

Optimasi Rute Distribusi Cabai Merah Menggunakan Metode *Saving Matrix* dan *Nearest Neighbor* pada Depot Roga Berastagi

Merani Estevani Br Sembiring¹, Saina Tesalonika Perangin angin², Anita Christine Sembiring³
^{1,2,3} Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, PUI Transportasi, Logistik Perkotaan, Universitas Prima
Indonesia

Jl. Sampul No. 4, Sei Putih, Kec. Medan Petisah, Kota Medan, Sumatera Utara 20118

Email: sembiringmerani@gmail.com, sainatesalonika248@gmail.com, anitachristinesembiring@unprimdn.ac.id

ABSTRAK

Distribusi cabai merah sebagai komoditas hortikultura yang bersifat mudah rusak (*perishable*) memerlukan sistem distribusi yang cepat dan efisien untuk menjaga kualitas produk serta menstabilkan harga di tingkat konsumen. Pajak Roga Berastagi berperan sebagai pusat distribusi utama cabai merah di Kabupaten Karo, namun proses distribusi yang berjalan masih menghadapi kendala berupa penentuan rute yang belum optimal sehingga menyebabkan jarak tempuh lebih panjang, penggunaan bahan bakar tidak efisien, dan biaya transportasi tinggi. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan rute distribusi cabai merah dari depot Pajak Roga Berastagi menggunakan metode *Saving Matrix* dan algoritma *Nearest Neighbor*. Metode *Saving Matrix* digunakan untuk menentukan kombinasi rute dengan penghematan jarak terbesar melalui penggabungan beberapa titik distribusi dalam satu perjalanan, sedangkan algoritma *Nearest Neighbor* digunakan untuk menentukan urutan kunjungan berdasarkan jarak terdekat. Permasalahan dimodelkan sebagai *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan satu depot dan beberapa titik distribusi serta mempertimbangkan kapasitas kendaraan sebagai batasan operasional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi kedua metode mampu meningkatkan efisiensi distribusi secara signifikan, dengan pengurangan total jarak tempuh dari 6.588 km menjadi 3.973 km atau sebesar 39,69%, penurunan biaya transportasi dari Rp10.946.200 menjadi Rp6.823.075,67 atau sebesar 37,67%, serta pengurangan jumlah rute distribusi dari 14 rute menjadi 5 rute sehingga meningkatkan efisiensi operasional dan mempercepat waktu pengiriman.

Kata kunci: Optimasi Distribusi, Cabai Merah, Saving Matrix, Nearest Neighbor, Biaya Transportasi.

ABSTRACT

The distribution of red chili peppers, a perishable horticultural commodity, requires a fast, efficient distribution system to maintain product quality and stabilize consumer prices. Pajak Roga Berastagi serves as a major distribution center for red chili peppers in Karo Regency; however, the existing distribution system still faces several challenges, particularly inefficient delivery routes that result in longer travel distances, excessive fuel consumption, and higher transportation costs. This study aims to optimize the distribution routes for red chili peppers from the Pajak Roga Berastagi depot using the Saving Matrix method and the Nearest Neighbor algorithm. The Saving Matrix method was used to identify route combinations that provide the greatest distance savings by combining multiple distribution points into a single trip, while the Nearest Neighbor algorithm was applied to determine the sequence of visits based on the shortest distance. The problem was modeled as a Vehicle Routing Problem (VRP) with a single depot and multiple distribution points, subject to vehicle capacity constraints. The results indicate that the combination of the Saving Matrix method and the Nearest Neighbor algorithm significantly improved distribution efficiency. The total travel distance was reduced from 6,588 km to 3,973 km, representing an efficiency increase of 39.69%, while transportation costs decreased from IDR 10,946,200 to IDR 6,823,075.67, resulting in a 37.67% cost savings. In addition, the number of distribution routes decreased from 14 to 5, reducing the number of vehicles required and improving operational efficiency and delivery time.

Keywords: Distribution Optimization, Red Chili, Saving Matrix, Nearest Neighbor, Transportation Costs.

Pendahuluan

Distribusi produk pertanian memiliki peran penting dalam memastikan efisiensi rantai pasok, menjaga kualitas produk, dan menstabilkan harga di pasar konsumen [1]. Hal ini menjadi sangat penting terutama untuk komoditas hortikultura seperti cabai merah yang bersifat mudah rusak (*perishable*) dan sensitif terhadap waktu, jarak, serta kondisi transportasi [2],[3]. Sistem distribusi yang tidak efisien dapat menyebabkan peningkatan biaya transportasi, keterlambatan pengiriman, serta penurunan kualitas produk yang pada akhirnya menimbulkan kerugian ekonomi bagi para pelaku terkait [4].

Pajak Roga Berastagi merupakan salah satu pusat perdagangan hasil pertanian utama di Kabupaten Karo yang berfungsi sebagai pusat distribusi cabai merah ke berbagai lokasi pasar tujuan [5]. Namun, sistem distribusi yang berjalan saat ini masih

