

Penentuan Rute Distribusi dengan Metode Heuristik dan Alternatif Skenario pada Manufaktur Cat

Karin Francisca Octaviarie¹, David Try Liputra², Rainisa Maini Heryanto^{3*}

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Universitas Kristen Maranatha, Bandung, Indonesia
(*rainisa.mh@eng.maranatha.edu)

Abstrak – Pengiriman barang tepat waktu dengan kondisi baik dan sesuai permintaan adalah harapan setiap konsumen. Kegiatan pengiriman atau distribusi adalah kegiatan penyaluran barang dan jasa dari produsen ke konsumen. Distribusi dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti banyaknya permintaan, ketersediaan kapasitas moda, dan rute distribusi. Penentuan rute distribusi harus diperhatikan untuk meningkatkan nilai perusahaan. Penelitian ini menggunakan studi kasus sederhana pada sebuah manufaktur cat di Kota Bandung. Waktu distribusi belum sesuai harapan dan pengiriman kurang memaksimalkan waktu dengan baik. Hal ini ditandai dengan terjadinya rute pengiriman bolak-balik dan menyebabkan keterlambatan pengiriman. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian adalah mengusulkan metode sederhana dan skenario yang memudahkan perusahaan dalam penentuan rute sehingga dapat meminimasi jarak, waktu, dan biaya distribusi. Metode yang diusulkan adalah *Savings Matrix* yang dilanjutkan algoritma heuristik *Nearest Insert*, *Farthest Insert*, dan *Nearest Neighbor*. Selain penentuan rute, penelitian juga mengusulkan tiga skenario penggunaan moda yang dapat menjadi pertimbangan perusahaan. Hasil pengolahan data menunjukkan metode *Savings Matrix* dengan algoritma *Nearest Neighbor* dengan hasil rata-rata waktu 1,03 jam, total jarak 512,27 km, dan total biaya Rp 582.343,60 memberikan penghematan terbaik. Skenario yang dapat dipertimbangkan perusahaan adalah skenario penambahan investasi truk dengan rata-rata waktu pengiriman 0,85 jam, total jarak 437,87 km, dan total biaya Rp 400.504.751,6.

Kata kunci: distribusi, heuristik, rute, *Savings Matrix*, skenario

I. PENDAHULUAN

Pengiriman barang yang tepat waktu dengan kondisi barang yang baik dan sesuai dengan permintaan merupakan harapan dari setiap konsumen. Kemampuan untuk mengirimkan produk ke pelanggan secara tepat waktu, dalam jumlah yang sesuai, dan dalam kondisi baik menentukan sebuah produk dapat kompetitif di pasar (Pujawan & Er, 2017). Salah satu kegiatan yang berpengaruh untuk memenuhi harapan konsumen tersebut adalah kegiatan distribusi (Sari dkk., 2020). Distribusi adalah kegiatan penyaluran barang atau jasa dari produsen ke konsumen. Distribusi dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti banyaknya permintaan konsumen, ketersediaan kapasitas moda, dan rute distribusi. Kegiatan distribusi dimana salah satunya adalah penentuan rute distribusi yang tepat dapat meningkatkan nilai perusahaan karena distribusi yang baik dapat meminimalkan biaya yang dikeluarkan perusahaan.

Penelitian ini menggunakan studi kasus pada sebuah perusahaan manufaktur cat yang berada di Kota Bandung. Terdapat variasi cat yang diproduksi di antaranya adalah cat tembok, *chemical construction*, cat pelapis, dan beberapa produk kimia yang lain. Selain variasi jenis, terdapat juga variasi ukuran dan variasi warna. Kegiatan distribusi barang yang dilakukan perusahaan dimulai dari gudang barang jadi di lokasi manufaktur ke beberapa lokasi tujuan konsumen, yaitu *retailer*, distributor, industri properti. Perusahaan memiliki beberapa klaster pengiriman, namun terdapat salah satu klaster pengiriman yang mengalami permasalahan pada saat dilakukan pengamatan, yaitu waktu kegiatan distribusi yang belum sesuai harapan dari target waktu perusahaan. Selain itu, pengiriman yang dilakukan juga kurang memaksimalkan waktu dengan baik. Hal ini ditandai dengan adanya rute pengiriman yang bolak-balik sehingga menyebabkan terdapat konsumen yang mengalami keterlambatan pengiriman pada waktu yang sudah ditentukan. Pengiriman bolak-balik ini disebabkan oleh kapasitas moda pengiriman yang kurang sehingga selain penentuan rute perlu dipertimbangkan perubahan atau penggantian moda pengiriman untuk menyelesaikan masalah perusahaan.

