperti Vehicle Routing Problem (VRP), penjadwalan, dan optimasi kombinatorial menggunakan algoritma seperti Clarke-Wright Savings, Local Search, Constraint Programming, dan Linear Programming.
2. SciPy
Digunakan untuk komputasi ilmiah, khususnya operasi aljabar dan manipulasi matriks kompleks.
3. NumPy
Mendukung pengolahan array dan matriks dengan performa tinggi, mirip dengan MATLAB.
4. Pandas
Memungkinkan pengolahan data dalam format tabel (DataFrame), dengan dukungan untuk berbagai format file seperti .csv, .txt, dan lainnya.
5. Matplotlib
Pustaka visualisasi data yang umum digunakan untuk membuat grafik dan plot.
6. Scikit-Learn
Menyediakan berbagai algoritma *machine learning* seperti regresi, klasifikasi, *clustering*, dan *decision tree*.

Python juga dikenal karena kemudahan dalam *debugging* dan dokumentasinya yang lengkap. Beberapa kelebihan Python antara lain:

1. Gratis dan open-source, sehingga mudah diakses siapa saja.
2. Sintaks yang mudah dipahami, cocok untuk pemula.
3. Mendukung berbagai sistem operasi (Windows, Linux, Mac OS).
4. Struktur *namespace* per obyek menjaga kerapian program.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang menitikberatkan pada pengukuran objektif terhadap fenomena melalui data numerik yang dianalisis secara matematis dan statistik. Pendekatan ini dipilih karena tujuan utama penelitian adalah mengoptimalkan rute pendistribusian obat dengan menggunakan metode matematis, sehingga memungkinkan identifikasi hubungan antar variabel dan menghasilkan temuan yang dapat digeneralisasi. Adapun jenis penelitian yang digunakan adalah studi kasus, yang dilakukan secara mendalam pada satu objek penelitian, yakni sebuah perusahaan distribusi obat di Kota Bandung. Studi ini bertujuan untuk memahami secara komprehensif permasalahan distribusi yang terjadi di lingkungan operasional nyata perusahaan tersebut.

Prosedur penelitian diawali dengan mengidentifikasi permasalahan, yaitu ketidakefisienan rute distribusi yang berdampak pada peningkatan biaya operasional. Setelah masalah terdefinisi, dilakukan pengumpulan data yang meliputi informasi mengenai rute distribusi awal, lokasi agen, jarak antar titik, kapasitas kendaraan, serta biaya transportasi dan bahan bakar. Data ini kemudian digunakan untuk membangun model matematis dengan menerapkan dua metode optimasi rute yaitu Clarke Wright Saving serta Nearest Neighbor. Proses optimasi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak berbasis Python dan hasil dari kedua metode tersebut kemudian dianalisis dan dibandingkan guna mengevaluasi efektivitas masing-masing pendekatan.

Penelitian ini dilaksanakan di sebuah perusahaan distribusi obat yang berlokasi di Kota Bandung selama tahun 2025. Kegiatan penelitian mencakup

pengumpulan data, pemodelan, analisis hasil, serta interpretasi terhadap solusi yang diperoleh. Populasi dalam penelitian mencakup seluruh proses distribusi dari perusahaan tersebut ke berbagai agen yang menjadi mitra distribusi. Sementara itu, sampel diambil dari data distribusi pada periode tertentu, mencakup rute, lokasi agen, jarak antar titik, kapasitas kendaraan, serta biaya operasional yang dikeluarkan.

Jenis data yang digunakan adalah data primer yang diperoleh langsung melalui observasi terhadap proses distribusi serta wawancara dengan pihak-pihak yang terlibat, seperti staf logistik dan pengemudi. Data mencakup laporan perjalanan distribusi, lokasi dan jumlah agen, jarak tempuh, kapasitas kendaraan, serta rincian biaya transportasi dan bahan bakar.