banyak bergantung pada pengalaman pengemudi tanpa adanya perencanaan rute yang sistematis [6]. Kondisi ini mengakibatkan jarak tempuh yang lebih panjang, penggunaan bahan bakar yang tidak efisien dan meningkatkan biaya transportasi [7]. Permasalahan utama pada sistem distribusi cabai merah di Pajak Roga Berastagi terletak pada penentuan rute distribusi yang masih dilakukan berdasarkan pengalaman pengemudi tanpa menggunakan pendekatan matematis yang sistematis [6]. Kondisi tersebut menyebabkan kendaraan sering menempuh jalur distribusi yang tidak optimal sehingga meningkatkan total jarak perjalanan, penggunaan bahan bakar, serta biaya transportasi. Selain itu, pola distribusi satu kendaraan untuk satu tujuan menyebabkan rendahnya tingkat utilisasi kendaraan dan meningkatnya jumlah perjalanan distribusi. Pada komoditas hortikultura yang bersifat mudah rusak, keterlambatan distribusi juga dapat menyebabkan penurunan kualitas produk dan meningkatkan risiko kerugian ekonomi dalam rantai pasok [2],[4]. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan optimasi rute distribusi yang mampu menghasilkan rute yang lebih efisien dan terstruktur. Metode optimasi rute dapat diterapkan guna meningkatkan efisiensi distribusi. Metode *Saving Matrix* yang diperkenalkan oleh Clarke dan Wright banyak digunakan untuk menentukan kombinasi rute berdasarkan nilai penghematan jarak, sehingga mampu mengurangi total jarak tempuh [8]. Sementara itu, algoritma *Nearest Neighbor* merupakan metode heuristik yang digunakan untuk menentukan urutan kunjungan lokasi berdasarkan jarak terdekat, sehingga mudah diterapkan dan sesuai untuk kondisi nyata [9].

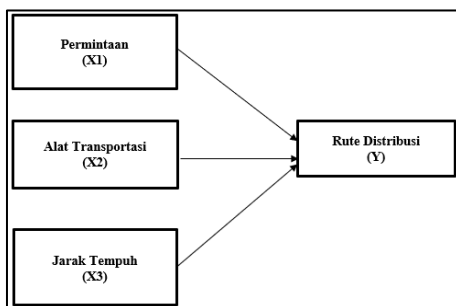
Meskipun penelitian mengenai optimasi distribusi menggunakan metode *Saving Matrix* maupun *Nearest Neighbor* telah banyak dilakukan, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada distribusi produk umum dan belum secara spesifik diterapkan pada distribusi komoditas hortikultura yang bersifat mudah rusak (*perishable*). Selain itu, beberapa penelitian sebelumnya cenderung menggunakan satu metode optimasi secara terpisah sehingga efisiensi rute yang dihasilkan belum optimal. Penelitian oleh Abryandoko & Wahyu [10] menggunakan kombinasi *Saving Matrix* dan *Nearest Neighbor* pada distribusi logistik umum, sedangkan Oktaviana dan Winda [11] lebih berfokus pada penggunaan *Saving Matrix* pada distribusi buah lokal tanpa mempertimbangkan penentuan urutan kunjungan secara sistematis. Oleh karena itu, masih terdapat *research gap* dalam penerapan kombinasi metode *Saving Matrix* dan *Nearest Neighbor* pada distribusi cabai merah yang memiliki karakteristik sensitif terhadap waktu distribusi dan kualitas produk.

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan rute distribusi cabai merah Pajak Roga Berastagi dengan menerapkan metode *Saving Matrix* dan algoritma *Nearest Neighbor*. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk meminimalkan total jarak tempuh dan biaya transportasi sehingga dapat meningkatkan efisiensi dalam sistem distribusi [10].

Kontribusi penelitian ini terletak pada penerapan kombinasi metode *Saving Matrix* dan algoritma *Nearest Neighbor* dalam menyelesaikan permasalahan distribusi cabai merah yang dimodelkan sebagai *Vehicle Routing Problem* (VRP). Penelitian ini memberikan kontribusi akademik berupa pengembangan pendekatan optimasi distribusi pada komoditas hortikultura yang bersifat *perishable* serta memberikan kontribusi praktis berupa usulan rute distribusi yang lebih efisien dalam mengurangi jarak tempuh, biaya transportasi, dan jumlah kendaraan distribusi pada Pajak Roga Berastagi.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di Pajak Roga Berastagi, yang merupakan salah satu pusat distribusi hasil pertanian di Kabupaten Karo, Indonesia. Objek penelitian adalah sistem distribusi cabai merah dari depot menuju beberapa lokasi pasar tujuan. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif analitis untuk menganalisis dan mengoptimalkan rute distribusi. Penelitian ini menggunakan kerangka konseptual yang menggambarkan hubungan antara variabel variabel yang mempengaruhi rute distribusi. Variabel independen dalam penelitian ini terdiri dari permintaan, alat transportasi, dan jarak tempuh antara lokasi distribusi dengan Pajak Roga Berastagi serta antar lokasi distribusi, sedangkan variabel dependen adalah rute distribusi. Pengumpulan data data tersebut dilakukan dengan beberapa metode seperti observasi langsung ke Pajak Roga Berastagi serta wawancara dengan pihak terlibat untuk memperoleh informasi mengenai frekuensi pengiriman dan biaya transportasi [10], [11], [12].



Gambar 1 Kerangka konsep penelitian

Permasalahan dalam penelitian ini diformulasikan sebagai *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan satu depot, yaitu Pajak Roga Berastagi, yang melayani beberapa titik distribusi. Untuk menyelesaikan masalah tersebut, digunakan dua metode yaitu metode *Saving Matrix* dan algoritma *Nearest Neighbor*. Metode *Saving Matrix* digunakan untuk menentukan kombinasi rute distribusi yang paling efisien berdasarkan nilai penghematan jarak. Pada tahap awal, setiap lokasi tujuan diasumsikan

dilayani secara terpisah. Langkah pertama dari metode ini adalah menyusun Matriks Jarak berdasarkan jarak antara depot (Pajak Roga Berastagi) dengan masing masing lokasi distribusi menggunakan persamaan Euclidean berikut. Matriks Jarak ini akan menjadi dasar dalam perhitungan nilai penghematan [13], [14], [15].

$$J(i, j) = \sqrt{(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2} \quad (1)$$

Dimana :

J(i,j) : Jarak antara lokasi i dan j
X_i, Y_i : Koordinat lokasi i
X_j, Y_j : Koordinat lokasi j

Setelah seluruh jarak sudah diketahui, nilai penghematan (Saving Matrix) antara dua lokasi dihitung untuk mengidentifikasi kemungkinan penggabungan rute yang dapat meminimalkan total jarak tempuh dengan persamaan berikut.