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian adalah mengusulkan metode sederhana dan skenario yang memudahkan perusahaan dalam penentuan rute sehingga dapat meminimasi waktu, jarak, dan biaya distribusi serta mencapai target waktu yang ditetapkan perusahaan. Terdapat berbagai metode untuk penentuan rute

distribusi mulai dari metode yang sederhana sampai metode yang kompleks. Metode sederhana seperti metode heuristik dapat memberikan hasil yang baik dalam arti mendekati optimal bahkan optimal dalam waktu yang relatif singkat (Yohanes dkk., 2020). Sedangkan metode yang kompleks dapat memberikan hasil yang optimal, namun seringkali membutuhkan waktu yang cukup lama dalam komputasi. Selain penentuan rute, penelitian ini juga mengusulkan skenario yang terkait penggunaan moda yang dapat dipertimbangkan perusahaan dalam pengaplikasiannya.

II. STUDI LITERATUR

Dalam memenuhi permintaan konsumen, segala hal yang dilibatkan langsung maupun tidak langsung disebut rantai pasok. Rantai pasok dapat terdiri dari produsen, pemasok, operator, gudang, pengecer, dan konsumen itu sendiri. Rantai pasok mencakup seluruh hal yang terlibat dalam penerimaan dan pemenuhan permintaan konsumen termasuk pengembangan produk baru, pemasaran, operasi, distribusi, keuangan, dan layanan kepada konsumen (Chopra & Meindl, 2016). Transportasi atau distribusi dapat didefinisikan sebagai fungsi perencanaan, penjadwalan, dan kegiatan pengendalian yang berkaitan dengan moda, *vendor*, dan pergerakan persediaan masuk dan keluar dari suatu organisasi. Penurunan biaya distribusi dan peningkatan kemampuan pengiriman dari produsen dan distributor akan memberikan penghematan kepada konsumen dalam bentuk harga yang lebih rendah sehingga meningkatkan keuntungan pasar. Semakin efisien dan semakin rendah biaya distribusi maka semakin rendah harga jual (Ross, 2015).

Salah satu faktor yang mempengaruhi biaya distribusi adalah rute distribusi. Penentuan rute distribusi yang optimal dapat membuat biaya distribusi menjadi minimum (Sari dkk., 2020). Berbagai metode penentuan rute distribusi banyak dicoba diaplikasikan dalam beberapa penelitian. Dimulai dari metode sederhana menggunakan *Savings Matrix* dan metode heuristik sampai dengan metode optimisasi. Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing serta pengaplikasiannya dapat disesuaikan dengan kebutuhan yang ada.

Clarke and Wright Savings Heuristic atau *Savings Matrix* merupakan metode untuk meminimalkan jarak atau waktu dengan mempertimbangkan kendala yang ada (Pujawan & Er, 2017). Metode heuristik merupakan sebuah teknik yang dirancang untuk memecahkan masalah yang biasanya menghasilkan solusi yang baik. Metode heuristik dalam penelitian ini adalah bagian dari kecerdasan buatan yang digunakan untuk mencari dan menentukan jalur terpendek (Mutakhriroh dkk., 2007). Penelitian yang menggunakan metode *Savings Matrix* dilakukan oleh Sutoni dan Apipudin (2019) tentang pendistribusian pupuk yang menghasilkan penghematan ongkos transportasi sebesar 50% setiap bulan (Sutoni & Apipudin, 2019). Penelitian lain adalah perbaikan rute distribusi kerupuk kulit menggunakan metode *Savings Matrix* yang dapat mengurangi jumlah rute distribusi dari enam kali seminggu menjadi tiga kali seminggu dan menghasilkan penghematan biaya distribusi sebesar Rp. 640.615/minggu (Cahyadi & Manaf, 2022).

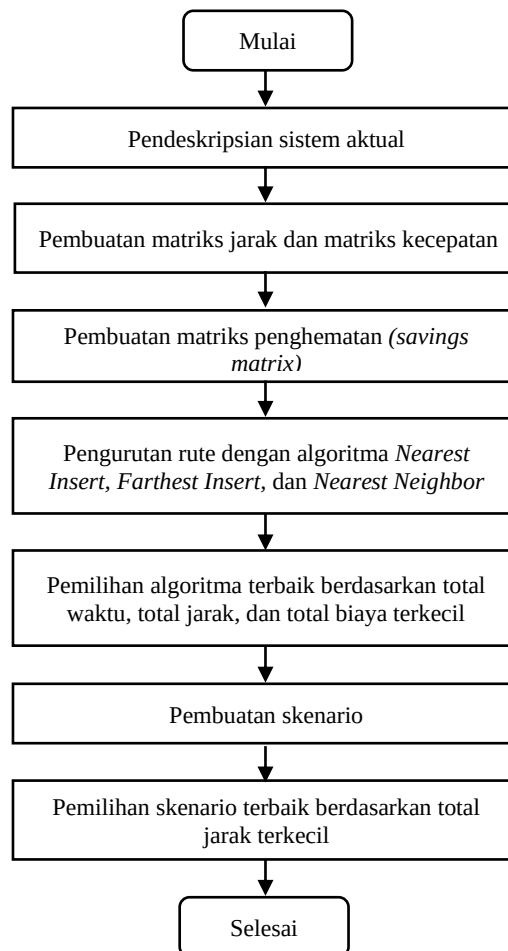
Metode *Savings Matrix* dapat dilanjutkan dengan beberapa algoritma heuristik untuk mengurutkan rute pengiriman yang akan menghasilkan jarak tempuh minimum (Halim dkk., 2023). Beberapa algoritma heuristik yang dapat digunakan untuk pengurutan rute adalah *Nearest Insert*, *Nearest Neighbor*, dan *Farthest Insert*. Beberapa penelitian lain yang menggunakan algoritma heuristik lanjutan setelah *Savings Matrix* adalah penelitian Izzatillah (2021). Penelitian tersebut menggunakan algoritma *Nearest Neighbor* dengan penambahan waktu tempuh pada penyaluran gas LPG dan didapatkan penghematan waktu sebesar 35 menit (Izzatillah, 2021). Penelitian serupa dilakukan pada sebuah manufaktur air mineral dan mendapatkan penghematan 16%/bulan (Perdana dkk., 2021). Penelitian lain yang membandingkan tiga algoritma heuristik adalah penentuan rute pengiriman produk makanan beku yang mendapatkan hasil berupa pengurangan lima rute distribusi, penghematan jarak sebesar 43%, dan penghematan biaya sebesar 51% (Yusnindi & Handayani, 2022). Dalam penelitian tersebut digunakan algoritma *Nearest Insert*, *Farthest Insert*, dan *Nearest Neighbor* yang serupa juga dengan penelitian Halim dkk. (2023) (Halim dkk., 2023).