Untuk analisis data, digunakan metode perbandingan antara dua teknik optimasi rute, yaitu Clarke Wright Savings Heuristic dan Nearest Neighbor. Kedua metode diterapkan untuk menentukan rute distribusi yang paling efisien dari sisi total jarak tempuh serta biaya operasional. Penghitungan dilakukan dengan bantuan Python, dan hasil dari kedua metode dibandingkan dengan rute distribusi awal untuk mengevaluasi efektivitas serta potensi penghematan yang diperoleh, baik dari sisi jarak, biaya transportasi, maupun penggunaan bahan bakar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

DATA PREPARATION

Penelitian ini menggunakan data primer dari salah satu perusahaan farmasi di Kota Bandung terkait aktivitas distribusi obat ke lebih dari 70 agen di Bandung dan sekitarnya. Data mencakup periode pengiriman dari Juli 2024 hingga Maret 2025. Informasi yang tersedia meliputi tanggal pengiriman, nama dan alamat agen, kapasitas berat (kg), jenis serta plat kendaraan, hingga koordinat geografis (latitude dan longitude). Data tambahan berupa jarak tempuh kendaraan dan konsumsi bahan bakar juga disertakan.

Perusahaan menggunakan dua jenis armada distribusi, yaitu mobil dengan kapasitas maksimal 750 kg dan motor dengan kapasitas maksimal 50 kg. Pengolahan data dimulai dengan pengelompokan berdasarkan jenis kendaraan dan tanggal pengiriman. Selanjutnya, dihitung matriks jarak

antar lokasi menggunakan *Open Route Service* API. dari matriks ini, rute disusun menggunakan dua metode heuristik, yaitu Nearest Neighbor (NN) dan Clarke Wright Savings (CWS).

Kedua metode digunakan untuk membandingkan hasil dari segi total jarak tempuh, efisiensi bahan bakar, sehingga dapat diidentifikasi potensi penghematan biaya serta peningkatan efisiensi dalam proses distribusi.

PERHITUNGAN MATRIKS JARAK DAN MATRIKS SAVINGS

Untuk mengoptimalkan rute distribusi obat dari satu depot menuju beberapa agen. Proses simulasi dilakukan menggunakan Python, dengan pemanfaatan berbagai pustaka seperti *pandas*, *numpy*, dan *folium* serta integrasi API *Open Route Service* (ORS) untuk mendapatkan matriks jarak aktual antar lokasi. Matriks jarak disusun setiap tanggal pengiriman, menghasilkan total jarak antar agen dan depot untuk keperluan perhitungan rute.

Selanjutnya, diterapkan metode Clarke-Wright Savings untuk menghitung penghematan jarak berdasarkan rumus pada persamaan (1).

Sebagai ilustrasi, berikut contoh matriks jarak dan *savings* untuk distribusi tanggal 3 Juni 2024.

Tabel 3 Matriks Jarak Tanggal 3 Juni 2024

	C_0	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C_0	0					
C_1	3,87	0				
C_2	17,15	9,18	0			
C_3	6,06	2,71	6,3	0		
C_4	3,3	0,83	10,21	4,43	0	
C_5	13,37	6,18	5,25	2,91	6,6	0

Tabel 4 Matriks *Savings* tanggal 3 Juni 2024

S	C_1	C_2	C_3	C_4	...	C_n
C_1	0					
C_2	3,56	0				
C_3	2,63	9,75	0			
C_4	2,34	2,68	1,83	0		
C_5	3,56	14,89	9,36	2,06	0	

Perhitungan *savings* ini menjadi dasar pengurutan penggabungan rute pada Algoritma Clarke-Wright Savings.

HASIL SIMULASI METODE NEAREST NEIGHBOR (NN)

Metode Nearest Neighbor diterapkan dengan prinsip memilih agen terdekat yang belum dikunjungi dari posisi saat ini, dimulai dari depot. Proses ini dilakukan untuk setiap jenis kendaraan per hari.

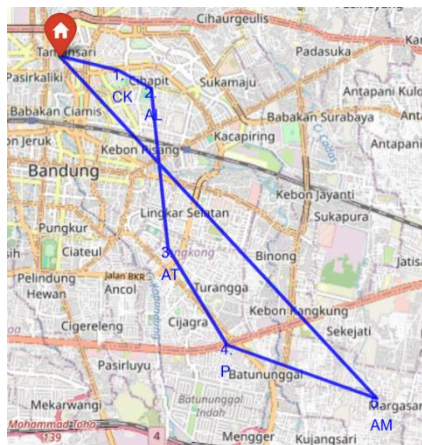
Namun, metode NN tidak mempertimbangkan batas kapasitas kendaraan, sehingga hasil simulasi perlu disesuaikan dengan pembagian trip berdasarkan total permintaan per rute.