$$S(x, y) = J(0, x) + J(0, y) - J(x, y) \quad (2)$$

Dimana :

S(x,y) : Penghematan jarak dari penggabungan rute pedagang x dan y
J(0,x) : Jarak dari depot ke pedagang x
J(0,y) : Jarak dari depot ke pedagang y
J(x,y) : Jarak antara pedagang x dan pedagang y

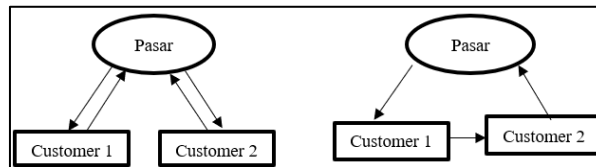
Setelah itu, penggabungan rute dilakukan dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan. Suatu rute dinyatakan layak apabila total permintaan pada rute tersebut tidak melebihi kapasitas kendaraan yang tersedia [16], [17].

$$\text{Total muatan rute} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n \quad (3)$$

Dengan ketentuan :

$$\text{Total muatan rute} \leq \text{Kapasitas kendaraan} \quad (4)$$

Jika ketentuan tersebut terpenuhi, maka rute hasil penggabungan dapat digunakan sebagai rute distribusi yang layak dan efisien. Gambar dibawah ini merupakan ilustrasi bagaimana metode penelitian ini dapat memberikan perubahan yang terjadi akibat penggabungan antara pelanggan pertama (lokasi distribusi) dan pelanggan kedua (lokasi distribusi) ke dalam satu rute.



Gambar 2 Ilustrasi perubahan rute customer

Setelah rute terbentuk, langkah selanjutnya adalah menerapkan urutan kunjungan lokasi tujuan dalam setiap rute menggunakan metode *Nearest Neighbor*. Metode *Nearest Neighbor* adalah metode penentuan rute distribusi dengan memilih lokasi tujuan yang memiliki jarak paling dekat dari posisi terakhir kendaraan. Dengan metode ini, rute distribusi menjadi lebih efisien karena kendaraan selalu bergerak ke lokasi terdekat berikutnya hingga seluruh tujuan berhasil dihampiri. Langkah penerapan metode ini adalah sebagai berikut [18], [19].

1. Menentukan depot sebagai titik awal distribusi
2. Memilih lokasi pedagang terdekat dari posisi kendaraan saat ini
3. Mengulangi proses pemilihan lokasi terdekat hingga seluruh lokasi berhasil dikunjungi
4. Kembali ke depot.

Penelitian ini menggunakan pendekatan VRP *deterministic* dengan asumsi bahwa kondisi distribusi bersifat statis selama proses pengiriman berlangsung. Asumsi yang digunakan meliputi kondisi lalu lintas yang dianggap konstan, waktu tempuh yang proporsional terhadap jarak distribusi, serta permintaan pelanggan yang diasumsikan tetap selama periode distribusi. Pendekatan *deterministic* ini umum digunakan pada penelitian optimasi distribusi tahap awal karena mampu memberikan gambaran dasar efisiensi rute secara sistematis [6]. Namun, kondisi nyata distribusi pada sektor hortikultura bersifat dinamis dan dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti kemacetan lalu lintas, perubahan permintaan pasar, keterlambatan pengiriman, dan kondisi infrastruktur. Oleh karena itu, pertimbangan penelitian selanjutnya dapat

mempertimbangkan pendekatan *Dynamic Vehicle Routing Problem* (DVRP) sehingga sistem distribusi menjadi lebih adaptif terhadap perubahan kondisi operasional.

Hasil Dan Pembahasan

Data Distribusi Awal Cabai Merah

Data distribusi awal digunakan sebagai dasar analisis optimasi rute. Data tersebut meliputi tujuan pengiriman, jumlah muatan, jarak tempuh, kapasitas kendaraan dan biaya transportasi. Data distribusi awal cabe merah disajikan dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Data distribusi awal cabai merah

No	Asal Pengiriman	Tujuan Pengiriman	Muatan (Ton)	Jarak (Km)	Kapasitas Kendaraan (Ton)	Jenis Kendaraan	Biaya BBM (Rp)	Biaya Retribusi (Rp)	Total Biaya (Rp)
1		Pekanbaru	5	1.113	7	Colt Diesel	1.600.000	45.000	1.645.000
2		Kerinci					0		
3		Langsa	6	220	7	Colt Diesel	600.000	60.000	660.000
4		Tanjung Balai	6	228	7	Colt Diesel	700.000	40.000	740.000
5		Pasar Induk Medan	3	55	3	L300	110.000	30.000	140.000
6		Pasar MMTC Medan	3	72	3	L300	150.000	30.000	180.000
7	Pasar Roga	Bagan Batu	6	418	7	Colt Diesel	820.000	60.000	880.000
8	Berastagi	Stabat	3	93	3	L300	168.000	40.000	208.000
9		Kisaran	6	197	7	Colt Diesel	350.000	60.000	410.000
10		Aceh	6	413	7	Colt Diesel	470.000	60.000	530.000
11		Delitua	1,5	56	2	L300	98.000	30.000	128.000
12		Binjai	3	74	3	L300	130.000	30.000	160.000
13		Siantar	7,5	216	9	Colt Diesel	365.000	100.000	465.000
14		Tebing Tinggi	2	139	3	L300	245.000	40.000	285.000

Pada kondisi awal, setiap tujuan pengiriman dilayani oleh satu kendaraan tanpa adanya penggabungan rute. Hal ini menyebabkan beberapa wilayah dengan jarak yang relatif dekat, seperti wilayah Medan dan sekitarnya (Pasar Induk Medan, Pasar MMTC Medan, Delitua, dan Binjai), tetap dilayani secara terpisah. Data total jarak distribusi awal yang disajikan merupakan jarak satu arah, sebesar 3.294 Km, sehingga total jarak pulang pergi (PP) adalah sejauh 6.588 Km. Sistem awal menggunakan pola satu kendaraan untuk satu tujuan sehingga jumlah rute dan kendaraan yang digunakan sebanyak 14 unit. Sebagai tambahan, terkhusus untuk Pekanbaru dan Kerinci, informasi distribusi dianggap sama karena lokasi pasar yang cukup berdekatan.