Dalam penelitian ini selain dilakukan perbandingan tiga algoritma heuristik, terdapat penambahan tiga skenario yang berhubungan dengan penggunaan moda. Usulan skenario ini berbeda dari usulan skenario pada penelitian Halim dkk. (2023). Perbedaan lain adalah penelitian Halim dkk. (2023) mengambil studi kasus di usaha mikro kecil dan menengah (UMKM) yang berperan sebagai distributor sedangkan penelitian ini

mengambil studi kasus di manufaktur, hal ini juga memberikan perbedaan karakteristik dari permasalahan penentuan rute yang dibahas.

III. METODOLOGI

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian merupakan replikasi dan simplifikasi dari penelitian Halim dkk. (2023). *Flowchart* metodologi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. *Flowchart* metodologi penelitian

Penelitian dilakukan dengan tujuh tahapan dimulai dari tahapan pertama, yaitu pendeskripsian sistem aktual. Tahapan ini diawali dengan proses wawancara kepada perusahaan dan pengumpulan data untuk mengetahui permasalahan yang dihadapi perusahaan serta cara perusahaan menentukan rute. Tahapan kedua adalah pembuatan matriks jarak dan matriks kecepatan berdasarkan data lokasi perusahaan dan lokasi konsumen dengan bantuan aplikasi *Google Maps* yang dilakukan pada saat jam kerja perusahaan. Matriks jarak dan matriks kecepatan bersifat asimetris.

Tahapan ketiga adalah pembuatan matriks penghematan (*savings matrix*) berdasarkan matriks jarak yang didapatkan pada tahapan sebelumnya. Perhitungan *savings matrix* menggunakan rumus:

$$S(x,y) = d(0,x) + d(0,y) - d(x,y) \quad (1)$$

Keterangan:

S = *savings* (penghematan)
 0 = titik awal (gudang)
 x = titik x (titik pertama)
 y = titik y (titik kedua)
 d = *distance* (jarak)

Tahapan keempat adalah pengurutan rute dengan menggunakan tiga algoritma heuristik, yaitu *Nearest Insert*, *Farthest Insert*, dan *Nearest Neighbor*. Algoritma *Nearest Insert* akan memilih lokasi yang bila dimasukkan ke rute yang sudah ada akan menghasilkan tambahan jarak yang minimum. Rumus yang digunakan dalam algoritma *Nearest Insert* adalah:

$$\Delta f_1 = d_{0i} + d_{ij} + d_{j0} \quad (2)$$

Keterangan:

Δf_1 = jarak dengan *Nearest Insert*
 d_{0i} = jarak dari titik awal (gudang) ke lokasi i
 d_{ij} = jarak dari lokasi i ke lokasi j
 d_{j0} = jarak dari lokasi j ke titik awal (gudang)

Algoritma *Farthest Insert* akan mendapatkan rute terbaik dengan melakukan penyisipan konsumen berdasarkan jarak terjauh terlebih dahulu. Rumus yang digunakan dalam algoritma *Farthest Insert* adalah:

$$\Delta f_2 = d_{0i} + d_{ij} + \dots + d_{j0} \quad (3)$$

Keterangan:

Δf_2 = jarak dengan *Farthest Insert*
 d_{0i} = jarak dari titik awal (gudang) ke lokasi i
 d_{ij} = jarak dari lokasi i ke lokasi j (memasukkan lokasi terjauh)
 d_{j0} = jarak dari lokasi j ke titik awal (gudang)

Algoritma *Nearest Neighbor* dilakukan dengan menambahkan lokasi yang jaraknya paling dekat dengan lokasi yang terakhir dikunjungi. Rumus yang digunakan dalam algoritma *Nearest Neighbor* adalah:

$$\Delta f_3 = d_{0i} + d_{ij} + \dots + d_{j0} \quad (4)$$

Keterangan:

Δf_3 = jarak dengan *Nearest Neighbor*
 d_{0i} = jarak dari titik awal (gudang) ke lokasi i
 d_{ij} = jarak dari lokasi i ke lokasi j (memasukkan lokasi terdekat)
 d_{j0} = jarak dari lokasi j ke titik awal (gudang)

Tahapan kelima adalah pemilihan algoritma terbaik berdasarkan total waktu, total jarak, dan total biaya terkecil. Total biaya distribusi meliputi biaya bahan bakar dan biaya tol. Tahapan keenam adalah pembuatan skenario. Tujuan dari pembuatan skenario adalah sebagai pertimbangan untuk dapat lebih meminimalkan total biaya distribusi (Halim dkk., 2023). Terdapat tiga skenario penggunaan moda yang dipertimbangkan dalam penelitian ini sesuai dengan kondisi perusahaan. Skenario pertama adalah skenario penambahan jumlah truk dengan kapasitas yang sama. Skenario kedua adalah skenario pengurangan jumlah truk yang digunakan untuk pengiriman yang semula empat truk menjadi dua truk. Skenario ketiga adalah penggantian semua truk dengan kapasitas yang lebih besar. Tahapan terakhir adalah penentuan skenario terbaik berdasarkan total jarak terkecil yang dihasilkan. Dalam penelitian ini juga terdapat dua asumsi, yaitu permintaan semua konsumen selalu sama

setiap periode dan biaya yang dibutuhkan untuk perjalanan (biaya bahan bakar dan biaya tol) tidak berubah selama penelitian dilakukan.

IV. HASIL DAN DISKUSI

Dari hasil pengumpulan data pada tahapan pendeskripsian sistem aktual diketahui bahwa perusahaan memiliki 33 lokasi konsumen dan dua jenis permintaan produk pada klaster yang diamati. Pengiriman dilakukan perusahaan setiap hari Senin sampai Jumat dengan menggunakan empat buah truk identik yang memiliki kapasitas masing-masing 800 kg. Terdapat enam kelompok pengiriman setiap hari yang selalu dilakukan dan harus selesai maksimal Pk. 10.00. Setiap truk akan berangkat pada waktu yang bersamaan setiap hari, yaitu Pk. 08.00. Barang yang akan dikirim sudah dipersiapkan satu hari sebelumnya dan sudah dimuat ke dalam truk. Rute aktual ditentukan dengan mempertimbangkan konsumen dengan permintaan terbanyak. Rute aktual dapat dilihat pada Tabel 1, hasil *Savings Matrix* dapat dilihat pada Tabel 2, dan penentuan rute hasil *Savings Matrix* untuk masing-masing kelompok pengiriman dan truk dapat dilihat pada Tabel 3. Setelah didapatkan rute untuk setiap kelompok pengiriman, tahapan berikutnya adalah dilakukan pengurutan rute dengan menggunakan algoritma *Nearest Insert*, *Farthest Insert*, dan *Nearest Neighbor* yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 1
Rute aktual

Kelompok Pengiriman	Truk	Rute	Jumlah Rute
1	T1	0-A17-0	4
	T2	0-A17-0	
	T3	0-A17-0	
	T4	0-A17-A1-A28-A24-A21-0	
2	T1	0-A3-0	4
	T2	0-A3-0	
	T3	0-A3-A25-A29-0	
	T4	0-A29-A2-A5-0	
3	T1	0-A12-0	4
	T2	0-A12-A13-0	
	T3	0-A20-A14-0	
	T4	0-A31-A32-0	
4	T1	0-A19-0	4
	T2	0-A19-A18-A4-0	
	T3	0-A4-A7-A8-0	
	T4	0-A8-A6-0	
5	T1	0-A15-0	5
	T2	0-A15-A16-0	
	T3	0-A16-A11-0	
	T4	0-A11-A9-0	
6	T1	0-A9-A10-A22-0	5
	T1	0-A26-0	
	T2	0-A26-A33-0	
	T3	0-A33-A27-0	
	T4	0-A27-A30-0	
	T1	0-A30-A23-0	

