



Optimasi dan Analisis Distribusi BBM Menggunakan Metode *Saving Matrix*, *Nearest Insert*, dan *Nearest Neighbor* Pada *Multi Compartment Vehicle Routing Problem* (MCVRP)

Syahrul Heru Maulana

Universitas Teknologi Yogyakarta

Suseno

Universitas Teknologi Yogyakarta

Alamat: Jl. Glagahsari No.63, Warungboto, Kec. Umbulharjo, Kota Yogyakarta,

Daerah Istimewa Yogyakarta 55164

Korespondensi penulis: syhrheru08@gmail.com

Abstract Fuel distribution requires efficient route planning to minimize distance, time, fuel consumption, and operational costs. This study optimizes fuel distribution at PT Elnusa Petrofin Integrated Terminal Dumai using the Multi-Compartment Vehicle Routing Problem (MCVRP) combined with Saving Matrix, Nearest Neighbor, and Nearest Insert methods for 30 gas stations served by 16 KL and 24 KL tank trucks. The existing system generated 30 routes with a total distance of 4,001.9 km and a cost of IDR 27,823,768.50. All methods improved efficiency, with Nearest Neighbor providing the best results by reducing routes to 21 and decreasing distance by 24.74%, time by 24.76%, fuel consumption by 5.03%, and cost by 5.05%. Thus, Nearest Neighbor is recommended as the most effective optimization approach.

Keywords: Fuel Distribution, MCVRP, Saving Matrix, Nearest Neighbor, Nearest Insert, Route Optimization

Abstrak. Distribusi Bahan Bakar Minyak (BBM) memerlukan perencanaan rute yang efisien untuk meminimalkan jarak tempuh, waktu distribusi, konsumsi bahan bakar, dan biaya operasional. Penelitian ini mengoptimalkan rute distribusi BBM di PT Elnusa Petrofin Integrated Terminal Dumai menggunakan pendekatan Multi Compartment Vehicle Routing Problem (MCVRP) dengan metode Saving Matrix, Nearest Neighbor, dan Nearest Insert pada 30 SPBU menggunakan mobil tangki 16 KL dan 24 KL. Kondisi aktual menghasilkan 30 rute dengan total jarak 4001,9 km dan biaya Rp27.823.768,50. Seluruh metode meningkatkan efisiensi, dan metode Nearest Neighbor memberikan hasil terbaik dengan 21 rute serta penurunan jarak 24,74%, waktu 24,76%, konsumsi bahan bakar 5,03%, dan biaya 5,05%. Oleh karena itu, metode Nearest Neighbor direkomendasikan sebagai pendekatan paling efektif.

Kata kunci: Distribusi BBM, MCVRP, Saving Matrix, Nearest Neighbor, Nearest Insert, Optimasi Rut

LATAR BELAKANG

Bahan Bakar Minyak (BBM) merupakan komoditas strategis yang berperan penting dalam mendukung aktivitas ekonomi, khususnya sektor transportasi dan industri. Efisiensi distribusi menjadi faktor krusial dalam menekan biaya logistik dan menjaga stabilitas pasokan energi (Chopra, 2019). PT Elnusa Petrofin Integrated Terminal Dumai berperan dalam menjamin ketersediaan BBM di Provinsi Riau yang merupakan kawasan industri strategis (BPS Riau, 2023). Namun, luasnya wilayah distribusi dan tingginya intensitas pengiriman menuntut sistem perencanaan rute yang lebih optimal.

Secara aktual, distribusi ke 30 SPBU menghasilkan total jarak 4001,9 km, waktu 133,40 jam, dan biaya bahan bakar Rp27.823.768,50 per siklus. Kondisi ini

menunjukkan adanya potensi inefisiensi akibat perencanaan rute yang belum sepenuhnya mempertimbangkan jarak, kapasitas kendaraan, dan keterbatasan kompartemen mobil tangki. Dengan penggunaan armada multi-kompartemen (16 KL dan 24 KL), permasalahan ini termasuk dalam kategori *Multi Compartment Vehicle Routing Problem* (MCVRP).

MCVRP merupakan pengembangan VRP klasik yang mempertimbangkan batasan kapasitas kendaraan dan tiap kompartemen secara simultan (Fan, Yao, & Yang, 2023). Studi sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan MCVRP mampu menurunkan jarak tempuh dan konsumsi bahan bakar secara signifikan (Muñoz-Villamizar et al., 2020). Oleh karena itu, penelitian ini menerapkan metode heuristik Saving Matrix, Nearest Neighbor, dan Nearest Insert dalam kerangka MCVRP untuk mengoptimalkan rute distribusi BBM, mengacu pada efektivitas metode tersebut dalam permasalahan logistik nyata (Clarke & Wright, 1964; Pratiwi & Lubis, 2023; Zhang et al., 2022).

KAJIAN TEORITIS

MCVRP

Multi Compartment Vehicle Routing Problem (MCVRP) merupakan pengembangan dari *Vehicle Routing Problem* (VRP) yang mempertimbangkan penggunaan kendaraan berkompartemen untuk mendistribusikan lebih dari satu jenis produk dalam satu perjalanan dengan batasan kapasitas kompartemen tertentu (Ramadhani et al., 2021) Adapun Batasan dalam Penelitian ini sebagai berikut :

$$\text{Minimize } Z = \sum_{k \in K} \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} d_{ij} x_{ijk}$$

(Sumber: Ingwersen, 2021)

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in V} x_{ij}^k = 1, \quad \forall j \in N$$

(Sumber: Heßler & Irnich, 2022)

$$\sum_{j \in V} x_{0j}^k = 1, \quad \sum_{i \in V} x_{i0}^k = 1, \quad \forall k \in K$$

(Sumber: Heßler & Irnich, 2022)

$$\sum_{p \in P} y_{ijkp} \leq Q_k \cdot x_{ijk} \quad \forall i, j \in V, \forall k \in K$$

(Sumber: Ingwersen, 2021)

$$U = \frac{\sum_{k=1}^m \sum_{i \in S} q_{ik}}{\sum_{v \in V} C_v}$$

(Sumber : Suryani, E., et al. (2022)

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in V} y_{ijkp} = q_{jp} \quad \forall j \in N, \forall p \in P$$

(Sumber: Fan, X., Yao, G., & Yang, Y, 2023)

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ijk} \leq |S| - 1 \quad \forall S \subset N, \forall k \in K, |S| \geq 2$$

(Sumber: Wisittipanit et al., 2021)