Berikut hasil rute menggunakan metode Nearest Neighbor yang dijalankan menggunakan python untuk tanggal 3 Juni 2024:

Tabel 5 Hasil Rute NN Tanggal 3 Juni 2024

No.	Jenis Kendaraan	Rute	Total Permintaan	Total Jarak
1	motor	Depot - CK - AL - AT - P - AM - Depot	11,0392 kg	31,11

Setiap rute yang terbentuk divisualisasikan dalam bentuk graf interaktif menggunakan pustaka *Folium*.



Gambar 1. Rute Nearest Neighbor

HASIL SIMULASI CLARKE-WRIGHT SAVINGS HEURISTIC (CWS)

Metode CWS mempertimbangkan dual hal: nilai savings dan batas kapasitas kendaraan. Rute dibentuk berdasarkan pasangan agen dengan nilai savings terbesar yang masih memenuhi batas kapasitas kendaraan.

Dengan metode ini, hasil simulasi cenderung lebih efisien karena sejak awal memperhatikan

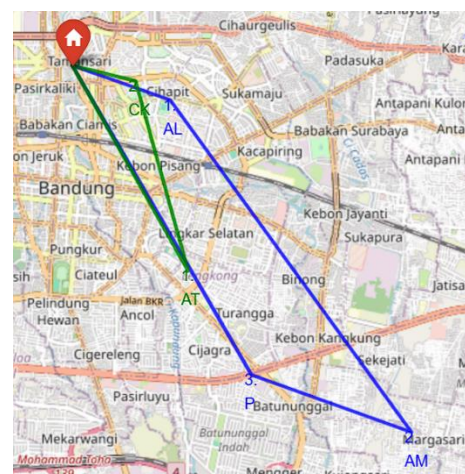
muatan kendaraan, sehingga pembagian trip lebih realistis.

Berikut hasil rute menggunakan metode Nearest Neighbor yang dijalankan menggunakan python untuk tanggal 3 Juni 2024:

Tabel 6 Hasil Rute CWS tanggal 3 Juni 2024

No.	Jenis Kendaraan	Rute	Total Permintaan	Total Jarak
1	motor	Depot - AL - AM - P - Depot	8,7042079 kg	28,71
2	motor	Depot - AT - CK - Depot	2,33505898 kg	11,74

Setiap rute yang terbentuk divisualisasikan dalam bentuk graf interaktif menggunakan pustaka *Folium*.



Gambar 2. Rute Clarke Wright Savings

ANALISIS HASIL PERBANDINGAN

Hasil akhir dibandingkan antara data aktual distribusi dengan hasil dari kedua metode heuristik. Tabel berikut menunjukkan total jarak dan biaya actual dengan kedua metode, serta persentase penghematan jarak tempuh dan konsumsi biaya BBM dari masing-masing metode.

Tabel 7 Perbandingan Jarak dan BBM Aktual dengan CWS dan NN

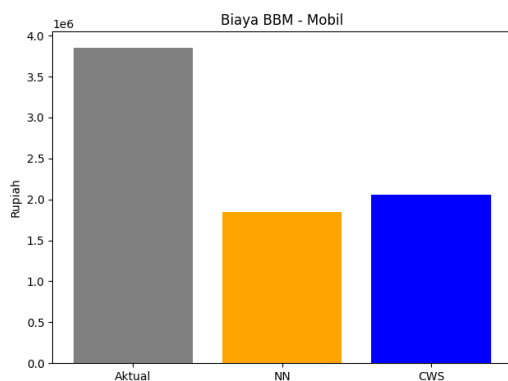
Jenis Kendaraan	Jarak Aktual (km)	Total Biaya BBM Aktual	Jarak NN (km)	Jarak CWS (km)	Total Biaya BBM NN	Total Biaya BBM CWS
Motor	6768,5	Rp 1.800.000	2629,92	2798,34	Rp 876.640	Rp 932.780
Mobil	5640	Rp 3.855.600	2170,54	2420,85	Rp 1.844,959	Rp 2.057,722