Tabel 2
Savings Matrix

Ke	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33
Dari																																	
A1		16,78	15,4	17,7	15,4	15,65	6	5,8	15,4	15,4	16,4	14,7	15,9	5,5	8	8,6	16,48	16,05	12,3	12	12,7	12,7	8,6	9,1	8,9	8,6	12,7	12,7	12,3	16,1	13,6	11,6	8,5
A2	16,78		8,4	8,4	8,4	8,4	7,7	8,1	8,4	8,4	8,38	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,38	8,4	8,4	8,3	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,3	8,4	8,4	8,4	8,4	8,5
A3	15,1	15,1		16,6	16,6	14	5,8	7,1	16,63	16,6	14,7	15,8	14,1	7	7	7,6	14,8	14,4	12,5	12,5	12,8	12,9	7,7	8,1	7,9	7,6	12,8	12,8	12,4	14,8	12,8	12,8	7,6
A4	17,7	17,7	16,3		16,3	16,55	6,2	6	16,3	14,5	17,25	15,5	16,8	7,3	9,4	9,9	17,35	16,95	13,2	12,8	13,3	13,8	10,1	10,5	10,3	10	12,9	12,8	13,2	17	14,5	12,5	10,1
A5	17,3	17,3	15,9	18,8		16,1	6,1	6,2	15,9	15,9	16,9	15,2	16,4	7,1	9,2	9,7	16,95	16,55	13,1	12,7	12,9	13,5	9,8	10,3	10	9,8	13,5	13,4	13,1	16,9	14,4	12,1	9,7
A6	15,65	15,65	15,3	16,55	15,3		6	5,8	15,3	15,3	15,65	14,6	15,5	5,8	7,5	8	15,6	15,66	11,9	10,8	12,3	12,3	8,1	8,5	8,3	8,1	12,3	12,3	11,9	15,7	13,2	11,5	8
A7	8,3	7,5	8,3	8,3	8,3	7,5		10,5	7,5	7,5	7,5	8,1	8,9	10,5	10,5	9	7,5	7,5	9,2	8,8	9,5	10,1	9,1	9,6	9,4	9,1	9,8	9,7	10,1	9,5	9,4	7,5	9,1
A8	12,3	12,4	10,9	13,9	13,85	11,2	4,6		7,3	7,3	7,3	7,9	8,7	10,6	10,6	9,3	7,3	7,3	9	8,6	9,3	9,9	9,3	9,7	9,7	9,3	9,6	9,5	9,9	9,3	9,2	7,3	9,3
A9	15,6	15,7	14,2	17,2	17,15	14,5	7,9	7,7		17,2	15,2	16,4	14,6	7,6	8,1	8,3	15,3	14,9	13	12,7	13,4	13,4	8,4	8,8	8,6	5,7	10,8	10,7	10,4	13,8	13,4	13,4	8,3
A10	14,4	14,4	14,4	16,3	14,4	14,4	8,9	8,7	14,4		14,5	17,4	14,5	8,7	9,1	9,3	14,4	14,5	14	13,7	14,4	14,4	9,4	9,8	9,6	9,4	14,4	14,4	14	14,6	14,4	14,4	9,3
A11	16,4	16,38	15,4	17,25	15,4	15,65	6,1	5,9	15,2	15,4		14,7	15,9	5,8	7,6	8,4	16,32	16,07	12,3	12	12,7	12,7	8,5	8,9	8,7	8,5	12,7	12,7	12,3	16,1	13,6	11,6	8,4
A12	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	10,6	10,3	16,1	16,1	16,1		15	9,2	12	12,8	13	12,4	15,1	10,4	9,2	10	8	8	11,6	9,8	11	10,2	10	11,5	10,6	9,6	8,5
A13	15,9	15,9	14,9	16,8	14,9	15,5	8,6	8,4	14,9	14,9	15,9	15,4		10,1	11,8	12,6	13,7	15	10,6	10	16	17,8	14,1	15,3	8,5	9,2	11	18,08	17,45	15,2	11,7	10,9	9,9
A14	7,3	7,3	7,2	8,1	8,1	7,3	10,5	10,6	7,3	7,3	7,3	7,8	10,4		5,3	9,9	10,5	11,8	7,4	9,4	12,3	14,08	10,4	11,6	4,8	5,5	7,3	14,36	13,75	11,5	9,7	9,2	8,5
A15	7,9	7,9	7,8	8,1	8,1	8,1	10,5	10,6	8,1	8,1	8,1	12,2	12	4,8		11	11,7	11	8,5	11,1	14,7	13,6	12,7	11	7,5	5,7	7,5	13,9	13,3	12,9	11,5	10,9	10,2
A16	9,4	9,4	8,3	9,6	9,6	9,3	9	9,3	9,3	9,3	9,4	13,1	12,9	9,9	11		8,3	13,5	11,8	8,2	12	15,55	11,8	13,1	7,2	7,5	9,2	15,85	15,25	13	9	8,2	6,7
A17	16,48	16,46	15,3	17,35	15,3	15,6	6	5,8	15,3	15,3	16,32	10,1	13,2	10,4	7,1	8		12,6	13,9	7,9	14,3	16,1	12,4	13,6	7,9	8,2	9,9	16,35	15,75	13,8	12,4	11,3	9,8
A18	16,05	16,05	15,4	16,95	15,4	15,66	6,1	5,9	15,4	13,4	16,07	9,5	12,6	9,8	11,9	11,3	12,2		14,7	14	16,57	11,9	11,7	11	8,6	10,3	12,6	12	9,4	13,9	12,1	11	10,1
A19	12,4	12,4	12,5	12,8	12,8	12,8	9,2	9	12,8	12,8	12,8	7,5	10,1	7,4	7,5	10,9	11,9	8,8		7,7	8,9	14,4	12,2	6,1	6,2	9,2	10	9,2	9,5	10,7	8,7	7,3	9,4
A20	12	12	12,4	12,7	12,5	12,4	8,8	8,6	12,4	12,4	12,5	7,7	15,8	11,6	10,8	10,5	11,5	12,1	11,9		13,3	12,7	13,5	12,2	13,5	6,1	9,4	9,2	9,9	11,2	9,5	7,7	6,9
A21	12,9	12,9	13,3	13,4	11,8	13,3	9,5	9,2	13,3	13,3	13,4	9,2	16	12,3	14,7	12	14,3	13,2	14,4	14,7		10,3	8,7	13,2	14,5	7,1	10,4	10,2	10,8	12,1	10,5	8,6	10,3
A22	13	13	13,4	13,4	13,4	13,4	10,1	9,8	13,4	13,4	13,4	10	17,8	14,08	13,6	15,55	16,1	9,7	8,5	8,4	9,6		11,4	14,3	12,7	8,6	9,4	9,2	11,2	12,4	10,8	9	10,6
A23	9,5	9,4	8,4	9,7	9,7	9,4	9,1	9,3	9,4	9,4	9,4	8	14,1	10,4	12,7	11,8	12,4	12,1	11,9	12,2	11,9	11,8		12,1	8,7	7	9,9	9,6	6,9	8,4	11	8,5	9,5
A24	9,9	9,9	9,2	10,1	9,9	9,8	9,8	9,9	9,8	9,8	9,9	8	15,3	11,6	11	13,1	13,6	9	8,7	7,6	8,6	12	11,6		13,4	7,8	14,6	12,9	13	15,7	7,9	7,9	7
A25	9,7	9,7	9,1	9,9	9,6	9,6	9,9	10	9,1	9,6	9,7	11,6	8,5	4,8	7,5	7,2	7,9	9,5	9,3	8,5	9,1	11,4	11,3	13,7		12,6	13	14,3	12,9	15,6	7,8	7,8	6,8
A26	9,5	9,4	8,8	9,7	9,4	9,4	9,1	9,3	8,3	9,4	9,4	9,8	9,2	5,5	5,7	7,5	8,2	8,7	8,5	7,8	8,3	8,4	12,9	11,1	7,5		8,9	7,8	13,4	13,2	8,7	6,2	5,2
A27	13	13,1	13,1	13,8	13,4	13,3	9,8	9,6	12,2	13,3	13,4	11	11	7,3	7,5	9,2	9,9	11,1	10,8	10,1	10,7	10,3	13,3	14,5	12,9	11,7		15,6	13,7	16,5	9,6	9,2	8,1
A28	12,9	12,9	13,1	13,8	13,3	13,3	9,7	9,5	12,2	13,3	13,4	10,2	18,08	14,36	13,9	15,85	16,35	16,2	12,9	14,1	9,5	13,7	9,8	8,6	11,8	11,4	15,1		10,4	14,1	13,3	14	11,5
A29	12,3	12,2	12,6	13,1	12,7	12,6	10,1	9,9	11,5	12,6	12,7	10	17,45	13,75	13,3	15,25	15,75	7	7	10,5	10,4	9,6	15,8	6,7	6,8	9,8	10,6	9,8		13,6	12,8	12,2	12,7
A30	16,1	16,1	15	17	15,3	15,7	9,2	9	13	14,1	16,1	11,5	15,2	11,5	12,9	13	13,2	14,6	15,8	8,9	11,3	11,1	14	14,3	15,6	8,2	11,5	11,3	13,5		15,3	10,1	8,2
A31	13	13,4	13,1	13,9	13,4	13,4	9,5	9,3	9,6	13,4	13,4	10,6	11,7	9,7	11,5	9	12,5	13,5	14,7	7,8	10,2	10	14,3	13,2	14,5	7,1	10,4	10,2	15,1	14,8		8,8	12,9
A32	11,1	11,3	11,1	11,5	11,5	11,5	7,6	7,4	7,7	11,5	11,5	9,6	10,9	9,2	10,9	8,2	10,6	13,3	11,6	8	7,9	7,7	7,3	13	11,4	7,3	8,1	7,9	12,2	14,9	6,7		5,7
A33	8,4	8,4	8,2	8,6	8,4	8,3	9,2	9,3	5	8,3	8,4	8,5	9,9	8,5	10,2	6,7	7,4	10,8	12,1	6,1	8,1	7,8	10,1	10,5	11,9	5,4	8,3	8	7,9	8,2	13,1	5,4	