SAVING MATRIX

Metode Saving Matrix merupakan salah satu pendekatan heuristik yang umum digunakan dalam penyelesaian Vehicle Routing Problem (VRP). Metode ini diperkenalkan oleh Clarke dan Wright (1964) dengan konsep utama mengombinasikan dua rute pengiriman terpisah menjadi satu rute tunggal apabila penggabungan tersebut menghasilkan penghematan jarak tempuh. Prinsip penghematan ini digunakan sebagai dasar dalam pembentukan rute distribusi yang lebih efisien dibandingkan rute individual.

$$S_{ij} = d_{0i} + d_{0j} - d_{ij}$$

(Sumber: Clarke, G., & Wright, J. W. 1964)

Berikut Merupakan langkah membuat hitungan *Saving Matrix* :

1. Menentukan jarak tujuan, sebagai misal jarak tujuan A dengan tujuan B.
2. Maka perhitungan yang dilakukan adalah, $Saving(A,B) = \text{Jarak(TBBM ke A)} + \text{Jarak(TBBM ke B)} - \text{Jarak(A ke B)}$.
3. Untuk mengetahui jarak TBBM ke A, jarak TBBM ke B, dan jarak A ke B dapat mengacu pada tabel 5.6 matrix jarak yang sudah dibuat
4. Setelah itu masukkan komponen perhitungan yang diperlukan, $Saving(A,B) = (4 \text{ sebagai jarak gudang ke tujuan A}) + (6 \text{ sebagai jarak gudang ke B}) - (1.92 \text{ sebagai jarak A ke B})$. $S(A,B) = 4 + 6 - 1.92 = 8.08$ merupakan hasil nilai *saving* yang diberikan dari tujuan A dan B jika digabungkan dalam satu perjalanan yang sama.
5. Lakukan langkah diatas secara berulang hingga seluruh tujuan sudah memiliki nilai *saving*. Lalu buat tabel *Saving Matrix*.

Penentuan rute mengacu pada nilai saving terbesar hingga terkecil dan jarak setiap iterasi. Meskipun nilai saving dihitung untuk semua pasangan titik, hanya kombinasi rute yang memenuhi batasan dari MCVRP yang dipilih.

1. Memilih tujuan dengan nilai saving terbesar, tujuan Q dan U. Iterasi 1 : TBBM – Q – U – TBBM.
2. Menghitung permintaan dari kedua SPBU.
3. SPBU Q 16 (P) + 8 (S) = 24 Kiloliter $\leq$ 24 dan permintaan SPBU U 8 (P).
4. Permintaan SPBU Q telah sepenuhnya mengisi kapasitas kendaraan (24 KL), sehingga tidak dimungkinkan adanya penambahan SPBU lain dalam rute yang sama tanpa melanggar batasan kapasitas.
5. meskipun pasangan Q – U memiliki nilai saving tertinggi, penggabungan SPBU U ke dalam rute tidak dapat direalisasikan. Dengan mempertimbangkan prinsip memaksimalkan pemanfaatan kapasitas kendaraan, iterasi pertama dinyatakan selesai.
6. Hasil dari iterasi 1 TBBM – Q – TBBM

NEAREST NEIGHBOR

Metode Nearest Neighbor merupakan algoritma heuristik yang membentuk rute secara bertahap dengan memilih pelanggan terdekat dari titik kunjungan terakhir. Metode ini

bersifat greedy karena selalu memilih solusi terbaik secara lokal pada setiap iterasi, sehingga mudah diimplementasikan dan memiliki waktu komputasi yang cepat (Pratiwi & Lubis, 2023).

1. Menentukan titik awal rute yaitu TBBM, kemudian membandingkan jarak TBBM dengan seluruh SPBU yang belum dikunjungi. TBBM -A = 4 km TBBM -B = 6 km TBBM -C = 9 km Maka dipilih A sebagai pelanggan pertama karena memiliki jarak paling dekat.
2. Menghitung kapasitas yang digunakan oleh permintaan SPBU A. Misal permintaan A = 16 KL, maka kapasitas terpakai = 16 KL dan masih muat dalam mobil tangki 24 KL.
3. Titik saat ini berpindah dari TBBM ke A. Selanjutnya dibandingkan jarak dari A ke SPBU lain yang belum dikunjungi. A -B = 1.92 km A -C = 1.77 km Maka dipilih C karena mempunyai jarak paling dekat.
4. Menghitung kembali kapasitas yang tersisa. Permintaan C = 8 KL Solar dan 16KL Peralite, maka total muatan = 16 KL + 8 KL = 24 KL. Karena $24 \text{ KL} \leq \text{kapasitas kendaraan maksimal } 24\text{KL}$.
5. Dengan terpenuhinya kapasitas dan kompartemen, maka rute Iterasi 1 dinyatakan memenuhi batasan MCVRP
6. Rute sementara hasil iterasi 1 adalah TBBM -A -C -TBBM.
7. Rute yang terbentuk kemudian divalidasi terhadap batasan MCVRP dengan memaksimalkan kapasitas mobil tangki dan mempertimbangkan permintaan SPBU dan memaksimalkan jumlah kompartemen, sehingga rute dinyatakan feasible secara operasional.

NEAREST INSERT

Metode Nearest Insert termasuk dalam insertion heuristic, yaitu metode yang menyusun rute dengan memasukkan pelanggan ke dalam rute yang telah terbentuk berdasarkan kenaikan jarak minimum.

Berikut merupakan langkah-langkah metode *Nearest Insert*.

1. Menentukan titik awal rute yaitu TBBM, kemudian dipilih SPBU A sebagai pelanggan pertama karena memiliki jarak terdekat dari A (4 km) dibandingkan dengan SPBU lainnya
2. Kapasitas terpakai setelah melayani A adalah 16 KL, sehingga rute awal dibentuk menjadi TBBM - A - TBBM.
3. Selanjutnya dilakukan pencarian total jarak terdekat dari SPBU B hingga SPBU V dan membandingkan seluruh posisi penyisipan pada rute TBBM-A-TBBM nilai penambahan jarak terkecil pada kedua SPBU, yaitu 11.92 km di SPBU B, sehingga B ditempatkan setelah rute A.
4. Total muatan menjadi $16 \text{ KL} + 8 \text{ KL} = 24 \text{ KL}$ dan masih sesuai kapasitas kendaraan.
5. Hasil rute iterasi 1 adalah TBBM - A - B - TBBM.
6. Rute yang terbentuk kemudian divalidasi terhadap batasan MCVRP dengan memaksimalkan kapasitas mobil tangki dan mempertimbangkan permintaan SPBU dan memaksimalkan jumlah kompartemen, sehingga rute dinyatakan feasible secara operasional.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan studi kasus pada distribusi BBM di PT Elnusa Petrofin Integrated Terminal Dumai. Distribusi dilakukan dari depot ke 30 SPBU menggunakan mobil tangki multi-kompartemen berkapasitas 16 KL dan 24 KL. Data yang digunakan meliputi permintaan BBM tiap SPBU, kapasitas dan kompartemen kendaraan, serta koordinat geografis depot dan SPBU.