Tabel 8 Perbandingan Efisiensi

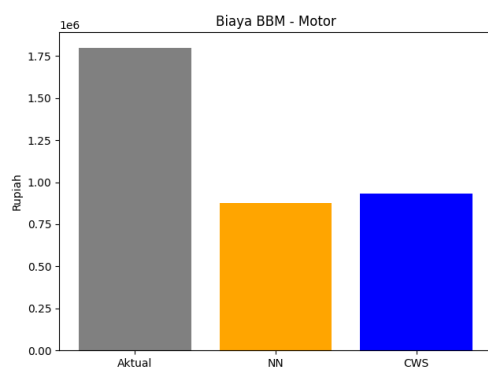
Jenis Kendaraan	Metode	Penghematan Jarak (%)	Penghematan BBM (%)
Motor	NN	61,15%	51,3%
Motor	CWS	58,67%	48,19%
Mobil	NN	61,51%	52,15%
Mobil	CWS	57,08%	46,63%

Dari tabel perbandingan dapat dilihat bahwa metode Nearest Neighbor secara konsisten memberikan persentase penghematan yang lebih tinggi dibandingkan metode Clarke-Wright Savings, baik untuk kendaraan motor maupun mobil. Untuk kendaraan motor, penghematan jarak mencapai 61,14% dengan metode Nearest Neighbor dan 58,66% dengan metode CWS. Sedangkan untuk kendaraan mobil, penghematan jarak masing-masing sebesar 61,52% (NN) dan 57,08% (CWS). Hal ini juga tampak pada penghematan BBM, di mana metode NN menghemat hingga 51,30% untuk motor dan 52,15% untuk mobil, sementara metode CWS menghemat 48,18% (motor) dan 46,63% (mobil).

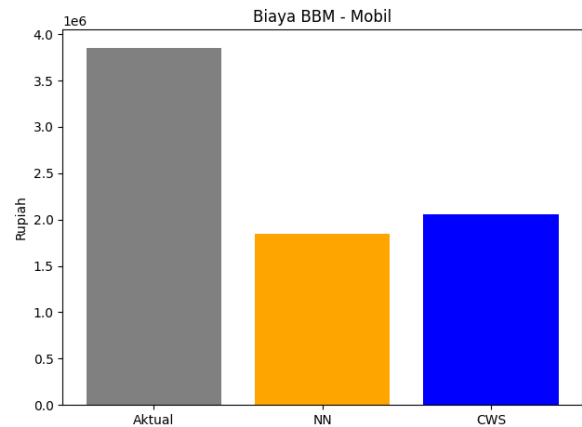
Untuk mendukung analisis ini, disajikan pula grafik visualisasi perbandingan penghematan antara kedua metode, baik untuk motor maupun mobil, yang memperjelas bahwa penerapan pendekatan heuristik mampu meningkatkan efisiensi distribusi secara signifikan dibandingkan praktik aktual.



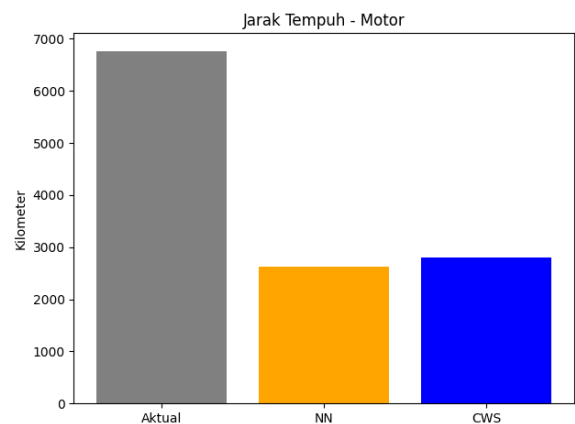
Gambar 3. Perbandingan Biaya BBM Mobil



Gambar 4. Perbandingan Biaya BBM Motor



Gambar 5. Perbandingan Jarak Tempuh Mobil



Gambar 6. Perbandingan Jarak Tempuh Motor

Grafik perbandingan di atas menunjukkan selisih yang cukup signifikan antara metode-metode heuristik dengan distribusi aktual. Melalui tabel dan grafik ini, dapat disimpulkan bahwa kedua metode mampu mengurangi beban operasional secara signifikan, namun dengan karakteristik dan keunggulan masing-masing. Nearest Neighbor lebih unggul dalam hal penghematan total, sedangkan Clarke-Wright Savings menawarkan struktur rute yang lebih realistis untuk implementasi distribusi dalam kondisi nyata.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Pak Muhammad Habiburrohman, M.Si., selaku dosen pembimbing yang dengan penuh kesabaran telah memberikan bimbingan, masukan, dan arahan selama penyelesaian penelitian ini.