Tabel 3
Penentuan rute hasil *Savings Matrix*

Kelompok Pengiriman	Truk	Rute	Permintaan (kg)	Kapasitas (kg)	Barang Diangkut (kg)
1	T1	0-A17-0	3.155	3.200	800
	T2	0-A17-0			800
	T3	0-A17-0			800
	T4	0-A17-A1-A28-A21-A24-0			755
2	T1	0-A5-A2-A3-0	2.640	3.200	800
	T2	0-A3-0			800
	T3	0-A3-A25-A29-0			800
	T4	0-A29-0			240
3	T1	0-A20-A13-0	3.015	3.200	800
	T2	0-A13-A12-0			800
	T3	0-A12-A31-0			760
	T4	0-A14-A32-0			655
4	T1	0-A18-A4-0	3.120	3.200	800
	T2	0-A4-A6-A19-0			800
	T3	0-A19-A7-0			800
	T4	0-A7-A8-0			720
5	T1	0-A9-A10-0	3.885	4.000	800
	T2	0-A10-A22-A-16-0			800
	T3	0-A16-A11-0			800
	T4	0-A11-A15-0			800
6	T1	0-A15-0	3.900	4.000	685
	T1	0-A27-A30-0			800
	T2	0-A30-A23-0			800
	T3	0-A23-A33-0			800
	T4	0-A33-A26-0			800
	T1	0-A26-0			700