Jarak antar lokasi dihitung menggunakan metode Haversine berdasarkan data koordinat, kemudian divalidasi dengan Google Maps. Waktu distribusi dihitung dengan asumsi kecepatan kendaraan 30 km/jam. Permasalahan distribusi dimodelkan menggunakan pendekatan *Multi Compartment Vehicle Routing Problem* (MCVRP).

Optimasi rute dilakukan menggunakan tiga metode heuristik, yaitu Saving Matrix, Nearest Neighbor, dan Nearest Insert. Kinerja masing-masing metode dievaluasi berdasarkan total jarak tempuh, waktu distribusi, dan konsumsi bahan bakar, kemudian dibandingkan dengan kondisi rute aktual untuk menentukan metode yang paling efisien.

PENGUMPULAN DATA

Data rute awal

Data rute awal yang saat ini digunakan perusahaan yang bisa dilihat pada tabel 3.

Tabel 2. Rute Awal

No	Rute	Permintaan(KL)	Validasi Jarak Rute Google Maps (km)	Waktu Tempuh (jam)
1	TBBM - A - TBBM	16 (P)	10	0.33
2	TBBM - B - TBBM	16 (P)	11.4	0.38
3	TBBM - C - B - TBBM	8 (S) + 8 (S)	15.6	0.52
4	TBBM - H - TBBM	16 (P)	27.2	0.91
5	TBBM - H - TBBM	16 (P)	27.2	0.91
6	TBBM - C - TBBM	16 (P)	11.6	0.39
7	TBBM - J - TBBM	24 (S)	127	4.23
8	TBBM - K - TBBM	16 (P)	144	4.80
9	TBBM - K - TBBM	16 (S)	144	4.80
10	TBBM - L - TBBM	16 (P)	149	4.97
11	TBBM - L - TBBM	16 (S)	149	4.97
12	TBBM - L - TBBM	16 (S)	149	4.97
13	TBBM - M - TBBM	16 (P)	118	3.93

14	TBBM - M - TBBM	8 (S) +16(P)	118	3.93
15	TBBM - N - O - TBBM	8 (P) + 8 (P)	297	9.90
16	TBBM - N - O - TBBM	8 (P) + 8 (P)	297	9.90
17	TBBM - P - TBBM	16 (P)	305	10.17
18	TBBM - P - T - TBBM	8 (S) + 8 (P)	312	10.40
19	TBBM - Q - U - TBBM	8 (S) + 8 (P)	327	10.90
20	TBBM - Q - TBBM	16 (P)	326	10.87
21	TBBM - E - V - TBBM	8 (P) + 8 (P)	33.8	1.13
22	TBBM - D - TBBM	16 (S)	22	0.73
23	TBBM - D - TBBM	8 (P) + 8 (S)	22	0.73
24	TBBM - E - TBBM	16 (S)	17.5	0.58
25	TBBM - F - TBBM	8 (S)	21	0.70
26	TBBM - G - TBBM	16 (P)	16.9	0.56
27	TBBM - I - TBBM	24 (S)	88	2.93
28	TBBM - S - I - TBBM	8 (P) + 8 (P)	320	10.67
29	TBBM - S - TBBM	16 (S)	302	10.07
30	TBBM - R - TBBM	16 (S)	93.7	3.12

Data Permintaan setiap SPBU

Pada tabel 3. ini yang berisikan permintaan setiap SPBU beserta jenis bbm yang diminta dan jumlah nya untuk mempermudah melakukan penelitian ini.

Tabel 3. Kapasitas Alat angkut

SPBU	Permintaan (KL)	
	pertalite	solar
A	16	0
B	16	8
C	16	8
D	8	16 dan 8
E	8	16
F	0	8
G	16	0
H	16	16
I	8	24
J	0	24
K	16	16
L	16	16 dan 16
M	16 dan 8	16
N	8 dan 8	0
O	8 dan 8	0
P	16	8
Q	16	8
R	0	16
S	8	16
T	8	0
U	8	0
V	8	0
Total	256 (P)	240 (S)

Data Harga Solar Industri

Pada tabel 4. biaya bahan bakar mengacu pada harga bahan bakar industri di pulau sumatra pada periode Januari yaitu seharga Rp 22.550 Per-liter nya.

Tabel 4. Harga Solar Industri

No	Jenis Biaya Lain	Harga	Keterangan
1	Biaya Bahan Bakar	Rp 22.550	Per-liter

PENGOLAHAN DATA

Berikut ini yaitu tahapan dalam olah data untuk memberikan usulan rute distribusi PT.Elnusa Petrofin Integrated Terminal Dumai dengan langkah langkah seperti dibawah ini.

1. Saving matrix

Saving Matrix diperoleh dengan menghitung dan menggabungkan dua konsumen ke dalam satu rute. Berikut perhitungan nilai saving dengan menggunakan persamaan (2.1) untuk SPBU A dengan SPBU B.

$$S(x,y) = (D,x) + (D,y) - xy$$

$$S(x,y) = (DA) + (DB) - 12$$

$$S(x,y) = 4 + 6 - 1.92$$

$$S(x,y) = 8.08$$

Maka diperoleh nilai saving untuk SPBU A dengan SPBU B sebesar 8.08. dengan cara yang sama untuk seluruh konsumen sehingga diperoleh saving matrix yang ditampilkan pada gambar 2

