

PENENTUAN RUTE DISTRIBUSI MAKANAN BERGIZI GRATIS (MBG) MENGGUNAKAN NEAREST NEIGHBOR DAN CLARKE AND WRIGHT SAVING DI SPPG X

Asya Nur Aulia Putri; Dinda Safitri Ramadhani
Teknik Industri, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

SPPG X memiliki tugas mendistribusikan Program Makan Bergizi Gratis (MBG) kepada 22 sekolah dengan total kebutuhan sebanyak 6.091 tray setiap harinya, dengan mengoperasikan empat unit kendaraan Daihatsu Grandmax yang masing-masing berkapasitas 1.250 tray. Penentuan rute distribusi selama ini masih mengandalkan pengalaman pengemudi dan belum memperhitungkan faktor jarak tempuh maupun kapasitas kendaraan secara terstruktur, sehingga berdampak pada membengkaknya jarak tempuh dan biaya operasional. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengoptimalkan rute distribusi pada SPPG X dengan pendekatan Multi-Trip Vehicle Routing Problem with Split Delivery (MTVRP-SD), menerapkan metode heuristik Nearest Neighbor serta Clarke and Wright Savings (CWS), yang selanjutnya divalidasi menggunakan software LINGO. Berdasarkan hasil pengolahan data, metode Nearest Neighbor memperoleh total jarak tempuh sebesar 44,39 km dengan biaya sebesar Rp44.390,00, sementara metode CWS menghasilkan jarak tempuh sebesar 31,10 km dengan biaya Rp31.100,00. Dari kedua metode tersebut, CWS terbukti memberikan hasil paling optimal, dengan tingkat penghematan jarak mencapai 38,79% jika dibandingkan dengan rute eksisting sepanjang 50,81 km. Selain itu, hasil validasi menggunakan LINGO memperlihatkan bahwa model matematis yang dikembangkan bersifat *feasible* untuk diimplementasikan, sehingga penelitian ini dapat dijadikan rujukan bagi SPPG X dalam upaya meningkatkan efisiensi distribusi makanan

Kata Kunci: Makan Bergizi Gratis (MBG), Vehicle Routing Problem, Nearest Neighbor, Clarke and Wright Savings

Abstract

SPPG X is responsible for distributing the Free Nutritious Meal Program (Makan Bergizi Gratis/MBG) to 22 schools with a total daily demand of 6,091 trays, using four Daihatsu Grandmax vehicles with a capacity of 1,250 trays each. Distribution routes have thus far been determined based on driver experience without systematically considering travel distance and vehicle capacity, resulting in excessive travel distance and operational costs. This research aims to optimize the distribution routes of SPPG X, modeled as a Multi-Trip Vehicle Routing Problem with Split Delivery (MTVRP-SD), using the Nearest Neighbor and Clarke and Wright Savings (CWS) heuristic methods, which are then validated using LINGO software. The results show that the Nearest Neighbor method produces a total distance of 44.39 km with a cost of IDR 44,390.00, while the CWS method produces a distance of 31.10 km with a cost of IDR 31,100.00. The CWS method proved to be the most optimal, achieving a distance saving of 38.79% compared to the existing route of 50.81 km. The LINGO validation results indicate that the developed mathematical model is *feasible* for implementation, making it a viable reference for SPPG X in improving food distribution efficiency.

Keywords: Free Nutritious Meal Program, Vehicle Routing Problem, Nearest Neighbor, Clarke and Wright Savings

1. PENDAHULUAN

Kegiatan distribusi pada dasarnya adalah proses penyaluran barang dari satu atau beberapa pusat distribusi ke pelanggan secara efisien agar permintaan dapat dipenuhi tepat waktu dengan fokus pada minimasi jarak dan biaya transportasi serta peningkatan efisiensi kendaraan (Liu & Li, 2026). Permasalahan distribusi dapat direpresentasikan dalam bentuk *Vehicle Routing Problem* (VRP), yakni suatu persoalan optimasi yang bertujuan untuk menemukan rute kendaraan paling optimal dari depot menuju sejumlah lokasi tujuan (Muruyatmoko et al., 2024). *Vehicle Routing Problem* (VRP) didefinisikan sebagai permasalahan optimasi dalam menentukan rute perjalanan yang paling optimal bagi satu atau beberapa kendaraan untuk melayani sejumlah titik tujuan, dengan tujuan utama menekan jarak, waktu dan biaya pengiriman seminimal mungkin (Zhang et al., 2022). Perkembangan sistem distribusi menyebabkan asumsi-asumsi pada VRP klasik menjadi kurang relevan dalam menggambarkan kondisi operasional yang sebenarnya. Oleh sebab itu, muncul berbagai varian VRP yang dikembangkan untuk menyesuaikan dengan permasalahan distribusi yang dihadapi, seperti *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP), *Multi-Trip Vehicle Routing Problem* (MTVRP), *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW), *Split Delivery Vehicle Routing Problem* (SDVRP), hingga berbagai kombinasi model lain yang memperhitungkan kendala operasional (Aghaabdollahian et al., 2026).

Tingkat kompleksitas yang tinggi pada permasalahan *Vehicle Routing Problem* (VRP) mendorong dikembangkannya berbagai metode penyelesaian untuk menghasilkan solusi efisien. Metode-metode tersebut umumnya terbagi menjadi metode eksak, heuristik, dan metaheuristik. Metode heuristik banyak digunakan karena mampu memberikan solusi yang baik dengan waktu komputasi singkat, karena pendekatan ini membangun solusi berdasarkan aturan tertentu yang praktis diterapkan pada berbagai varian VRP (Tan & Yeh, 2021). Berbeda dengan metode heuristik, metode eksak cenderung jarang digunakan karena membutuhkan waktu komputasi yang jauh lebih besar sehingga hanya efektif digunakan untuk permasalahan berukuran kecil (Boschetti et al., 2023). Pada penelitian ini, metode heuristik dipilih sebagai pendekatan penyelesaian karena metode eksak hanya efisien untuk permasalahan VRP berskala kecil, sedangkan permasalahan dengan jumlah besar penerapan metode eksak mengakibatkan meningkatnya waktu komputasi. *Nearest Neighbor* merupakan pendekatan heuristik yang digunakan untuk menyusun rute distribusi dimana pada setiap tahap dipilih lokasi yang memiliki jarak terdekat dari titik pengiriman terakhir secara berulang hingga membentuk satu rute utuh. Pendekatan ini tergolong sederhana namun cukup efektif digunakan sebagai solusi awal dalam penentuan rute, karena mampu menghasilkan rute yang layak dalam waktu komputasi yang singkat (Husin et al., 2025). Selain *Nearest Neighbor*, *Clarke and Wright Savings* juga merupakan salah satu metode heuristik konstruksi yang banyak digunakan untuk menyelesaikan permasalahan VRP dengan cara mengelompokkan pelanggan ke dalam