Tabel 4
Penentuan rute algoritma *Nearest Insert*, *Farthest Insert*, dan *Nearest Neighbor*

Kelompok Pengiriman	Truk	Rute Algoritma <i>Nearest Insert</i>	Rute Algoritma <i>Farthest Insert</i>	Rute Algoritma <i>Nearest Neighbor</i>
1	T1	0-A17-0	0-A17-0	0-A17-0
	T2	0-A17-0	0-A17-0	0-A17-0
	T3	0-A17-0	0-A17-0	0-A17-0
	T4	0-A17-A1-A28-A21-A24-0	0-A1-A24-A21-A28-A17-0	0-A24-A17-A1-A21-A28-0
2	T1	0-A5-A2-A3-0	0-A5-A2-A3-0	0-A3-A5-A2-0
	T2	0-A3-0	0-A3-0	0-A3-0
	T3	0-A3-A25-A29-0	0-A29-A25-A3-0	0-A25-A29-A3-0
	T4	0-A29-0	0-A29-0	0-A29-0
3	T1	0-A20-A13-0	0-A13-A20-0	0-A20-A13-0
	T2	0-A13-A12-0	0-A13-A12-0	0-A13-A12-0
	T3	0-A12-A31-0	0-A31-A12-0	0-A12-A31-0
	T4	0-A14-A32-0	0-A32-A14-0	0-A14-A32-0
4	T1	0-A18-A4-0	0-A4-A18-0	0-A18-A4-0
	T2	0-A4-A6-A19-0	0-A4-A6-A19-0	0-A6-A4-A19-0
	T3	0-A19-A7-0	0-A19-A7-0	0-A7-A19-0
	T4	0-A7-A8-0	0-A7-A8-0	0-A8-A7-0
5	T1	0-A9-A10-0	0-A9-A10-0	0-A9-A10-0
	T2	0-A10-A22-A16-0	0-A10-A22-A16-0	0-A16-A22-A10-0
	T3	0-A16-A11-0	0-A11-A16-0	0-A16-A11-0
	T4	0-A11-A15-0	0-A11-A15-0	0-A15-A11-0
6	T1	0-A15-0	0-A15-0	0-A15-0
	T1	0-A27-A30-0	0-A30-A27-0	0-A27-A30-0
	T2	0-A30-A23-0	0-A30-A23-0	0-A23-A30-0
	T3	0-A23-A33-0	0-A23-A33-0	0-A33-A23-0
	T4	0-A33-A26-0	0-A26-A33-0	0-A33-A26-0
	T1	0-A26-0	0-A26-0	0-A26-0

Total biaya, total jarak, dan waktu selesai pengiriman untuk rute aktual dan rute masing-masing algoritma dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5
Rangkuman total biaya, total jarak, dan total waktu

Algoritma	Total Biaya	Total Jarak (km)	Waktu Selesai Pengiriman	Rata-rata Waktu (jam)
Aktual	Rp. 599.275,60	537,17	Pk. 11.31	2,42
<i>Nearest Insert</i>	Rp. 585.152,00	516,4	Pk. 09.52	1,04
<i>Farthest Insert</i>	Rp. 597.664,00	534,8	Pk. 10.48	1,06
<i>Nearest Neighbor</i>	Rp. 582.343,60	512,27	Pk. 09.52	1,03

Berdasarkan Tabel 5 di atas, maka algoritma *Nearest Neighbor* terpilih menjadi algoritma terbaik karena memiliki total biaya dan total jarak paling kecil, serta waktu selesai pengiriman yang dapat memenuhi target perusahaan, yaitu maksimal Pk. 10.00. Dengan menggunakan algoritma ini, semua pengiriman dapat dilakukan tepat waktu sesuai permintaan konsumen.