Gambar 1. Saving Matrix

KODE HURUF	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
A	0																					
B	8.08	0																				
C	11.23	12.51	0																			
D	10.58	11.06	16.48	0																		
E	5.05	5.16	9.38	15.78	0																	
F	5.35	5.43	9.93	17.01	20.45	0																
G	5.54	8.36	9.07	8.24	5.7	5.25	0															
H	3.56	3.69	7.91	14.91	20.51	19.82	4.74	0														
I	6.15	6.24	10.69	18.75	23.06	22.75	7.5	30.49	0													
J	10.35	10.43	15.17	23.87	27	26.98	10.99	34.23	73.12	0												
K	15.10	15.2	19.61	27.71	32.04	31.68	16.85	39.5	78.92	108.52	0											
L	21.20	21.3	25.77	33.99	38.12	37.81	22.79	45.56	85.05	117.46	131.81	0										
M	27.61	27.81	31.83	39.2	44.45	43.77	30.63	51.9	89.76	114.26	131.66	140.31	0									
N	28.41	29.03	32.07	37.58	43.76	42.57	34.76	50.55	84.12	107.76	125.1	135.95	150.65	0								
O	29.62	30.24	33.27	38.77	44.95	43.76	36	51.73	85.29	108.99	126.32	137.19	151.84	295.17	0							
P	29.62	30.2	33.31	38.99	45.14	43.99	35.75	52.01	86.16	110.68	127.91	139.02	153.17	294.04	299.67	0						
Q	32.03	32.66	35.67	41.14	47.32	46.13	38.49	54.09	87.7	111.71	128.99	139.99	154.4	297.53	304.36	308.7	0					
R	9.37	9.45	14.29	23.12	25.81	25.92	9.61	32.86	70.31	94.49	94.96	102.65	101.76	94.44	95.64	97.07	98.23	0				
S	53.97	54.2	58.12	65.44	70.73	70.01	57.61	78.16	116.34	147.34	162.55	175.47	184.23	278.37	281.56	288.38	291.45	132.15	0			
T	33.91	34.51	37.57	43.15	49.32	48.14	40.19	56.14	89.97	114.12	131.39	142.41	156.78	299.37	305.87	310.26	315.58	100.62	290.65	0		
U	31.33	31.97	34.96	40.39	46.58	45.38	37.83	53.33	86.79	110.59	127.89	138.83	153.38	296.68	303.51	306.94	324.53	97.18	288.41	314.23	0	
V	8.73	9.4	14.86	19.59	10.81	11.74	6.27	9.56	12.85	17.7	21.77	28	33.55	32.67	33.87	34.01	36.25	16.91	59.79	38.21	35.52	0

2. Pengurutan nilai saving

nilai penghematan setiap pelanggan telah dihitung. Selanjutnya, semua pelanggan digabungkan dari nilai penghematan terbesar hingga terkecil. Untuk rute awal, nilai penghematan terbesar dipilih seperti di Gambar 3. berikut.

SPBU 1	SPBU 2	Saving	SPBU 1	SPBU 2	Saving	SPBU 1	SPBU 2	Saving	SPBU 1	SPBU 2	Saving	SPBU 1	SPBU 2	Saving	SPBU 1	SPBU 2	Saving
Q	U	324.53	N	S	278.37	K	M	131.66	Q	R	98.23	F	S	70.01	F	U	45.38
Q	T	315.58	M	S	184.23	K	T	131.39	R	U	97.18	D	S	65.44	E	P	45.14
T	U	314.23	L	S	175.47	K	Q	128.99	P	R	97.07	S	V	58.79	E	O	44.95
P	T	310.26	K	S	162.55	K	P	127.91	O	R	95.64	C	S	58.12	E	M	44.45
P	Q	308.7	M	T	156.78	K	U	127.89	K	R	94.96	G	S	57.61	F	P	43.99
P	U	305.94	M	Q	154.4	K	O	125.32	J	R	94.40	H	T	56.14	F	M	43.77
O	T	305.87	M	U	153.38	K	N	125.1	N	R	94.44	B	S	54.2	F	O	43.70
O	Q	304.36	M	P	153.17	J	L	117.46	I	T	89.97	H	Q	54.09	E	N	43.70
O	U	303.51	M	O	151.84	I	S	116.34	I	M	89.76	A	S	53.97	D	T	43.15
O	P	299.67	M	N	150.65	J	M	114.26	I	Q	87.7	H	U	53.33	F	P	42.57
N	T	299.37	J	S	147.34	J	T	114.12	I	U	85.79	H	P	52.01	D	Q	41.14
N	Q	297.53	L	T	142.41	J	Q	111.71	I	P	85.16	H	M	51.9	D	U	40.39
N	U	294.68	L	M	140.31	J	P	110.68	I	O	85.39	H	O	51.73	G	T	40.19
N	O	295.17	L	Q	139.99	J	U	110.59	I	L	85.05	H	N	50.55	H	K	39.3
N	P	294.04	L	P	139.02	J	O	108.99	I	N	84.12	E	T	49.32	D	M	39.3
Q	S	291.45	L	U	138.83	J	K	108.52	I	K	78.92	F	T	48.14	D	P	38.99
S	T	290.65	L	O	137.19	J	N	107.76	H	S	78.16	E	Q	47.32	D	O	38.7
S	U	288.41	L	N	135.95	L	R	102.65	I	J	73.12	E	U	46.58	G	Q	38.49
P	S	288.38	R	S	132.15	M	R	101.76	E	S	70.73	F	Q	46.13	T	V	38.21
O	S	291.56	K	L	131.81	R	T	100.62	I	R	70.31	H	L	45.56	E	L	38.12

SPBU 1	SPBU 2	Saving	SPBU 1	SPBU 2	Saving	SPBU 1	SPBU 2	Saving	SPBU 1	SPBU 2	Saving	SPBU 1	SPBU 2	Saving	SPBU 1	SPBU 2	Saving
G	U	37.83	H	R	32.86	D	K	27.71	D	I	18.75	C	L	10.69	A	I	6.1472
F	L	37.81	N	V	32.67	A	M	27.61	J	V	17.7	A	D	10.58	E	G	5.1
D	N	37.58	B	Q	32.66	E	J	27	D	F	17.01	B	J	10.43	A	G	5.5411
C	T	37.57	C	N	32.07	F	J	26.98	R	V	16.91	A	J	10.354	B	F	5.43
Q	V	36.25	B	K	32.04	F	R	25.92	G	K	16.85	C	P	9.93	A	F	5.3493
G	O	36	A	Q	32.032	E	R	25.81	C	D	16.48	G	R	9.61	F	G	5.23
G	P	35.75	B	U	31.97	C	L	25.77	D	E	15.78	H	V	9.56	B	E	5.16
C	Q	35.67	C	M	31.83	D	J	25.87	B	K	15.2	B	R	9.43	A	E	5.0455
U	V	35.52	F	K	31.68	D	R	25.12	C	J	15.17	B	V	9.4	G	H	4.74
C	U	34.95	A	U	31.329	E	I	23.06	A	K	15.096	C	E	9.38	B	H	3.69
G	N	34.76	G	M	30.65	G	L	22.79	D	H	14.81	A	R	9.3672	A	H	3.5627
B	T	34.51	H	I	30.49	F	I	22.75	C	V	14.86	C	G	9.07			
H	J	34.23	B	O	30.24	K	V	21.77	C	R	14.29	A	V	8.7283			
P	V	34.01	B	P	30.2	B	L	21.3	I	V	12.85	B	G	8.36			
D	L	33.99	A	O	29.624	A	L	21.201	B	C	12.51	D	G	8.24			
A	T	33.908	A	P	29.623	E	H	20.51	P	V	11.74	A	B	8.0785			
O	V	33.87	B	N	29.03	E	F	20.45	A	C	11.231	C	H	7.91			
M	V	33.55	A	N	28.413	F	H	19.82	B	D	11.06	G	I	7.5			
C	P	33.31	L	V	28	C	K	19.61	G	J	10.99	G	V	6.27			
C	O	33.27	B	M	27.81	D	V	19.59	E	V	10.81	B	I	6.24			