Penerapan Metode *Saving Matrix*

Metode *Saving Matrix* digunakan untuk menentukan penggabungan rute distribusi yang menghasilkan penghematan jarak terbesar dengan tetap memperhatikan kapasitas kendaraan. Metode ini bekerja dengan membandingkan jarak distribusi jika dua lokasi dilayani secara terpisah dengan jarak jika kedua lokasi tersebut digabungkan dalam satu rute. Nilai *saving* yang positif menunjukkan bahwa kedua lokasi layak digabungkan dalam satu rute karena menghasilkan pengurangan jarak tempuh. Dengan rumus *saving matrix* sebagai berikut.

$$S(i, j) = J(G, i) + J(G, j) - J(i, j) \tag{5}$$

Berikut merupakan contoh perhitungan *Saving Matrix* penggabungan rute Pasar Induk Medan (M1) dan Delitua (M2). Diketahui.

$$J(G, M1) = 55 \text{ Km}$$

$$J(G, M2) = 56 \text{ Km}$$

$$J(M1, M1) = 18 \text{ Km}$$

Sehingga,

$$S(M1, M2) = (55 + 56 - 18) \text{ Km}$$

$$S(M1, M2) = 93 \text{ Km}$$

Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggabungan Pasar Induk Medan dan Delitua dalam satu rute distribusi dapat menghemat jarak sebesar 93 Km dibandingkan jika keduanya dilayani secara terpisah. Berdasarkan perhitungan nilai *saving* yang dapat dilihat pada Lampiran 1, pasangan pasangan rute di bawah ini menjadi prioritas untuk digabungkan dalam satu rute distribusi karena merupakan pasangan rute dengan nilai *saving* terbesar untuk seluruh titik distribusi.

Tabel 2 Hasil nilai *saving*

Pasangan Tujuan	Nilai <i>Saving</i> (Km)	Total Muatan (Ton)
Bagan Batu – Pekanbaru	1262	11
Kisaran – Tanjung Balai	402	12
Siantar – Tebing Tinggi	307	9,5
Aceh – Langsa	208	12
Binjai - Stabat - Delitua - Pasar Induk Medan - Pasar MMTC Medan	234	13,5

Penerapan Metode *Saving Matrix*

Setelah pasangan lokasi yang akan digabungkan diperoleh dari metode *Saving Matrix* pada subbab sebelumnya, langkah selanjutnya adalah menentukan urutan kunjungan dalam setiap rute distribusi menggunakan metode *Nearest Neighbor*.

Metode *Nearest Neighbor* digunakan untuk menentukan urutan kunjungan berdasarkan jarak terdekat dari posisi terakhir kendaraan. Proses ini dimulai dari depot (G), kemudian kendaraan menuju lokasi terdekat pertama. Selanjutnya, dari lokasi tersebut kendaraan akan bergerak ke lokasi berikutnya yang memiliki jarak paling dekat, hingga seluruh lokasi dalam satu rute telah dikunjungi. Setelah itu, kendaraan kembali ke depot. Sebagai contoh, hasil penggabungan lokasi Pasar Induk Medan, Delitua, Stabat, Pasar MMTC Medan dan Binjai yang diperoleh dari metode *Saving Matrix* kemudian disusun urutan kunjungannya menggunakan metode *Nearest Neighbor*.

Rute yang terbentuk adalah sebagai berikut, Depot → Pasar Induk Medan → Pasar MMTC → Delitua → Binjai → Stabat → Depot.

- Dari depot menuju lokasi pertama, lokasi terdekat dari depot yaitu Pasar Induk Medan dengan jarak 55 Km.
- Dari Pasar Induk Medan, lokasi terdekat selanjutnya adalah Pasar MMTC dengan jarak 23 Km.
- Dari Pasar MMTC Medan, lokasi terdekat selanjutnya adalah Delitua dengan jarak 19 Km.
- Dari Delitua, lokasi terdekat berikutnya adalah Binjai dengan jarak 51 Km.
- Dari Binjai, lokasi terdekat berikutnya adalah Stabat dengan jarak 23 Km.
- Terakhir, dari Stabat menuju Depot dengan jarak 93 Km. Sehingga total jarak untuk rute ini adalah 264 Km.

Hasil ini menunjukkan bahwa penggabungan beberapa lokasi dalam satu rute dapat mengurangi total jarak tempuh dibandingkan dengan pengiriman secara terpisah.

Rute Distribusi Baru Hasil Optimasi

Berdasarkan hasil perhitungan metode *Saving Matrix* dan penentuan urutan menggunakan metode *Nearest Neighbor*, diperoleh rute distribusi baru yang lebih efisien dibandingkan dengan kondisi awal. Penggabungan lokasi dalam satu rute dilakukan berdasarkan nilai *saving* terbesar serta kesamaan arah distribusi. Selain itu, urutan kunjungan dalam setiap rute ditentukan menggunakan metode *Nearest Neighbor* dengan mempertimbangkan jarak terdekat antar lokasi.