rute berdasarkan nilai penghematan (*saving*) terbesar antara dua titik dengan tetap memperhatikan batasan kapasitas kendaraan (Juwita et al., 2026).

Pentingnya sistem distribusi yang efisien juga menjadi hal krusial dalam penyelenggaraan Program Makan Bergizi Gratis (MBG). MBG merupakan sebuah program pemerintah yang dirancang untuk meningkatkan status gizi masyarakat, terutama peserta didik di sekolah melalui penyediaan makanan bergizi secara merata (Kiftiyah et al., 2025). Mengingat luasnya cakupan penerima manfaat program ini menuntut perencanaan yang matang dalam proses penyediaan dan pendistribusian makanan agar pelaksanaannya dapat tepat sasaran. Dalam pelaksanaannya, program ini diselenggarakan melalui Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) sebagai *unit* operasional yang bertanggung jawab atas seluruh proses penyediaan makanan mulai dari pengadaan bahan baku, pengolahan hingga pendistribusian. Oleh karena itu, efektivitas sistem distribusi pada SPPG menjadi faktor penting dalam menjamin ketepatan pengiriman serta mendukung keberhasilan program MBG (BGN, 2025).

Kegiatan distribusi pada SPPG X dilaksanakan dengan menggunakan armada transportasi milik SPPG X sendiri, yaitu kendaraan berjenis Daihatsu Grandmax yang berjumlah empat unit dengan kapasitas angkut masing-masing kendaraan sebesar 1.250 *tray*. Keempat kendaraan tersebut dioperasikan secara rutin untuk mendistribusikan makanan ke seluruh sekolah penerima manfaat. Berdasarkan data yang diperoleh, total permintaan yang harus dipenuhi oleh SPPG X mencapai 6.091 *tray* setiap harinya, yang harus didistribusikan ke 22 sekolah penerima manfaat yang tersebar di berbagai lokasi. Banyaknya permintaan serta titik tujuan pengiriman ini menuntut adanya perencanaan rute distribusi yang tepat agar seluruh sekolah dapat menerima makanan dengan tepat dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan. Namun, hingga saat ini penentuan rute pengiriman di SPPG X masih dilakukan berdasarkan kebiasaan pengemudi, tanpa mempertimbangkan faktor jarak tempuh maupun optimalisasi kapasitas kendaraan secara sistematis sehingga menyebabkan pembengkakan jarak dan biaya operasional. Kondisi inilah yang mendasar perlunya penerapan metode optimasi rute distribusi pada SPPG X. Jika dibandingkan antara kapasitas angkut dan total permintaan, keempat kendaraan yang dimiliki SPPG X hanya mampu mengangkut 5.000 *tray* dalam satu kali pengantaran, sedangkan total permintaan yang harus dipenuhi mencapai 6.091 *tray*. Selisih ini menunjukkan bahwa tidak seluruh permintaan dapat dilayani dalam satu kali pengiriman, sehingga dilakukan penyesuaian jumlah perjalanan pada kendaraan agar seluruh sekolah penerima manfaat tetap dapat terlayani.

Penelitian terkait optimasi rute distribusi telah berkembang melalui berbagai pendekatan metode. Studi terdahulu pada sistem distribusi barang dari gudang menuju retailer dengan kombinasi algoritma *Evolutionary* dan *Nearest Neighbor* dapat menghasilkan rute yang lebih efisien pada penurunan total jarak tempuh (Andriyansah & Linarti, 2022). Pendekatan *Nearest Neighbor* juga terbukti efisien dalam menentukan rute pengiriman dengan mempertimbangkan batasan waktu pelayanan pada setiap gerai yang memberikan penghematan biaya dan waktu secara signifikan (Hajar et al., 2024). Penggunaan metode

Clarke and Wright Savings merupakan pendekatan yang lebih efisien untuk kasus distribusi telur ayam (Riginianto & Setiafindari, 2024).

Islam mengajarkan bahwa setiap sumber daya yang dimiliki dikelola secara bijaksana dan efektif serta terhindar dari tindakan pemborosan. Prinsip ini tercermin dalam QS. Al-Isra ayat 26-29, yang menekankan pentingnya penyaluran sumber daya secara adil, larangan berperilaku boros, serta anjuran untuk senantiasa menjaga keseimbangan dalam penggunaan harta (Ulirrahmi, 2024). Berdasarkan prinsip efisiensi tersebut, penelitian ini membahas optimasi rute distribusi pada SPPG X yang melayani 22 sekolah dengan total permintaan 6.091 *tray*. Penelitian ini dikategorikan sebagai *Multi-Trip Vehicle Routing Problem with Split Delivery* (MTVRP-SD) dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan, serta membandingkan rute eksisting SPPG X dengan metode *Nearest Neighbor* dan *Clarke and Wright Savings* (CWS) sebagai pendekatan yang diusulkan.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif karena berorientasi pada perhitungan jarak tempuh dan biaya operasional yang dihasilkan pada proses optimasi rute distribusi. Objek pada penelitian ini adalah SPPG X yang bertugas mendistribusikan Makan Bergizi Gratis. Tahapan penelitian ini diawali dengan identifikasi permasalahan dan dilanjutkan dengan pengumpulan data melalui observasi, wawancara serta perhitungan jarak menggunakan Google Maps. Penyelesaian model dilakukan menggunakan *Nearest Neighbor* dan *Clarke and Wright Savings*. Tahap akhir penelitian dilakukan dengan membandingkan hasil optimasi yang diperoleh dari kedua metode tersebut dengan rute eksisting SPPG X.