Gambar 2. Urutan nilai saving

3. MCVRP

Kemudian langkah berikutnya adalah memilih kombinasi konsumen berdasarkan asumsi dari MCVRP Penentuan rute mengacu pada nilai saving terbesar hingga terkecil dan jarak setiap iterasi. Meskipun nilai saving dihitung untuk semua pasangan titik, hanya kombinasi rute yang memenuhi batasan dari MCVRP yang dipilih. Rute hasil *Saving Matrix* yang tidak sesuai kapasitas kendaraan dan jumlah kompartemen akan dieliminasi. Seperti di tabel 5.

Tabel 5. Hasil Rute Saving Matrix

No	Rute	Permintaan(KL)
1	TBBM - Q - TBBM	16 (P) + 8 (S)
2	TBBM - T - U - TBBM	8 (P) + 8 (P)
3	TBBM - P - TBBM	16 (P) + 8 (S)
4	TBBM - N - O - TBBM	16 (S) + 8 (P)
5	TBBM - S - TBBM	8 (P) + 16 (S)
6	TBBM - M - TBBM	16 (S) + 8 (S)
7	TBBM - L - TBBM	16 (P) + 8 (S)
8	TBBM - L - TBBM	16 (S) + 8 (S)
9	TBBM - K - TBBM	16 (P) + 8 (S)
10	TBBM - M - O - TBBM	16 (S) + 8 (P)
11	TBBM - J - TBBM	24 (S)
12	TBBM - I - TBBM	24 (S)
13	TBBM - K - R - TBBM	8 (S) + 16 (S)
14	TBBM - E - TBBM	8 (P) + 16 (S)
15	TBBM - D - TBBM	16 (S) + 8 (S)
16	TBBM - B - TBBM	16 (P) + 8 (S)
17	TBBM - C - TBBM	16 (P) + 8 (S)
18	TBBM - H - TBBM	16 (P) + 8 (S)
19	TBBM - H - I - TBBM	8 (S) + 8 (P)
20	TBBM D - V - TBBM	8(P) + 8 (P)
21	TBBM - A - F - TBBM	16 (P) + 8 (S)
22	TBBM - G - TBBM	16 (P)

4. Nearest Neighbor

Untuk melakukan perhitungan menggunakan metode *Nearest Neighbor*, penelitian ini terlebih dahulu menggunakan data jarak antar titik yang telah dihitung dengan rumus *Haversine*. Berdasarkan tinjauan literatur, metode *Nearest Neighbor* membentuk rute secara bertahap dengan memilih pelanggan yang memiliki jarak paling dekat dari titik kunjungan terakhir. Seluruh jarak pada perhitungan ini dinyatakan dalam satuan kilometer (km) sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4.

Gambar 3. Penentuan Titik Metode Nearest Insert

Kode Huruf	TBBM	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
TBBM	0.00																						
A	4	0.00																					
B	6	1.92	0.00																				
C	9	1.77	2.49	0.00																			
D	13	6.42	7.94	5.52	0.00																		
E	11	9.95	11.84	10.62	8.22	0.00																	
F	11	9.65	11.57	10.07	6.99	1.55	0.00																
G	9	7.46	6.64	8.95	13.76	14.30	14.75	0.00															
H	14	14.44	16.31	15.09	12.09	4.49	5.18	18.26	0.00														
I	35	32.85	34.76	33.31	29.25	22.94	23.25	36.50	18.51	0.00													
J	55	48.65	50.57	48.83	44.13	39.00	39.02	53.01	34.77	16.88	0.00												
K	63	51.90	53.80	52.39	48.29	41.96	42.32	55.15	37.50	19.08	9.48	0.00											
L	73	55.80	57.70	56.23	52.01	45.88	46.19	59.21	41.44	22.95	10.54	4.19	0.00										
M	79	55.39	57.19	56.17	52.80	45.55	46.23	57.37	41.10	24.24	19.74	10.34	11.69	0.00									
N	147	122.59	123.97	123.93	122.42	114.24	115.43	121.24	110.45	97.88	94.24	84.90	84.05	75.35	0.00								
O	151	125.38	126.76	126.73	125.23	117.05	118.24	124.00	113.27	100.71	97.01	87.68	86.81	78.16	2.33	0.00							
P	154	128.38	129.80	129.69	128.01	119.86	121.01	127.25	115.99	102.84	98.32	89.09	87.98	79.83	6.96	5.33	0.00						
Q	165	136.97	138.34	138.33	136.86	128.68	129.87	135.51	124.91	112.30	108.29	99.01	98.01	89.60	14.47	11.64	10.30	0.00					
R	47	41.63	43.55	41.71	36.88	32.19	32.08	46.39	28.14	11.69	7.51	13.84	17.35	24.24	99.56	102.36	103.93	113.77	0.00				
S	177	127.03	128.80	127.88	124.56	117.27	117.99	128.39	112.84	95.66	84.66	77.45	74.53	71.77	45.63	46.44	42.62	50.55	91.85	0.00			
T	159	129.09	130.49	130.43	128.85	120.68	121.86	127.81	116.86	104.03	99.88	90.61	89.59	81.22	6.63	4.13	2.74	8.42	105.38	45.35	0.00		
U	162	134.67	136.03	136.04	134.61	126.42	127.62	133.17	122.67	110.21	106.41	97.11	96.17	87.62	12.32	9.49	9.06	2.47	111.82	50.59	6.77	0.00	
V	9	4.27	5.60	3.14	2.41	9.19	8.26	11.73	13.44	31.15	46.30	50.23	54.00	54.45	123.33	126.13	128.99	137.75	39.09	126.21	129.79	135.48	0.00

Tabel 6. Hasil Rute Nearest Neighbor

No	Rute	Permintaan
1	TBBM - A - C - TBBM	16 (P) + 8 (P)
2	TBBM - B - TBBM	16 (P) + 8 (S)
3	TBBM - C - V - TBBM	16 (P) + 8 (P)
4	TBBM - G - D - TBBM	16 (P) + 8 (S)
5	TBBM - E - TBBM	16 (S) + 8 (P)
6	TBBM - F - H - TBBM	8 (S) + 16(P)
7	TBBM - D - TBBM	16 (S) + 8(P)
8	TBBM - H - I - TBBM	16 (S) + 8(P)
9	TBBM - I - TBBM	24 (S)
10	TBBM - J - TBBM	24 (S)
11	TBBM - R - K - TBBM	16 (S) + 8 (P)
12	TBBM - K - TBBM	16 (S) + 8 (P)