Tabel 3 Rute distribusi baru hasil optimasi

Rute	Urutan Distribusi	Total Jarak (Km)	Total Muatan (Ton)
A	Depot – Bagan Batu – Pekanbaru – Depot	1800	11
B	Depot – Kisaran – Tanjung Balai – Depot	448	12
C	Depot – Tebing Tinggi – Siantar – Depot	403	9,5
D	Depot – Langsa – Aceh – Depot	1058	12
E	Depot – Pasar Induk Medan – Pasar MMTC – Delitua – Binjai – Stabat – Depot	264	13,5

Seluruh lokasi tujuan telah terakomodasi dalam rute distribusi yang baru. Penggabungan rute ini mampu mengurangi jumlah perjalanan kendaraan karena beberapa lokasi yang memiliki arah distribusi yang sejalan dapat dilayani dalam satu perjalanan. Selain itu, total muatan pada setiap rute telah disesuaikan sehingga tidak melebihi kapasitas maksimum kendaraan sebesar 14 ton. Dengan demikian, rute distribusi yang dihasilkan tidak hanya efisien dari segi jarak, tetapi juga tetap memenuhi batasan operasional yang ada.

Perhitungan Biaya Transportasi Setelah Optimasi

Dengan asumsi konsumsi BBM sebesar 6 Km per liter dan harga BBM Rp9.400 per liter. Didapat perhitungan biaya transportasi setelah optimasi rute sebagai berikut.

Tabel 4 Perhitungan biaya transportasi setelah optimasi

Rute	Jarak (Km)	Biaya BBM (Rp)	Biaya Retribusi (Rp)	Total Biaya (Rp)
A	1800	2.820.000	105.000	2.962.800,00
B	448	701.866,67	100.000	802.314,67
C	403	631.366,67	140.000	771.769,67

D	1058	1.657.533,33	120.000	1.778.591,33
E	264	413.600,00	130.000	543.864,00

Perbandingan Biaya Sebelum dan Sesudah Optimasi

Tabel 5 Perbandingan biaya sebelum dan sesudah optimasi

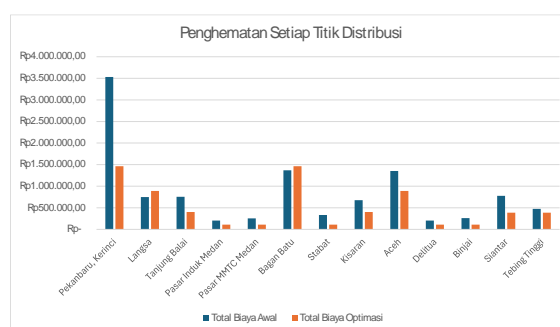
Keterangan	Sebelum Optimasi	Sesudah Optimasi
Total Jarak (Km)	6.588	3.973
Jumlah Rute	14	5
Biaya BBM	10.321.200	6.224.366,67
Biaya Retribusi	625.000	625.000
Total Biaya (Rp)	10.946.200	6.823.075,67
Penghematan	-	37,67%

Sehingga didapat efisiensi jarak dan biaya sebesar:

$$Efisiensi\ Jarak = \frac{6.588 - 3.973}{6.588} = 39,69\%$$

$$Efisiensi\ Biaya = \frac{10.946.200 - 6.823.075,67}{10.946.200} = 37,67\%$$

Hasil ini menunjukkan adanya pengurangan jarak sebesar 39,69% dan Total biaya distribusi mengalami penghematan sebesar 37,67% setelah penerapan metode *Saving Matrix* dan *Nearest Neighbor*.



Gambar 3 Penghematan setiap titik distribusi

Untuk memperoleh gambaran yang lebih rinci mengenai dampak penerapan metode *Saving Matrix* dan *Nearest Neighbor*, dilakukan analisis penghematan biaya pada setiap titik distribusi. Berdasarkan grafik pada Gambar 3, terlihat bahwa hampir seluruh titik distribusi mengalami penurunan biaya setelah penerapan metode *Saving Matrix* dan *Nearest Neighbor*. Hal ini menunjukkan bahwa penggabungan rute distribusi mampu meningkatkan efisiensi penggunaan kendaraan dan mengurangi total jarak tempuh distribusi.

Titik distribusi Pekanbaru Kerinci menunjukkan penghematan biaya terbesar dibandingkan lokasi lainnya. Sebelum optimasi, distribusi menuju wilayah tersebut memerlukan biaya distribusi yang sangat tinggi karena jarak tempuh yang jauh dan penggunaan kendaraan secara terpisah. Setelah dilakukan penggabungan rute dengan Bagan Batu menggunakan metode *Saving Matrix*, total biaya distribusi mengalami penurunan yang signifikan. Kondisi ini menunjukkan bahwa penggabungan lokasi dengan arah distribusi yang sejalan memberikan dampak penghematan yang sangat besar terhadap biaya transportasi.

Sementara itu, beberapa wilayah seperti Langsa dan Bagan Batu menunjukkan penghematan yang relatif lebih kecil dibandingkan titik distribusi lainnya. Hal ini disebabkan oleh karakteristik rute distribusi yang masih memerlukan jarak tempuh cukup panjang meskipun telah dilakukan optimasi. Namun demikian, hasil optimasi tetap menunjukkan adanya penurunan biaya dibandingkan sistem distribusi awal.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa metode *Saving Matrix* dan *Nearest Neighbor* efektif dalam meningkatkan efisiensi distribusi pada seluruh titik pengiriman. Penghematan terbesar terjadi pada wilayah dengan jarak distribusi yang jauh dan memiliki peluang penggabungan rute yang tinggi, sedangkan wilayah dengan jarak distribusi relatif dekat memberikan penghematan yang lebih stabil melalui peningkatan utilisasi kendaraan distribusi. Temuan ini memperkuat bahwa optimasi rute distribusi tidak hanya berdampak pada total biaya secara keseluruhan, tetapi juga memberikan efisiensi operasional pada masing-masing titik distribusi secara individual.