Model matematika yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada penelitian (Ramadhani et al., 2021), dengan melakukan modifikasi model sesuai dengan sistem yang ditentukan. Model matematika ini terdiri dari indeks, parameter dan variabel. Dalam penelitian ini jumlah trip yang digunakan sebanyak 2 trip per kendaraan.

a. Himpunan

N : $\{1, 2, \dots, n+1\}$ Seluruh titik depot dan sekolah

N_s : $\{2, 3, \dots, 23\}$ Himpunan Sekolah

K : $\{1, 2, 3, 4\}$ Himpunan Kendaraan

T : $\{1, 2, \dots, t_{max}\}$

b. Indeks

i, j : Lokasi, $i, j \in N$

k : indeks kendaraan, $k \in K$

t : indeks trip kendaraan, $t \in T$

c. Parameter

d_{ij} : Jarak lokasi i ke lokasi j (km), $i, j \in N$

c : Biaya per satuan jarak (Rp/km)

D_i : Permintaan MBG sekolah i (tray) $i \in N_s$

Q : Kapasitas maksimum tiap kendaraan (1250 Tray)

n : Total Sekolah (22 Sekolah)

t_{max} : Jumlah maksimum tiap kendaraan

d. Variabel

$X_{ij}^{k,t}$: 1, Jika kendaraan k pada tiap trip t bergerak dari i ke j , $i, j \in N$
0, Jika Tidak

$y_i^{k,t}$: 1, Jika sekolah i dilayani kendaraan k pada trip t , $i \in N_s$
0, Jika tidak

$s_i^{k,t} \geq 0$: Jumlah tray yang dikirim ke sekolah i oleh kendaraan k pada trip t , $i \in N_s$

$u_i^{k,t} \geq 0$: Variabel urutan kunjungan eliminasi sub turi $i \in N_s$

Formulasi model matematika untuk *Multi-Trip Vehicle Routing Problem With Split Delivery* (MTVRP-SD) ini adalah:

Fungsi tujuan:

$$\min Z : \sum_{k \in K} \sum_{t \in T} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} c \cdot d_{ij} \cdot x_{ij}^{k,t} \quad (1)$$

Kendala:

$$\sum_{k \in K} \sum_{t \in T} s_i^{k,t} = D_i \quad \forall i \in N_s \quad (2)$$

$$\sum_{i \in N_s} s_i^{k,t} \leq Q \quad \forall k \in K, t \in T \quad (3)$$

$$s_i^{k,t} \leq D_i \cdot y_i^{k,t} \quad \forall i \in N_s, k \in K, t \in T \quad (4)$$

$$\sum_{j \in N_s} x_{1,j}^{k,t} \leq 1 \quad \forall k \in K, t \in T \quad (5)$$

$$\sum_{j \in N_s} x_{1,j}^{k,t} = \sum_{i \in N_s} x_{i,1}^{k,t} \quad \forall k \in K, t \in T \quad (6)$$

$$\sum_{\substack{i \in N \\ i \neq h}} x_{i,h}^{k,t} = y_h^{k,t} \quad \forall h \in N_s, k \in K, t \in T \quad (7)$$

$$\sum_{\substack{j \in N \\ j \neq h}} x_{h,j}^{k,t} = y_h^{k,t} \quad \forall h \in N_s, k \in K, t \in T \quad (8)$$

$$x_{i,j}^{k,t} = 0 \quad \forall i \in N, k \in K, t \in T \quad (9)$$

$$u_i^{k,t} - u_j^{k,t} + n \cdot X_{i,j}^{k,t} \leq n - 1 \quad \forall i, j \in N_s, i \neq j, k \in K, t \in T \quad (10)$$

$$1 \leq u_i^{k,t} \leq n \quad \forall i \in N_s, k \in K, t \in T \quad (11)$$

$$u_1^{k,t} = 0 \quad \forall k \in K, t \in T \quad (12)$$

$$s_i^{k,t} \geq 0 \quad \forall i \in N_s, k \in K, t \in T \quad (13)$$

$$X_{ij}^{k,t} \in \{0,1\} \text{ dan } y_i^{k,t} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \in N, i \in N_s, k \in K, t \in T \quad (14)$$

Persamaan (1) menunjukkan fungsi tujuan dari model matematis yang disusun, yaitu meminimalkan total jarak distribusi dari depot menuju seluruh sekolah penerima manfaat. Model ini disertai beberapa kendala, meliputi pemenuhan seluruh permintaan pelanggan pada Persamaan (2), batasan kapasitas kendaraan pada Persamaan (3), penugasan kendaraan dalam proses distribusi pada Persamaan (4), pengaturan keberangkatan dan kepulangan kendaraan dari depot pada setiap trip pada Persamaan (5)–(6), keseimbangan arus kendaraan pada setiap pelanggan pada Persamaan (7)–(8), larangan terjadinya *self-loop* serta eliminasi *subtour* pada Persamaan (9)–(10), pengaturan urutan kunjungan pada Persamaan (11)–(12), pembatasan variabel pengiriman agar bernilai non-negatif pada Persamaan (13), serta penetapan variabel keputusan dalam bentuk biner pada Persamaan (14).