13	TBBM - L - TBBM	16 (S) + 8 (P)
14	TBBM - L - TBBM	16 (S) + 8 (P)
15	TBBM - M - TBBM	24 (P)
16	TBBM - M - N - TBBM	16 (S) + 8 (P)
17	TBBM - N - O - TBBM	8 (P) + 16(P)
18	TBBM - P - TBBM	16 (P) + 8 (S)
19	TBBM - Q - TBBM	16 (P) + 8 (S)
20	TBBM - S - TBBM	16 (S) + 8 (P)
21	TBBM - T - U - TBBM	8 (P) + 8 (P)

5. Nearest Insert

Metode *Nearest Insert* membentuk rute awal secara bertahap dengan menyisipkan pelanggan ke dalam rute pada posisi yang memberikan penambahan jarak paling kecil. Proses ini dilakukan dengan mengetahui total jarak yang muncul ketika suatu pelanggan ditempatkan di antara dua titik dalam rute yang sudah terbentuk. Seluruh jarak dinyatakan dalam satuan kilometer. seperti hasil Rute yang dapat disisipkan dengan Metode Nearest Insert pada di Tabel 7. adalah hasil rute yang dapat disisipkan dengan mempertimbangkan kapasitas dan memaksimalkan kompartemen mobil tangki.

Tabel 7. Hasil Penyisipan Metode Nearest Insert

SPBU Disisipkan	Rute Baru	Total Jarak Haversine (km)	
B	TBBM – A – B – TBBM	4 + 1.92 + 6	11.92
C	TBBM – B – C – TBBM	6 + 2.49 + 9	17.49
V	TBBM – C – V – TBBM	9 + 3.14 + 9	21.14
E	TBBM – G – E – TBBM	9 + 14.30 + 11	34.3
F	TBBM – E – F – TBBM	11 + 1.55 + 11	23.55
H	TBBM – D – H – TBBM	13 + 12.09 + 14	39.09
I	TBBM – H – I – TBBM	14 + 18.51 + 35	67.51
K	TBBM – R – K – TBBM	47 + 28.09 + 63	138.09
N	TBBM – M – N – TBBM	79 + 75.35 + 147	301.35
O	TBBM – N – O – TBBM	147 + 2.83 + 151	300.83

U	TBBM – T – U – TBBM	$159 + 4.20 + 162$	325.2
---	---------------------	--------------------	--------------

Berdasarkan tahapan metode *Nearest Insert* yang telah dilakukan, diperoleh rute distribusi yang terbentuk secara bertahap dengan mempertimbangkan total jarak terpendek serta batasan kapasitas dan kompartemen kendaraan sesuai MCVRP. Hasil pembentukan rute tersebut ditampilkan pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil rute metode Nearest Insert

No	Rute	Kapasitas
1	TBBM – A – B – TBBM	16 (P) + 8 (S)
2	TBBM – B – C – TBBM	16 (P) + 8 (S)
3	TBBM – C – V – TBBM	16 (P) + 8 (P)
4	TBBM – G – E – TBBM	16 (P) + 8(P)
5	TBBM – E – F – TBBM	16 (S) + 8 (S)
6	TBMM - D - TBBM	24 (S)
7	TBBM – D – H – TBBM	8 (P) + 16 (S)
8	TBBM – H – I – TBBM	16 (P) + 8 (P)
9	TBBM – I – TBBM	24 (S)
10	TBBM – R – K – TBBM	16 (S) + 8(S)
11	TBBM – J – TBBM	24 (S)
12	TBBM – K – TBBM	16 (P) + 8 (S)
13	TBBM – L – TBBM	16 (P) + 8 (S)
14	TBBM – L – TBBM	24 (S)
15	TBBM – M – TBBM	24 (P)
16	TBBM – M – N – TBBM	16 (S) + 8 (P)
17	TBBM – N – O – TBBM	8 (P) + 16 (P)
18	TBBM – P – TBBM	8 (S) + 16 (P)
19	TBBM – Q – TBBM	8 (S) + 16 (P)
20	TBBM – S – TBBM	16 (P) + 8 (S)

21	TBBM – T – U – TBBM	8 (P) + 8 (P)
----	---------------------	---------------

7. Biaya Konsumsi Bahan Bakar.

Setelah diperoleh total jarak tempuh rute setiap metode, langkah berikutnya adalah menghitung biaya konsumsi bahan bakar yang digunakan oleh masing-masing kendaraan dalam proses distribusi. Konsumsi dihitung berdasarkan total jarak dikalikan dengan konsumsi bahan bakar per kilometer sesuai dengan jenis mobil tangki.

Mobil tangki 16 KL: 0.3 liter/km

Mobil tangki 24 KL: 0.4 liter/km

Selain itu, dilakukan konversi konsumsi ke dalam bentuk biaya menggunakan harga BBM (Solar) sebesar Rp 22.550/liter. Dalam menentukannya langkah yang dilakukan dijelaskan dibawah ini.

Iterasi 1:

1. Mengambil rute berdasarkan iterasi pertama metode *Saving Matrix* yaitu TBBM – Q – TBBM
2. Menentukan Total jarak tempuh rute berdasarkan *Google Maps* yaitu : 326 km
3. Menggunakan mobil tangki 24 KL dengan konsumsi bahan bakar 0.4 liter/km.
4. Menghitung konsumsi bahan bakar: $326 \times 0.4 = 130.4$ liter
5. Mengalikan konsumsi dengan harga solar Rp 22.550/liter: $130.4 \times 22.550 = \text{Rp } 2.940.520.00$

Hasil Perbandingan

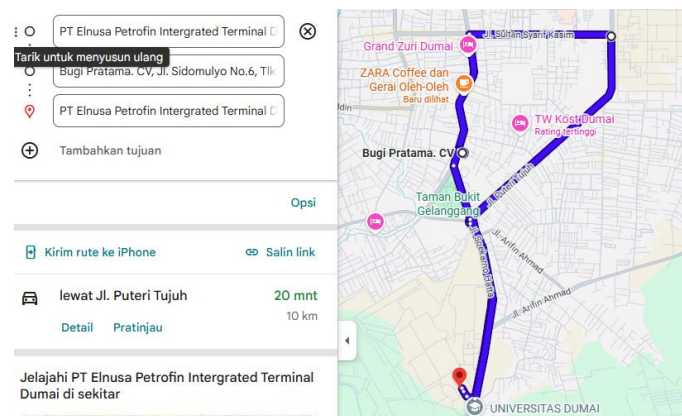
Perbandingan difokuskan pada jumlah rute, total jarak tempuh, waktu distribusi, konsumsi bahan bakar minyak, jumlah dan jenis mobil serta total biaya distribusi sebagaimana disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan Distribusi