Analisis Hasil Optimasi

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan metode *Saving Matrix* dan *Nearest Neighbor*, terjadi perubahan pola distribusi dari sistem awal menjadi rute gabungan yang lebih efisien. Pada sistem awal, digunakan 14 kendaraan dengan total jarak tempuh 6.588 Km karena setiap kendaraan hanya melayani satu tujuan dan kembali ke depot. Setelah optimasi, beberapa lokasi dengan nilai penghematan terbesar digabungkan dengan tetap memperhatikan kapasitas kendaraan, dan urutan kunjungan ditentukan menggunakan metode *Nearest Neighbor*. Hasilnya, jumlah kendaraan berkurang menjadi 5 unit dengan total jarak tempuh 3.973 Km, sehingga terjadi pengurangan jarak sebesar 2.615 Km atau 39,69%. Penurunan jarak ini berdampak pada penghematan biaya distribusi sekitar 37,67%. Hal ini menunjukkan pengurangan jumlah kendaraan dan efisiensi rute yang memberikan manfaat operasional signifikan dalam jangka panjang. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, hasil optimasi pada penelitian ini secara teoritis memberikan performansi yang cukup signifikan.

Penelitian oleh Abryandoko & Wahyu [10] menunjukkan bahwa penerapan metode *Saving Matrix* dan *Nearest Neighbour* mampu meningkatkan efisiensi distribusi pada produk logistic umum melalui pengurangan jarak tempuh dan pengurangan jumlah kendaraan distribusi. Selain itu, pada penelitian Oktaviana dan Winda [11], pada distribusi buah lokal, juga menunjukkan bahwa metode *Saving Matrix* efektif dalam mengurangi jumlah total jarak distribusi melalui penggabungan rute yang memiliki arah distribusi serupa. Pada penelitian ini, kombinasi metode *Saving Matrix* dan *Nearest Neighbour* berhasil menghasilkan efisiensi jarak sebesar 39,69% dan penghematan biaya sebesar 37,67% yang menunjukkan bahwa pendekatan tersebut sangat efektif diterapkan pada distribusi komoditas hortikultura yang bersifat *perishable* seperti cabai merah. Hasil ini memperkuat penelitian Nutiwati [12], yang menyatakan bahwa optimasi rute distribusi mampu meningkatkan efisiensi operasional secara signifikan melalui pengurangan jarak tempuh dan penggunaan kendaraan.

Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh perubahan kapasitas kendaraan terhadap hasil optimasi distribusi. Pada kondisi awal penelitian, kapasitas maksimum kendaraan yang digunakan adalah 14 ton. Selanjutnya dilakukan simulasi perubahan kapasitas kendaraan menjadi 12 ton dan 16 ton untuk melihat perubahan jumlah rute, total jarak tempuh, dan biaya distribusi.

Pada kapasitas kendaraan sama dengan 12 ton, maka terdapat evaluasi sebagai berikut pada rute optimasi yang sudah diberikan sebelumnya.

Tabel 6 Status rute optimasi dengan kapasitas kendaraan 12 ton

Rute	Alur distribusi	Total muatan (Ton)	Status
A	Depot – Bagan Batu – Pekanbaru – Depot	11	Layak
B	Depot – Kisaran – Tanjung Balai – Depot	12	Layak
C	Depot – Tebing Tinggi – Siantar – Depot	9,5	Layak
D	Depot – Langsa – Aceh – Depot	12	Layak
E	Depot – Pasar Induk Medan – Pasar MMTC – Delitua – Binjai – Stabat – Depot	13,5	Tidak layak

Sehingga rute E harus dipecah menjadi dua rute berbeda sebagai berikut.

Tabel 7 Simulasi rute baru

Rute	Alur distribusi	Total muatan (Ton)	Status
E1	Depot – Pasar Induk Medan – Pasar MMTC – Medan – Delitua – Depot	7,5	Layak
E2	Depot – Binjai – Stabat – Depot	6	Layak

Hasil analisis menunjukkan bahwa ketika kapasitas kendaraan diturunkan menjadi 12 ton, beberapa rute distribusi tidak lagi dapat digabungkan karena total muatan melebihi kapasitas kendaraan. Kondisi ini menyebabkan jumlah rute meningkat dari 5 rute menjadi 6 rute sehingga total jarak tempuh dan biaya distribusi ikut meningkat. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kapasitas kendaraan merupakan parameter yang sangat mempengaruhi performansi sistem distribusi dalam *Vehicle Routing Problem* (VRP). Semakin besar kapasitas kendaraan, maka peluang penggabungan rute menjadi lebih tinggi sehingga total jarak tempuh dan biaya distribusi dapat diminimalkan [7], [8].

Tabel 8 Perbandingan jarak dan biaya analisis sensitivitas

Kapasitas Kendaraan (Ton)	Total Jarak (Km)	Total Biaya (Rp)
14	3.973	Rp6.823.339,00
12	4.325	Rp7.240.000,00

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam interpretasi hasil yang diberikan. Pertama, data distribusi yang digunakan bersifat deterministik sehingga belum mempertimbangkan fluktuasi permintaan pelanggan yang dapat berubah sewaktu waktu. Kedua, model optimasi yang digunakan masih mengasumsikan kondisi lalu lintas dan waktu tempuh bersifat konstan sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi distribusi nyata dilapangan. Ketiga, pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode heuristik sederhana, yaitu kombinasi *Saving*

Matrix dan *Nearest Neighbour*, sehingga hasil optimasi yang diperoleh belum dibandingkan secara langsung dengan metode metaheuristik lain seperti *Genetic Algorithm*, *Ant Colony Optimazation*, maupun *Sweep Algorithm*. Selain itu, penelitian ini hanya mempertimbangkan aspek jarak tempuh dan biaya distribusi tanpa memasukkan faktor lain seperti waktu pelayanan, emisi kendaraan, dan tingkat kesegaran produk selama proses distribusi. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan mempertimbangkan faktor distribusi yang lebih dinamis dan kompleks agar hasil optimasi menjadi lebih realistis dan komprehensif.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem distribusi cabai merah di Pajak Roga Berastagi pada kondisi awal masih belum efisien karena setiap lokasi tujuan dilayani secara terpisah tanpa adanya perencanaan rute yang terintegrasi. Kondisi ini menyebabkan total jarak tempuh yang tinggi, penggunaan kendaraan yang tidak optimal, serta biaya transportasi yang relatif besar. Selain itu, pendekatan distribusi yang masih bergantung pada pengalaman pengemudi tanpa dukungan metode analitis mengakibatkan rendahnya efisiensi operasional dan potensi pemborosan sumber daya dalam jangka panjang.