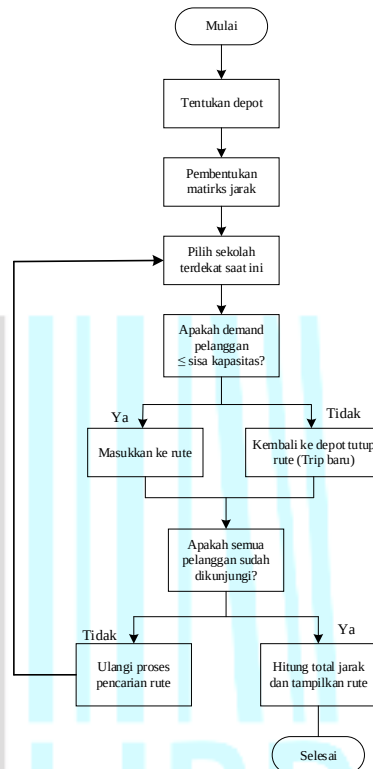
2.1 Variasi Vehicle Routing Problem

VRP diperkenalkan oleh Dantzig dan Ramser (1956) untuk mencari rute distribusi terpendek, yang selanjutnya dikenal sebagai *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dengan mempertimbangkan batasan kapasitas kendaraan dalam melayani permintaan konsumen. Perkembangan penelitian menghasilkan berbagai varian VRP untuk mengakomodasi kondisi sistem nyata yang lebih kompleks, diantaranya *Multi Depot VRP* (MDVRP), *VRP Time Window* (VRPTW), *Multiple Trip VRP* (MTVRP), serta *VRP with Split Delivery* (VRPSD), kombinasi karakteristik tersebut terus dikembangkan untuk mendekatkan model dengan permasalahan di lapangan (Normasari & Warangga, 2019). Metode *Nearest Neighbor* bekerja dengan memilih pelanggan berikutnya berdasarkan jarak terdekat dari titik kunjungan terakhir, kemudian pelanggan terpilih tersebut dimasukkan ke dalam urutan rute distribusi yang sedang dibentuk. Setelah rute selesai dibentuk, penyusunan rute berikutnya kembali dimulai dari depot dengan memilih pelanggan dengan jarak paling dekat. Proses ini dilakukan secara berulang hingga seluruh pelanggan yang dapat dilayani sesuai dengan kapasitas kendaraan (Wulandari, 2020). Adapun langkah-langkah metode *Nearest Neighbor* di tunjukkan pada Gambar 1.

2.2 Nearest Neighbor

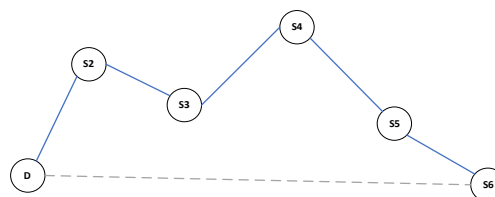
Algoritma *Nearest Neighbor* merupakan salah satu metode heuristik yang umum digunakan untuk menyelesaikan masalah VRP karena sifatnya sederhana namun mampu menghasilkan rute yang sesuai dengan kondisi nyata di lapangan. Melalui pendekatan ini, penentuan urutan kunjungan

dilakukan secara bertahap dengan mempertimbangkan jarak minimum pada setiap langkah (Harahap & Sawaluddin, 2023). Adapun langkah-langkah metode *Nearest Neighbor* di tunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart *Nearest Neighbor*

Berdasarkan prinsip tersebut, metode ini membentuk rute distribusi secara bertahap dengan prinsip memilih pelanggan yang memiliki jarak terdekat pada setiap proses pemilihan. Pendekatan ini mampu menghasilkan solusi dengan waktu yang lebih singkat sehingga banyak digunakan untuk menyelesaikan permasalahan distribusi. Ilustrasi metode *Nearest Neighbor* dengan algoritma memilih jarak terdekat dengan lokasi saat ini digambarkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Ilustrasi Model *Nearest Neighbor*

2.3 Clarke and Wright Savings

Metode *Clarke and Wright Saving* pertama kali dikenalkan pada tahun 1964 oleh *Clarke and Wright*. Sebuah algoritma yang dikenal dengan metode *saving* atau penghematan. Algoritma ini adalah teknik heuristik yang dirancang untuk menyelesaikan persoalan rute dengan mempertimbangkan

efisiensi jarak lokasi (Chandra & Sinaga, 2026). Prinsip dasar metode ini adalah menggabungkan dua rute yang terpisah menjadi satu rute apabila penggabungan tersebut menghasilkan penghematan jarak dibandingkan jika kedua rute dilayani secara terpisah. Nilai penghematan antara dua pelanggan i dan j dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$S_{i,j} = d(0,i) + d(0,j) + d(i,j) \tag{i}$$

Keterangan :

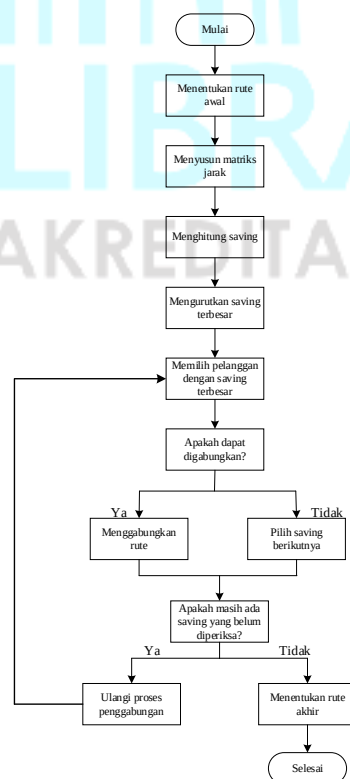
$S_{i,j}$ = Besarnya penghematan jarak yang diperoleh.

$d(0,i)$ = Jarak dari depot ke sekolah i

$d(0,j)$ = Jarak dari depot ke sekolah j

$d(i,j)$ = Jarak antara sekolah i dan j

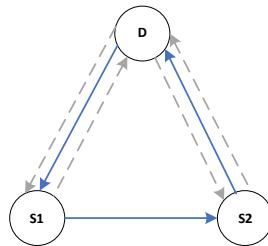
Dengan $d(0,i)$ merupakan jarak dari pelanggan i ke depot, $d(0,j)$ merupakan jarak dari depot ke pelanggan j, dan $d(i,j)$ merupakan jarak antar pelanggan i dan j secara langsung. Semakin besar nilai saving yang dihasilkan, semakin besar pula potensi penghematan jarak apabila kedua pelanggan tersebut digabungkan dalam satu rute yang sama (Chandra & Sinaga, 2026). Adapun langkah-langkah penyusunan rute menggunakan metode *Clarke and Wright Saving* tersaji pada Gambar 3.