Rute	Jumlah Rute	Jenis Mobil		Total Jarak (km)	Total Waktu (jam)	Total Konsumsi Bahan Bakar	Total Biaya
		16KL	24KL				
Aktual	30	27	3	4001.9	133.40	1233.87	Rp 27,823,768.50
<i>Saving Matrix</i>	22	2	20	3048.3	101.61	1174.73	Rp 26,490,161.50
<i>Nearest Neighbor</i>	21	1	20	3011.2	100.37	1171.78	Rp 26,423,639.00
Nearest Insert	21	1	20	3021.8	100.73	1176.02	Rp 26,519,251.00

. Berdasarkan pada tabel 4.21, kondisi aktual menunjukkan penggunaan 30 rute dengan total jarak tempuh sebesar 4001,9 km, total waktu distribusi 133,40 jam, konsumsi bahan

bakar 1233,87 liter, dan total biaya sebesar Rp 27.823.768,50. Setelah dilakukan optimasi menggunakan metode heuristik. Didapatkan usulan rute metode *Saving Matrix* menghasilkan 22 rute dengan total jarak 3048,3 km, total waktu 101,61 jam, konsumsi bahan bakar 1174,73 liter, dan total biaya Rp 26.490.161,50. Metode *Nearest Neighbor* menghasilkan 21 rute dengan total jarak 3011,2 km, waktu tempuh 100,37 jam, konsumsi bahan bakar 1171,78 liter, serta total biaya Rp 26.423.639,00, sedangkan metode *Nearest Insert* menghasilkan 21 rute dengan total jarak 3021,8 km, waktu tempuh 100,73 jam, konsumsi bahan bakar 1176,02 liter, dan total biaya Rp 26.519.251,00. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan ketiga metode heuristik mampu meningkatkan efisiensi distribusi BBM

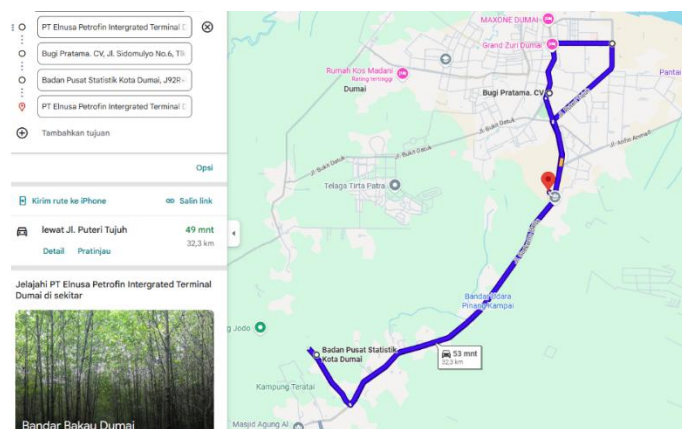


Perbandingan Bentuk Rute

Gambar 4. Bentuk Rute awal

rute awal pada gambar 5.1.1 digunakan sebagai contoh kondisi pembandingan dalam analisis kinerja rute distribusi usulan yang dihasilkan melalui metode *Saving Matrix*, *Nearest Neighbor*, dan *Nearest Insert*. Dengan adanya pembandingan ini, tingkat efisiensi rute usulan dapat dianalisis secara objektif berdasarkan perubahan jarak, waktu, dan biaya distribusi. Pada gambar 5.1.1 menampilkan rute aktual distribusi yang diambil pada iterasi SPBU A yaitu TBBM – A – TBBM

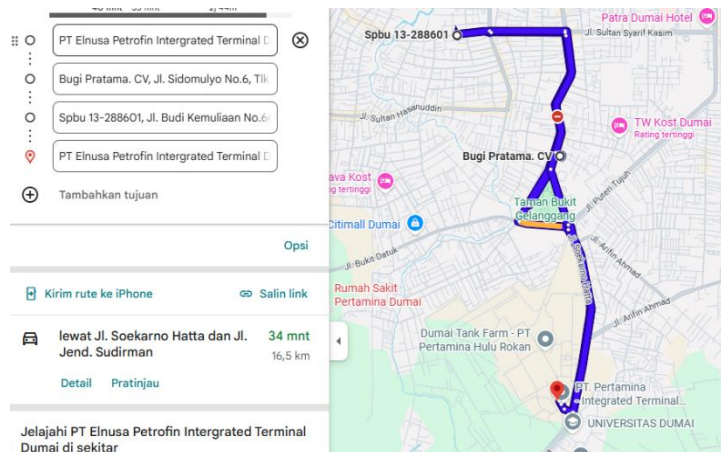
Rute Saving Matrix



Gambar 5. Bentuk Saving Matrix

Berdasarkan gambar, terlihat perbedaan pola distribusi yang dihasilkan oleh setiap metode. Pada metode *Saving Matrix*, rute tampak lebih memanjang dengan lintasan yang menggabungkan beberapa titik distribusi dalam satu perjalanan, sehingga secara visual terlihat lebih jauh namun mampu mengurangi jumlah rute karena fokus pada penggabungan rute berdasarkan nilai

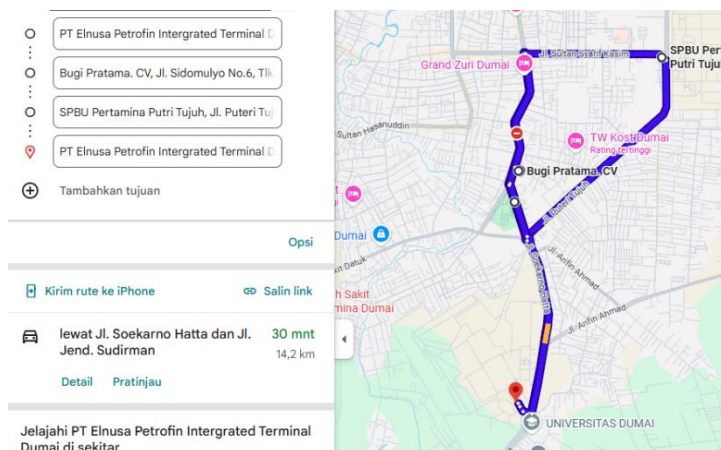
Rute Nearest Neighbor



Gambar 6. Bentuk Nearest Neighbor

Pada Gambar 7. metode *Nearest Neighbor*, rute terlihat paling ringkas dan langsung, dengan jalur yang mengikuti kedekatan geografis antar SPBU serta minim penyimpangan, sehingga secara visual rute tampak lebih pendek dan terfokus.