Penerapan metode *Saving Matrix* dan algoritma *Nearest Neighbor* dalam penelitian ini terbukti mampu memberikan solusi yang efektif dalam mengoptimalkan sistem distribusi. Metode *Saving Matrix* berperan dalam mengidentifikasi peluang penggabungan rute berdasarkan nilai penghematan jarak terbesar, sehingga beberapa lokasi dengan arah distribusi yang sejalan dapat dilayani dalam satu perjalanan. Selanjutnya, algoritma *Nearest Neighbor* digunakan untuk menentukan urutan kunjungan lokasi secara sistematis berdasarkan jarak terdekat, sehingga rute yang dihasilkan menjadi lebih efisien dan logis untuk diterapkan di lapangan. Kombinasi kedua metode ini mampu menghasilkan rute distribusi yang lebih pendek dan tetap memenuhi batasan kapasitas kendaraan yang tersedia.

Hasil optimasi menunjukkan adanya peningkatan kinerja distribusi yang signifikan, yang ditunjukkan melalui penurunan total jarak tempuh dari 6.588 km menjadi 3.973 km atau sebesar 39,69%. Selain itu, total biaya transportasi juga mengalami penurunan dari Rp10.946.200 menjadi Rp6.823.075,67 atau terjadi penghematan sebesar 37,67%. Jumlah rute distribusi yang semula sebanyak 14 rute berhasil dikurangi menjadi 5 rute, yang berdampak langsung pada pengurangan jumlah kendaraan yang digunakan serta peningkatan efisiensi pemanfaatan armada. Penurunan jumlah perjalanan ini juga berimplikasi pada efisiensi penggunaan bahan bakar serta potensi pengurangan emisi, sehingga memberikan manfaat dari sisi ekonomi dan dari sisi keberlanjutan lingkungan.

Selain memberikan efisiensi dari segi jarak dan biaya, rute distribusi hasil optimasi juga mampu meningkatkan kualitas layanan distribusi. Waktu pengiriman menjadi lebih singkat dan terstruktur, sehingga risiko kerusakan produk cabai merah yang bersifat mudah rusak dapat diminimalkan. Dengan demikian, kualitas produk yang diterima oleh konsumen dapat lebih terjaga, yang pada akhirnya dapat meningkatkan kepuasan pelanggan dan stabilitas pasokan di pasar. Hal ini menunjukkan bahwa optimasi rute distribusi berdampak pada efisiensi internal perusahaan serta memberikan nilai tambah pada keseluruhan rantai pasok hortikultura.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi metode *Saving Matrix* dan algoritma *Nearest Neighbor* merupakan pendekatan yang efektif dan aplikatif dalam menyelesaikan permasalahan distribusi yang dimodelkan sebagai *Vehicle Routing Problem* (VRP). Metode ini relatif sederhana untuk diterapkan, namun tetap mampu memberikan hasil yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi operasional. Oleh karena itu, pendekatan ini dapat dijadikan sebagai alternatif solusi praktis bagi pelaku distribusi cabai merah di Pajak Roga Berastagi maupun pada sistem distribusi komoditas hortikultura lainnya dengan karakteristik yang serupa. Ke depan, penerapan metode ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mempertimbangkan faktor dinamis seperti kondisi lalu lintas, waktu tempuh aktual, serta fluktuasi permintaan, sehingga sistem distribusi yang dihasilkan menjadi lebih adaptif dan responsif terhadap perubahan kondisi di lapangan.

Daftar Pustaka

- [1] P. Kotler, K. L. Keller, S. J. Shaw, and K. R. Davis, *Marketing Management Edisi 15e*, vol. 37, no. 15. 2016.
- [2] A. A. Kader, "Increasing food availability by reducing postharvest losses of fresh produce," *Acta Hortic.*, vol. 682, pp. 2169–2176, 2005, doi: 10.17660/ActaHortic.2005.682.296.
- [3] I. I. J. Rifka Alkhilyatul Ma'rifat, I Made Suraharta, *Manajemen Rantai Pasok Agribisnis*, vol. 2. 2024.
- [4] Yateno, D., Prianto, I. W., Nurhikmah, R. D. F., *Supply Chain Management: Strategi Pengelolaan Persediaan yang Efektif*.
- [5] B. P. Statistik, "Statistik Transportasi Darat".
- [6] T. Mulyono and K. Verawati, "Kompetensi Dasar Di Sektor Transportasi Laut Dan Logistik," *Logistik*, vol. 14, no. 2, pp. 80–101, 2021, doi: 10.21009/logistik.v14i2.23516.
- [7] G. Laporte and D. Vigo, "Vehicle Routing," *Veh. Routing*, 2014, doi: 10.1137/1.9781611973594.
- [8] H. Mawengkang, M. R. Syahputra, S. Sutarnan, and G. W. Weber, "Optimization model of vehicle