Gambar 3. *Flowchart Clarke and Wright Savings*

Diagram alir tersebut menggambarkan bahwa metode CWS bekerja secara iteratif, dimulai dari perhitungan dan pengurutan nilai *saving*, kemudian dilanjutkan dengan pemeriksaan kelayakan penggabungan rute pada setiap pasangan pelanggan. Proses penggabungan rute akan terus dilakukan

secara berulang hingga seluruh nilai *saving* telah diperiksa, sehingga diperoleh rute distribusi yang efisien. Ilustrasi metode CWS dapat digambarkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Ilustriasi *Clarke and Wright Saving*

2.4 Software LINGO

LINGO merupakan salah satu aplikasi optimasi yang banyak dimanfaatkan dalam proses pengambilan keputusan, karena mampu menyelesaikan berbagai model matematis dengan beragam jenis fungsi dan batasan. Perangkat lunak ini dapat memodelkan sekaligus menyelesaikan permasalahan optimasi yang melibatkan fungsi linear, non-linear, maupun integer. Selain itu, LINGO juga kerap digunakan untuk memperoleh solusi optimal dari suatu model matematis dengan mempertimbangkan berbagai kendala yang menyertainya (Nugroho et al., 2025). LINGO dimanfaatkan sebagai alat bantu komputasi untuk menyelesaikan model matematis yang telah dirumuskan dalam bentuk fungsi tujuan dan batasan-batasan tertentu, sehingga diperoleh solusi optimal yang lebih presisi dibandingkan hasil dari metode heuristik semata (Hasanah & Winarno, 2025)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Eksisting SPPG X

Penelitian ini menggunakan data distribusi SPPG X yang meliputi lokasi depot, lokasi sekolah penerima, jumlah permintaan setiap sekolah, kapasitas kendaraan, serta matriks jarak antar lokasi. Berdasarkan data tersebut, terdapat satu sekolah dengan jumlah permintaan melebihi kapasitas kendaraan sehingga proses distribusi harus dilakukan melalui lebih dari satu kali pengiriman (*split delivery*). Karakteristik tersebut menjadikan permasalahan distribusi dimodelkan sebagai MTVRP-SD. Data distribusi eksisting dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Eksisting SPPG X

Data Eksisting SPPG X			
Kode	Permintaan	Kode	Permintaan
S2	46	S13	18
S3	17	S14	20
S4	32	S15	28
S5	348	S16	71

Data Eksisting SPPG X			
Kode	Permintaan	Kode	Permintaan
S6	108	S17	23
S7	597	S18	278
S8	585	S19	290
S9	470	S20	167
S10	286	S21	164
S11	551	S22	1333
S12	13	S23	646

Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa SPPG X melayani 22 sekolah penerima manfaat dengan total permintaan sebesar 6.091 *tray*, dengan variasi jumlah permintaan antar sekolah yang cukup beragam. Salah satu sekolah, yaitu S22, tercatat memiliki permintaan sebesar 1333 *tray*, yang melebihi kapasitas satu unit kendaraan sebesar 1.250 *tray*, sehingga pemenuhannya perlu dibagi ke dalam lebih dari satu kali pengiriman. Data permintaan inilah yang selanjutnya menjadi dasar dalam penyusunan matriks jarak serta penentuan rute distribusi menggunakan metode *Nearest Neighbor* dan *Clarke and Wright Savings*.

Rute distribusi aktual merupakan rute yang digunakan SPPG X dalam mendistribusikan makanan ke sekolah penerima manfaat sebelum dilakukan proses optimasi. Data rute aktual ini digunakan sebagai kondisi awal untuk mengetahui tingkat efisiensi sistem distribusi yang berjalan serta sebagai dasar perbandingan terhadap rute hasil optimasi. Pada Tabel 2 disajikan rute distribusi eksisting pada SPPG X.

Tabel 2. Rute Distribusi Eksisting

Rute Distribusi Eksistig				
Mobil	Trip	Tujuan	Kapasitas (Tray)	Jarak (Km)
1	1	S1-S5-S11-S10-S1	1185	6,12
	2	S1-S9-S1	470	1,2
2	1	S1-S2-S4-S7-S3-S1	692	2,22
	2	S1-S8-S6-S20-S19-S1	1150	6,06
3	1	S1-S18-S22(972 tray)-S1	1250	9
	2	S1-S22(sisa)-S1	361	6,4
4	1	S1-S12-S13-S14-S17-S15-S21-S23-S16-S1	983	20,81
Total			6091	51,81

3.2 *Nearest Neighbor*

Metode *Nearest Neighbor* dimanfaatkan untuk menentukan urutan kunjungan lokasi berdasarkan jarak terdekat dari titik sebelumnya, sehingga mampu mengoreksi rute distribusi yang semula tidak efisien akibat pemilihan jalur yang berjarak jauh antar lokasi (Lestari et al., 2022). Hasil penerapan metode

Nearest Neighbor menghasilkan rute distribusi yang memenuhi seluruh permintaan sekolah penerima. Rute yang terbentuk beserta total jarak tempuh dan biaya operasional disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil *Nearest Neighbor*

Hasil Nearest Neighbor				
Mobil	Trip	Rute	Kapasitas (Tray)	Jarak (Km)
1	1	S1-S10-S8-S2-S3-S4-S12-S16-S15-S14-S6-S13-S17-S1	1247	12,94
2	2	S1-S7-S9-S20-S1	1234	4,28
3	3	S1-S18-S21-S5-S19-S22b-S1	1163	11,77
4	4	S1-S11-S23-S1	1197	9
2	5	S1-S22a-S1	1250	6,4
Total			6091	44,39

Rute distribusi dibentuk menggunakan metode *Nearest Neighbor* dengan memilih sekolah terdekat dari posisi kendaraan pada setiap tahap perjalanan hingga kapasitas kendaraan terpenuhi. Ketika kapasitas kendaraan tidak mencukupi untuk melayani permintaan berikutnya, kendaraan kembali ke depot guna memulai trip baru, sesuai dengan karakteristik multi-trip yang diterapkan dalam penelitian ini. Penerapan metode ini menghasilkan total jarak tempuh sebesar 44,39 km.