PENUTUP

SIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi, penerapan metode Nearest Neighbor (NN) dan Clarke Wright Savings Heuristic terbukti mampu meningkatkan efisiensi

distribusi dibandingkan data aktual. Keduanya berhasil mengurangi total jarak tempuh dan konsumsi BBM, sehingga memberikan dampak positif terhadap operasional distribusi obat. Metode Nearest Neighbor menunjukkan efisiensi tertinggi, dengan penghematan jarak tempuh sebesar 61,14% (motor) dan 61,52% (mobil), serta penghematan BBM sebesar 51,30% (motor) dan 52,15% (mobil). Hal ini disebabkan oleh pendekatan greedy yang fokus pada pemilihan rute terdekat, meskipun metode ini tidak memperhitungkan kapasitas kendaraan dan jumlah permintaan. Sementara itu, metode Clarke-Wright Savings juga menunjukkan hasil signifikan, yaitu penghematan jarak tempuh 58,66% (motor) dan 57,08% (mobil), serta penghematan BBM 48,18% (motor) dan 46,63% (mobil). Meskipun penghematannya sedikit lebih rendah dibandingkan NN, CWS mempertimbangkan kapasitas kendaraan dan permintaan, sehingga lebih sesuai untuk skenario distribusi nyata.

SARAN

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan, salah satunya tidak memasukkan faktor waktu pengiriman dan kondisi lalu lintas. Oleh karena itu, untuk penelitian selanjutnya disarankan menggunakan pendekatan yang lebih kompleks, seperti metode Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW) atau memanfaatkan data real-time dari API seperti Google Maps atau OpenRouteService.

DAFTAR PUSTAKA

- Budayasa, I Ketut. (2007). *Teori Graph dan Aplikasinya*. Surabaya.
- Clarke, G. & Wright, J. W. (1964). *Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points*.
- Engraini, V., Meirizha, St. N., & Dermawan, D. (2020). *Optimasi Vehicle Routing Problem di PT. XYZ Menggunakan Metode Clarke and Wright Saving Heuristic dan Nearest Neighbor*. <https://jurnal.polgan.ac.id/index.php/sinkron/article/view/12622>
- Garside, A. K., Erlinda, L., & Amallynda, I. (2024). *Solving Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem with Clarke Wright Saving Heuristic and Genetic Algorithm*. <https://doi.org/10.1063/5.0192216>
- Kusuma, A. S. & Sumiati. (2020). *Penerapan Metode Clarke and Wright Saving Heuristic dalam Menentukan Rute Pendistribusian Produk di Bagian Distributor Koperasi ABC Bojonegoro*. <https://doi.org/10.33005/juminten.v1i4.116>
- Mulyadi, A., Meirizha, St. N., Fauddin, O., Jusnita, & Ardi, H. A. (2024). *Optimasi Rute Distribusi Ayam Broiler dengan Metode Nearest Neighbor (Studi Kasus: CV. Global Putrea Swasembada)*. <https://doi.org/10.37859/jst.v11i1.7285>
- Octora, L., Imran, A., & Susanty, S. (2014). *Pembentukan Rute Distribusi Menggunakan Algoritma Clarke & Wright Savings dan Algoritma Sequential Insertion*. <https://ejurnal.itenas.ac.id/index.php/rekaintegra/article/view/404/569>
- Putra, F. D., Rahmawati, F., & Cipta, H. (2021). *Penentuan Rute Transportasi Kendaraan Umum Kota Medan Dengan Menggunakan Nearest Neighbor Method Dan Closed Insertion Method*. 10.31102/zeta.2021.6.2.6-10
- Saraswati, T., et al. (2020). *Initial Route Optimization Using Nearest Neighbor Algorithm*. *Indonesian Journal of Transportation*. <https://doi.org/10.9744/pemasaran.11.2.41-44>
- Toth, P., & Vigo, D. (2002). *An Overview of Vehicle Routing Problems*.
- Tunnisaki, F. & Sutarman (2023). *Clarke and Wright Savings Algorithm as Solutions Vehicle Routing Problem with Simulataneous Pickup Delivery (VRPSPD)*. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2421/1/012045>