- routing problem with heterogenous time windows,” *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 15, no. 4, p. 4043, 2025, doi: 10.11591/ijece.v15i4.pp4043-4057.
- [9] H. A. Taha, *Operation Research 10th Edition*.
- [10] E. W. Abryandoko and A. A. Karim, “Optimalisasi Distribusi Produk Bebicare Menggunakan Metode Saving Matrix Pada Cv. Anugerah Jaya Mandiri,” *J. Ind. Eng. Oper. Manag.*, vol. 5, no. 1, pp. 37–49, 2022, doi: 10.31602/jieom.v5i1.6867.
- [11] W. N. Oktaviana and W. Setiafindari, “Penentuan Rute Distribusi Kerupuk Menggunakan,” *J. INTECH*, vol. 5, no. 2, pp. 81–86, 2019.
- [12] N. Hulu, Lokot Muda Harahap, Sendy Marbun, Devi Adinda Putri, Marke Manik, and Kasah Sigalingging, “Efisiensi Distribusi melalui Optimasi Biaya dan Jarak dengan Pendekatan Metode Transportasi,” *ECONOBIS J. Econ. Bus. Manag.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–5, 2025, [Online]. Available: <https://jurnal.larisma.or.id/index.php/ECONOBIS/article/view/937>
- [13] W. H. Salsabila Yusnindi., “Jurnal E-Bis (Ekonomi-Bisnis),” vol. 6, no. 1, pp. 153–170, 2022.
- [14] R. S. Utami, R. Arifin, R. D. Lufika, R. Dio, and H. V. S. Manihuruk, “Penerapan Algoritma Evolutionary dan Nearest Neighbor untuk Optimasi Rute Distribusi,” *Go-Integratif J. Tek. Sist. dan Ind.*, vol. 5, no. 02, pp. 84–93, 2024, doi: 10.35261/gijtsi.v5i02.12518.
- [15] A. Ferdiansyah, S. A. Sholihah, M. Rifni, E. S. Grets, J. K. Situmorang, and I. Oktaviany, “Analisis Perencanaan Rute Pengiriman Barang Menggunakan Metode Vehicle Routing Problem (Vrp),” *J. Sist. Transp. Logistik*, vol. 1, no. 1, pp. 32–7, 2021.
- [16] S. Elaina, “Pengembangan Model Rantai Pasok Buah Segar di Indonesia,” *J. Bisnis Darmajaya*, vol. 9, no. 2, pp. 136–150, 2023.
- [17] J. Ramadhan, A. Yoesdiarti, and H. Miftah, “Analisis Saluran Pemasaran Dan Risiko Distribusi Melon (Cucumis Melo L.) Yang Dijual Di Pasar Tradisional Kota Bogor,” *J. Agribisains*, vol. 7, no. 1, pp. 24–34, 2021, doi: 10.30997/jagi.v7i1.4364.
- [18] S. Oktarina, F. H. Mustofa, and L. Fitria, “Usulan Rute Distribusi Kopi Arabika Premium Menggunakan Metode Nearest Neighbour dan Tabu Search di PT. X,” *J. Online Inst. Teknol. Nas.*, vol. 4, no. 2, pp. 149–159, 2016.
- [19] Anisa Nur Rohmah, “Analisis Optimasi Rute Distribusi Barang Menggunakan Vehicle Routing Problem (Vrp) Model Sweep Method Pada Pt. Xyz,” *J. Ilm. Manaj. dan Akunt.*, vol. 3, no. 1, pp. 243–253, 2026, doi: 10.69714/k1gd2g70.

Lampiran

Perhitungan Saving Matrix

	Pekanbaru	Langsa	Tanjung Balai	Pasar Induk Medan	Pasar MMTC Medan	Bagan Batu	Stabat	Kisaran	Aceh	Delitua	Binjai	Siantar	Tebing Tinggi
Pekanbaru	0	807	498	650	644	269	686	500	1217	645	675	634	583
Langsa	807	0	331	167	169	533	140	308	425	183	153	2877	243
Tanjung Balai	498	331	0	175	167	232	210	23	774	169	200	158	107
Pasar Induk Medan	650	167	175	0	23	374	47	150	578	18	26	128	84
Pasar MMTC Medan	644	169	167	23	0	367	45	144	577	19	35	123	79
Bagan Batu	269	533	232	374	367	0	421	236	953	380	411	297	319
Stabat	686	140	210	47	45	421	0	187	550	62	23	166	122
Kisaran	500	308	23	150	144	236	187	0	717	145	175	135	84
Aceh	1217	425	774	578	577	953	550	717	0	589	559	693	649
Delitua	645	183	169	18	19	380	62	145	589	0	51	124	80
Binjai	675	153	200	26	35	411	23	175	559	51	0	155	111
Siantar	634	287	158	128	123	297	166	135	693	124	155	0	48
Tebing Tinggi	583	243	107	84	79	319	122	84	640	80	111	48	0

Perhitungan Keuangan Sesudah Optimasi

Titik Distribusi		Rute	Total Jarak (Km)	Biaya	Biaya Retribusi	Total Biaya
Bagan Batu	Pekanbaru	Depot – Bagan Batu – Pekan baru – Depot	1800	Rp2.820.000,00	Rp105.000,00	Rp2.926.800,00
Kisaran	Tanjung Balai	Depot – Kisaran – Tanjung Balai – Depot	448	Rp701.866,67	Rp100.000,00	Rp802.314,67
Siantar	Tebing Tinggi	Depot – Tebing tinggi – Siantar – Depot	403	Rp631.366,67	Rp140.000,00	Rp771.769,67
Aceh	Langsa	Depot – Langsa – Aceh – Depot	1058	Rp1.657.533,33	Rp120.000,00	Rp1.778.591,67
Binjai	Stabat	Depot – Pasar Induk Medan – Pasar MMTC – Delitua – Stabat – Depot	264	Rp413.600,00	Rp130.000,00	Rp543.864,00
	Delitua					
	Pasar Induk Medan					
	Pasar MMTC Medan					
Total			3973	Rp6.224.366,67	Rp595.000,00	Rp6.823.339,67