Dalam kegiatan distribusi ini, bahan bakar yang digunakan adalah Pertalite dengan harga Rp10.000,00 per liter yang dapat digunakan untuk menempuh jarak sejauh 10 km. Berdasarkan asumsi tersebut, biaya bahan bakar yang dikeluarkan untuk setiap 1 km perjalanan adalah sebesar Rp1.000,00. Perhitungan biaya distribusi pada penelitian ini didasarkan pada asumsi tersebut, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan Biaya

Rute Distribusi Nearest Neighbor			
Trip	Kapasitas (Tray)	Jarak (Km)	Biaya (Rp)
1	1247	12,94	Rp 12.940,00
2	1234	4,28	Rp 4.280,00
3	1163	11,77	Rp 11.770,00
4	1197	9	Rp 9.000,00
5	1250	6,4	Rp 6.400,00
Total		44,39	Rp 44.390,00

Perhitungan *Nearest Neighbor* menghasilkan total jarak tempuh sebesar 44,39 km dengan 5 trip distribusi. Metode ini menghasilkan biaya distribusi sebesar Rp44.390,00 untuk 5 trip perjalanan.

3.3 Clarke and Wright Savings

Clarke-Wright Savings merupakan algoritma heuristik klasik yang dikembangkan oleh *Clarke dan Wright* (1964) untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan kendaraan dari depot pusat ke berbagai titik pengiriman. Algoritma ini terus mengalami pengembangan hingga saat ini, salah satunya melalui penambahan mekanisme *split delivery*, yang memungkinkan permintaan pelanggan yang melebihi kapasitas kendaraan dipenuhi secara bertahap melalui beberapa kali pengiriman (Pamosoaji et al., 2019). Hasil CWS dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil *Clarke-Wright Savings*

Hasil Clarke and Wright Savings				
Mobil	Trip	Rute	Kapasitas (Tray)	Jarak (Km)
1	1	S1-S22a-S1	1250	6,4
2	2	S1-S2-S9-S10-S4-S3-S16-S12-S17-S18-S1	1236	5,79
3	3	S1-S15-S21-S20-S6-S14-S23-S22b-S1	1216	10,07
4	4	S1-S13-S5-S19-S11-S1	1207	8,76
1	5	S1-S7-S8-S1	1182	0,08
Total			6091	31,1

Metode CWS menghasilkan lima trip distribusi untuk melayani seluruh sekolah dengan total permintaan 6.091 *tray* dan total jarak tempuh sebesar 31,1 km. pembentukan rute dilakukan dengan menggabungkan pasangan sekolah yang memiliki nilai *saving* terbesar secara bertahap. Hasil pembentukan rute menunjukkan bahwa kapasitas kendaraan pada setiap trip telah dimanfaatkan secara optimal. Trip 1 memiliki kapasitas muatan sebesar 1250 *tray* dengan jarak 6,4 km, trip 2 berkapasitas 1236 *tray* dengan total jarak 5,79 km, trip 3 memiliki kapasitas 1216 *tray* dengan jarak 10,07 km, trip 4 memiliki kapasitas 1207 *tray* dengan total jarak 8,76 km dan trip ke 5 berkapasitas 1182 *tray* dengan total jarak sebesar 0,08 km.

Bahan bakar yang digunakan dalam kegiatan distribusi ini adalah Pertalite dengan harga Rp10.000,00 per liter, yang dapat menempuh jarak sejauh 10 km. Dengan demikian, biaya bahan bakar per 1 km perjalanan adalah sebesar Rp1.000,00, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar perhitungan biaya distribusi sebagaimana disajikan pada Tabel 6.

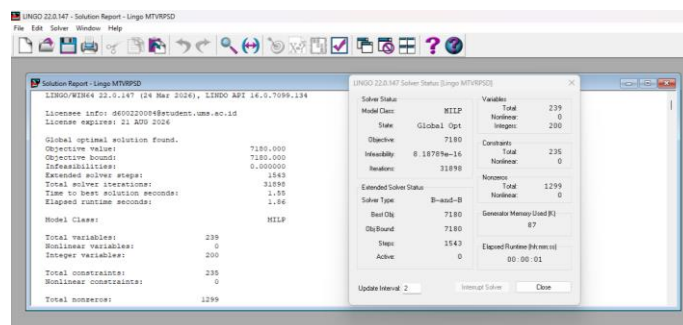
Tabel 6. Perhitungan Biaya Clarke and Wright Savings

Rute Distribusi Clarke and Wright Savings			
Trip	Kapasitas (Tray)	Jarak (Km)	Biaya (Rp)
1	1250	6,4	Rp 6.400,00
2	1236	5,79	Rp 5.790,00
3	1216	10,07	Rp 10.070,00
4	1207	8,76	Rp 8.760,00
5	1182	0,08	Rp 80,00
Total		31,1	Rp 31.100,00

Perhitungan biaya distribusi metode CWS dengan menggabungkan rute menjadi satu menghasilkan biaya distribusi sebesar Rp31.100,00 dengan total jarak 31,1 km dengan 5 trip distribusi.