Rute Nearest Insert



Gambar 7. Bentuk Nearest Insert

Pada Gambar 8. Metode *Nearest Insert* menunjukkan bentuk rute yang lebih seimbang, di mana jalur distribusi tampak lebih terstruktur dan tidak terlalu memanjang maupun terlalu padat, karena titik distribusi disisipkan pada posisi yang menghasilkan tambahan jarak minimum. Perbedaan visual ini menegaskan bahwa masing-masing metode membentuk karakter rute yang berbeda sesuai dengan prinsip optimasi yang digunakan.

KESIMPULAN

Pada kondisi aktual, distribusi BBM dilakukan melalui 30 rute dengan total jarak 4001,9 km, waktu distribusi 133,40 jam, konsumsi bahan bakar 1233,87 liter, dan biaya distribusi Rp27.823.768,50. Setelah optimasi, metode Saving Matrix menghasilkan 22 rute dengan jarak tempuh 3048,3 km, waktu distribusi 101,61 jam, konsumsi bahan bakar 1174,73 liter, dan biaya Rp26.490.161,50, yang menunjukkan penurunan signifikan dibandingkan kondisi aktual. Metode Nearest Insert menghasilkan 21 rute dengan jarak tempuh 3021,8 km, waktu distribusi 100,73 jam, konsumsi bahan bakar 1176,02 liter, dan biaya Rp26.519.251,00, dengan efisiensi yang stabil pada seluruh indikator kinerja. Sementara itu, metode Nearest Neighbor memberikan hasil paling optimal dengan 21 rute, jarak tempuh terendah sebesar 3011,2 km, waktu distribusi 100,37 jam, konsumsi bahan bakar 1171,78 liter, dan biaya distribusi terendah sebesar Rp26.423.639,00. Berdasarkan perbandingan tersebut, metode Nearest Neighbor dapat disimpulkan sebagai metode paling efektif dalam penelitian ini karena menghasilkan nilai jarak tempuh, waktu distribusi, konsumsi bahan bakar, dan biaya operasional paling rendah.

DAFTAR PUSTAKA

Andalia, W., Oktarini, D., Humairoh, S. (2021) “Penentuan pola distribusi optimal menggunakan metode saving matrix untuk meningkatkan fleksibilitas pemesanan,” *Journal Industrial Servicess*, 7(1), p. 23.

<https://doi.org/10.36055/jiss.v7i1.11378>.

Anggraeni, M., Tazkiya, O., Mawandi, E., & Amarilies, H. (2023, March). Optimization of Fuel Distribution Routes for Green Logistics in *Multi Compartment Vehicle Routing Problem* (MCVRP) using Branch and Bound Algorithm (Case Study: Boyolali Fuel Terminal). In 13th Annual International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, <https://doi.org/10.46254/AN13.20230333>.

Anisa Permatasari, D. & Lukmandono, L. (2024) “Implementasi Metode Saving Matrix Dan Nearest Neighbor Untuk Meningkatkan Efektivitas Dan Efisiensi Rute,” *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 14(1), pp. 101–106. <https://doi.org/10.36040/industri.v14i1.6990>.

Ariyanto, D. Suseno (2023) “Optimalisasi Penentuan Rute Distribusi Roti Bakar Dengan Metode Saving Matrix Dan Algoritma Nearest Neighbor Pada Pabrik Roti Bakar Azhari,” *Jurnal Ilmiah Teknik Industri Dan Inovasi*, 2(1), pp. 1–11. <https://doi.org/10.59024/jisi.v2i1.494>.

Coelho, L.C. & Laporte, G. (2015) “Classification, models and exact algorithms for multi-compartment delivery problems,” *European Journal of Operational Research*, 242(3), pp. 854–864. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.10.059>.

Fan, X., Yao, G., Yang, Y. (2023) “Multi-Compartment Vehicle Routing Problem Considering Traffic Congestion under the Mixed Carbon Policy,” *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(18). <https://doi.org/10.3390/app131810304>.

Geraldo, Rohaeni, H. & Maulia, I.R. (2025) “penentuan lokasi gudang baru dan optimasi rute distribusi untuk meminimalisir biaya distribusi pada PT.XYZ,” *Jurnal Ilmiah ekonomi manajemen bisnis dan akuntansi*, 2(4), pp. 731–741.

Hanafie, A., Syarifuddin, R., & Sofia, S. (2023). Penentuan Rute Pengiriman Dari Pt. Harapan Jaya Multi Bisnis Makassar Ke Area Distribusi Dengan Metode Saving Matrix . *Journal Industrial Engineering and Management (JUSTME)*, 3(02), 48–54. <https://doi.org/10.47398/justme.v3i02.34>

Hanif, R., Oktyajati, N., & Nugraheni, D. D. (2022). Penentuan Rute Distribusi Untuk Meminimalkan Biaya Transportasi Menggunakan Metode Saving Matrix Dan Nearest Insert (Studi Kasus Pt. Xyz). *Journal of Research and Technology Studies*, 1(1), 25-34.

Muñoz-Villamizar, A., Quintero-Araújo, C. L., Montoya-Torres, J. R., & Faulin, J. (2019). Short-and mid-term evaluation of the use of electric vehicles in urban freight transport collaborative networks: a case study. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 22(3), 229-252.

F. Ramadhani, W. Sari, A. Darmawan, A.Rifai (2024) “Multi-Vehicle Capacitated Vehicle Routing Problem For Rice Commodities In Indonesia Considering The Factors Of Weather-Induced Damages And Carbon Emissions,” *ASEAN Engineering Journal*, 14(2), pp. 195–207. <https://doi.org/10.11113/aej.v14.21096>.

Robusto, C. C. (1957). The cosine-haversine formula. *The American Mathematical Monthly*, 64(1), 38-40.

Wisittipanich, W., Phoungthong, K., Srisuwannapa, C., Baisukhan, A., & Wisittipanit, N. (2021). Performance comparison between particle swarm optimization and differential evolution algorithms for postman delivery routing problem. *Applied Sciences*, 11(6), 2703.

Ingwersen, C. F., Smeulders, B. M. L., & Roda, M. A. An exact branch-price-and-cut algorithm for the multi-compartment vehicle routing problem with pickups and deliveries.