3.4 Validasi Model Matematika menggunakan LINGO

Validasi model dilakukan melalui simulasi penyelesaian menggunakan delapan data set berskala kecil dengan karakteristik yang berbeda-beda, kemudian diselesaikan menggunakan bantuan *software* LINGO. Hasil simulasi menunjukkan bahwa model yang dibangun mampu memberikan solusi optimal berupa total jarak minimum tanpa melanggar batasan-batasan yang telah ditetapkan, sehingga model tersebut dinyatakan valid untuk digunakan pada kasus serupa (Iswari et al., 2018). Hasil komputasi model pada *software* LINGO dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Komputasi LINGO

Hasil komputasi model yang ditunjukkan pada Gambar 5, *software* LINGO berhasil memperoleh *Global Optimal Solution*, yang menunjukkan bahwa model matematika yang dirumuskan mampu menghasilkan solusi optimal sesuai dengan fungsi tujuan yang telah diterapkan. Pada proses validasi ini diperoleh nilai fungsi tujuan sebesar 7.180 atau setara dengan Rp7.180,00. Selain itu, nilai *infeasibility* yang dihasilkan mendekati nol, sehingga dapat dianggap tidak terdapat pelanggaran terhadap kendala model. Hal ini

menunjukkan bahwa seluruh batasan yang telah dirumuskan telah dipenuhi oleh solusi yang dihasilkan. Selain menghasilkan nilai fungsi tujuan, *software* LINGO juga menghasilkan rute distribusi yang memenuhi seluruh kendala model pada data validasi. Rute yang diperoleh meliputi urutan kunjungan tiap trip, total jarak serta jumlah muatan yang diangkut. Hasil rute distribusi tersebut disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengolahan *Software* LINGO

Trip	Rute	Jarak (Km)	Kapasitas (Tray)
1	S1-S4-S3-S2-S9-S6-S5-S10(218)-S1	7,06	1239
2	S1-S10(68)-S7-S8-S1	0,12	1250

Berdasarkan Tabel 7, hasil validasi menggunakan *software* LINGO menghasilkan 2 rute distribusi untuk melayani 9 sekolah dengan total permintaan 2.489 *tray*. Total harak yang dihasilkan sebesar 7,18 km dengan biaya distribusi sebesar Rp7.180,00. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model matematika yang diimplementasikan pada *software* LINGO telah valid dan mampu menghasilkan solusi yang *feasible* sesuai dengan formulasi yang telah dirumuskan.

3.5 Perbandingan Metode

Setelah diperoleh hasil rute distribusi dari kondisi eksisting, metode *Nearest Neighbor* dan *Clarke and Wright Savings*, dilakukan perbandingan untuk mengetahui metode mana yang menghasilkan rute paling efisien dalam meminimalkan total jarak tempuh dan biaya distribusi. Hasil perbandingan kedua metode dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan Metode

Metode	Total Jarak (km)	Total Biaya (Rp)	Persentase Penghematan (%)
Eksisting	50,81	Rp 50.810,00	
Nearest Neighbor	44,39	Rp 44.390,00	12,64
CWS	31,1	Rp 31.100,00	38,79

Dari hasil perbandingan pada Tabel 8, menunjukan metode CWS lebih optimal untuk kasus penelitian ini dengan menghasilkan rute sebesar 31,1 km dengan persentase penghematan sebesar 38,79 % dari rute eksisting. Sedangkan metode *Nearest Neighbor* dihasilkan jarak sebesar 44,39 km dan biaya sebesar Rp 44.390,00 dengan persentase penghematan sebesar 12,64 %.

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan metode *Nearest Neighbor* menghasilkan total jarak distribusi sebesar 44,39 km dengan biaya sebesar Rp44.390,00, sedangkan metode *Clarke and Wright Savings* menghasilkan total jarak distribusi yang lebih pendek, yaitu 31,10 km dengan biaya sebesar Rp31.100,00. Berdasarkan hasil perbandingan tersebut, metode *Clarke and Wright Savings* terbukti menjadi metode yang paling optimal dalam menentukan rute distribusi di SPPG X, dengan kemampuan menurunkan total jarak tempuh dari kondisi eksisting sebesar 51,81 km menjadi 31,10 km, atau setara dengan penghematan sebesar 38,79%. Dengan demikian, metode *Clarke and Wright Savings* direkomendasikan untuk diterapkan karena memberikan efisiensi jarak tempuh dan biaya distribusi yang lebih baik dibandingkan metode *Nearest Neighbor*. Selain itu, hasil validasi menggunakan *software* LINGO menunjukkan bahwa model matematis yang dibangun telah memenuhi seluruh batasan yang ditetapkan, sehingga solusi yang dihasilkan dinyatakan *feasible* untuk diterapkan.

Hasil rute rekomendasi tersebut sudah ditanggapi oleh pihak SPPG X. Dari hasil diskusi yang dilakukan pihak SPPG X menilai bahwa rute yang direkomendasikan lebih baik dibandingkan rute yang biasa digunakan karena urutan lokasinya lebih runtut dan searah sehingga berpeluang meningkatkan efisiensi distribusi. Meski demikian, penerapannya di lapangan tetap membutuhkan penyesuaian jadwal pengantaran agar sesuai dengan kebutuhan masing-masing sekolah, sehingga rute rekomendasi tersebut dapat diimplementasikan secara lebih optimal.

Berdasarkan masukan dari SPPG X, penelitian selanjutnya disarankan untuk memakai Time Window dengan matriks asimetri dan memperhitungkan waktu *loading/unloading* untuk menyesuaikan kondisi rill di lapangan. Selain itu, disarankan untuk membuat aplikasi maupun website yang dapat digunakan secara praktis oleh SPPG, UMKM ataupun instansi yang membutuhkan. Dengan adanya aplikasi tersebut, pengguna dapat memasukkan data lokasi, permintaan, kapasitas kendaraan dan jumlah kendaraan yang secara otomatis akan memperoleh rute distribusi yang efisien tanpa harus melakukan perhitungan manual.

DAFTAR PUSTAKA

- Aghaabdollahian, B., Javadi, B., & Aazami, A. (2026). A comprehensive classification and description of types. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 36(June 2025), 101808. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trip.2025.101808>
- Andriyansah, R., & Linarti, U. (2022). Optimization of Vehicle Routing Problem Using Particle Swarm Optimization : A Case Study Watering Plants in Yogyakarta City. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 6869. <https://doi.org/https://doi.org/10.23917/jiti.v21i2.19753>
- BGN. (2025). *Badan Gizi Nasional*. Bgn.Go.Id. <https://www.bgn.go.id/faq>
- Boschetti, M. A., Letchford, A. N., & Maniezzo, V. (2023). *Matheuristics : survey and synthesis*.

International Transactions in Operational Research, 30, 2840–2866.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/itor.13301>

- Chandra, M., & Sinaga, L. P. (2026). Application of Web-Based Decision Support System for Subsidized 3 kg LPG Distribution Route Optimization Using Clarke and Wright Savings Algorithm. *Jurnal Riset Informatika*, 8(3), 474–484. <https://doi.org/https://doi.org/10.34288/jri.v8i3.541>
- Hajar, G., Rachmaniar, D. N., & Fauzi, M. D. (2024). Penentuan Rute Pembukaan Gerai Baru dengan Vehicle Routing Problem with Time Windows Pendekatan Nearest Neighbor. *Jurnal Teknik Sistem Dan Industri*, 05(01), 12–21. <https://doi.org/https://doi.org/10.35261/gijtsi.v5i01.11323>
- Harahap, R. F., & Sawaluddin, S. (2023). Study vehicle routing problem using Nearest Neighbor Algorithm Neighbor Algorithm. *Journal of Physics*, 2421. <https://doi.org/https://doi.org/10.1088/1742-6596/2421/1/012027>
- Hasanah, K., & Winarno, W. (2025). Penentuan Rute Distribusi Optimal di PB Surya Agung dengan Menggunakan Metode Saving Matrix , Nearest Insertion dan Software LINGO. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 25(1), 883–890. <https://doi.org/https://doi.org/10.33087/jiubj.v25i1.5837>
- Husin, S., Lahay, I. H., & Uloli, H. (2025). Optimasi Rute Distribusi ES Kristal Dengan Metode NN Dan LS UMKM XYZ. *Jurnal Teknik*, 23(1), 172–183. <https://doi.org/https://doi.org/10.37031/jt.v23i1.631>
- Iswari, T., Setiawan, F., & Sitompul, C. (2018). Pengembangan Model Blood Mobile Collection Routing Problem (BMCRP) pada Proses Pengumpulan Darah. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 7(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.26593/jrsi.v7i2.2769.65-72>
- Juwita, O. V., Christata, B. R., & Primadasa, R. (2026). Optimasi Rute Distribusi Produk Menggunakan Algoritma Clarke and Wright Saving Heuristic dan Algoritma Evolutionary (Studi Kasus PT . XYZ). *Jurnal Rekayasa Industri (JRI)*, 8(1), 78–88. <https://doi.org/https://doi.org/10.37631/jri.v8i1.1823>
- Kiftiyah, A., Palestina, F. A., Abshar, F. U., & Rofiah, K. (2025). Program Makan Bergizi Gratis (MBG) dalam Perspektif Keadilan Sosial dan Dinamika Sosial - Politik. *Jurnal Keindonesiaan*, 05(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.52738/pjk.v5i1.726>
- Lestari, P., Hasibuan, A., & Harahap, B. (2022). Analisis Penentuan Rute Distribusi menggunakan Metode Nearest Neighbor di PT Medan Juta Rasa Tanjung Morawa. Dc. <https://doi.org/https://doi.org/10.56211/factory.v1i1.110>
- Liu, D., & Li, M. (2026). Research on joint vehicle routing optimization considering multiple distribution centers. *PLoS One*, 21(1), 1–18. <https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0331578>

- Muruyatmoko, D., Djunaidy, A., & Muklason, A. (2024). Heuristics and Metaheuristics for Solving Capacitated Vehicle Routing Problem : An Algorithm Comparison. *Procedia Computer Science*, 234, 494–501. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.03.032>
- Normasari, N. M. E., & Warangga, An. F. (2019). Mathematical Model of Vehicle Routing Problem with Compartment, Split Delivery, Multi Product, and Time Windows. *Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi ANGKASA*, 11(1), 25–34. <https://doi.org/https://doi.org/10.28989/angkasa.v11i1.385>
- Nugroho, A. A., Pramukti, S., & Setyaningrum, R. (2025). Optimalisasi Keuntungan pada Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) Pempek Cik Lin Menggunakan Model Integer Linear Programming dan Software Lingo. *Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 7(2), 1318–1326. <https://doi.org/https://doi.org/10.38035/rrj.v7i2.1279>
- Pamosoaji, A. K., Dewa, P. K., & Krisnanta, J. V. (2019). Proposed Modified Clarke-Wright Saving Algorithm for Capacitated Vehicle Routing Problem. *International Journal of Industrial Engineering and Engineering Management (IJIEEM)*, 1(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.24002/ijeem.v1i1.2292>
- Ramadhani, D. S., Masruroh, N. A., & Waluyo, J. (2021). Model of Vehicle Routing Problem with Split Delivery Multi Trips, Multi Products and Compartments for Determining Fuel Distribution Routes. *ASEAN Journal of System Engineering*, 51–55. <https://doi.org/https://doi.org/10.22146/ajse.v5i2.72461>
- Riginianto, R. S., & Setiafindari, W. (2024). Optimasi Rute Distribusi Telur Ayam Menggunakan Algoritma Clarke and Wright Savings dan Algoritma Nearest Neighbor pada Adi Farm. *Jurnal Ilmiah Nusantara (JINU)*, 1(4). <https://doi.org/rg/10.61722/jinu.v1i4.1881>
- Tan, S., & Yeh, W. (2021). The Vehicle Routing Problem : State-of-the-Art Classification and Review. *MDPI Journal*, 11. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app112110295>
- Ulirrahmi, F. (2024). Efisiensi Ekonomi dalam Islam: Kasian Terhadap QS. Al-Isra 26-29. *An-Natiq Jurnal Kajian Islam Interdisipliner*, 4(1), 13–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.33474/an-natiq.v4i1.20615>
- Wulandari, C. B. K. (2020). Penentuan Rute Distribusi Menggunakan Metode Nearest Neighbors dan Metode Branch and Bound untuk Meminimumkan Biaya Distribusi di PT. X. *Jurnal Optimasi Teknik Industri*, 02(01), 7–12. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30998/joti.v2i1.3848>
- Zhang, J., Ming, M., Wang, W., & Wang, T. (2022). Multi-Trip Time-Dependent Vehicle Routing Problem with Split Delivery. *Mathematics*, 10(3527). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/math10193527>