Setelah didapatkan algoritma terbaik, maka tahapan berikutnya adalah perhitungan tiga skenario yang dapat dipertimbangkan perusahaan. Skenario pertama adalah dengan melakukan penambahan satu buah truk sehingga menjadi lima truk dengan kapasitas yang sama. Hal ini akan berdampak pada investasi tambahan yang perlu dikeluarkan perusahaan. Skenario kedua adalah pengurangan jumlah truk sehingga hanya dua truk yang digunakan dari empat truk yang tersedia. Skenario ketiga adalah melakukan penggantian truk dengan kapasitas yang lebih besar sejumlah empat truk. Penggantian truk ini juga berdampak bagi perusahaan untuk mengeluarkan investasi tambahan. Hasil rute dan alokasi truk untuk setiap skenario dapat dilihat pada Tabel 6 dan rangkuman total biaya, total jarak, dan total waktu untuk setiap skenario dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 6
Rute dan alokasi truk untuk setiap skenario

Kelompok Pengiriman	Rute Skenario 1 dan Skenario 2	Truk Skenario 1	Truk Skenario 2	Rute Skenario 3	Truk Skenario 3
1	0-A17-0	T1	T1	0-A17-0	T1
	0-A17-0	T2	T2	0-A17-0	T2
	0-A17-0	T3	T1	0-A17-0	T3
	0-A24-A17-A1-A21-A28-0	T4	T2	0-A17-A1-A28-A21-A24-0	T4
2	0-A3-A5-A2-0	T1	T1	0-A5-A2-A3-0	T1
	0-A3-0	T2	T2	0-A3-0	T2
	0-A25-A29-A3-0	T3	T1	0-A25-A29-0	T3
	0-A29-0	T4	T2		
3	0-A20-A13-0	T1	T1	0-A20-A13-A12-0	T1
	0-A13-A12-0	T2	T2	0-A12-0	T2
	0-A12-A31-0	T3	T1	0-A3-A14-A32-0	T3
	0-A14-A32-0	T4	T2	0-A32-0	T4
4	0-A18-A4-0	T1	T1	0-A18-A4-A6-0	T1
	0-A6-A4-A19-0	T2	T2	0-A6-A19-0	T2
	0-A7-A19-0	T3	T1	0-A19-A7-A8-0	T3
	0-A8-A7-0	T4	T2	0-A8-0	T4
5	0-A9-A10-0	T1	T1	0-A9-A10-0	T1
	0-A16-A22-A10-0	T2	T2	0-A10-A22-A16-0	T2
	0-A16-A11-0	T3	T1	0-A16-A11-0	T3
	0-A15-A11-0	T4	T2	0-A15-0	T4
6	0-A15-0	T5	T1		
	0-A27-A30-0	T1	T1	0-A27-A30-0	T1
	0-A23-A30-0	T2	T2	0-A30-A23-0	T2
	0-A33-A23-0	T3	T1	0-A23-A33-0	T3
	0-A33-A26-0	T4	T2	0-A26-0	T4
	0-A26-0	T5	T1		

Tabel 7
Rangkuman total biaya, total jarak, dan total waktu setiap skenario

Skenario	Total Biaya	Total Jarak (km)	Waktu Selesai Pengiriman	Rata-rata Waktu (jam)
1	Rp. 325.582.343,60	512,27	Pk. 09.27	1,03
2	Rp. 15.582.343,60	512,27	Pk. 11.02	1,03
3	Rp. 400.504.751,60	437,87	Pk. 09.21	0,85

Berdasarkan Tabel 7 di atas maka perusahaan dapat memilih skenario ketiga untuk mendapatkan total jarak pengiriman dan rata-rata waktu pengiriman yang kecil, namun total biaya terbesar karena ada penambahan biaya investasi truk baru dengan kapasitas yang lebih besar untuk mengganti truk yang lama. Perusahaan juga dapat mempertimbangkan skenario pertama karena total biaya lebih kecil jika dibandingkan skenario ketiga dan target perusahaan untuk selesai pengiriman Pk. 10.00 masih tercapai, walaupun total jarak pengiriman dan rata-rata waktu pengiriman cukup berbeda signifikan dengan skenario ketiga. Skenario kedua dimana terjadi pengurangan jumlah truk tidak terpilih karena waktu selesai pengiriman melebihi waktu yang ditargetkan perusahaan walaupun total biaya terkecil.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan studi kasus manufaktur cat yang digunakan dalam penelitian dengan enam kelompok pengiriman maka algoritma *Nearest Neighbor* merupakan algoritma terbaik dalam penentuan rute pengiriman. Total biaya yang dihasilkan dengan menggunakan algoritma ini adalah Rp. 582.343,60 untuk menempuh jarak pengiriman 512,27 km dengan rata-rata waktu pengiriman adalah 1,03 jam. Dengan menggunakan algoritma *Nearest Neighbor* semua pengiriman dapat dilakukan dengan tepat waktu dan selesai Pk. 09.52 dan memenuhi target perusahaan, yaitu maksimal Pk. 10.00.

Pada penelitian ini juga diusulkan tiga skenario penggunaan moda yang dapat dipertimbangkan

perusahaan. Berdasarkan hasil perhitungan perusahaan dapat memilih skenario ketiga karena memberikan total jarak pengiriman dan rata-rata waktu pengiriman terkecil, yaitu 437,87 km dan 0,85 jam. Total biaya yang harus dikeluarkan perusahaan untuk skenario ketiga ini adalah Rp. 400.504.751,60. Namun, jika perusahaan tidak menginginkan total biaya yang terlalu besar untuk investasi maka perusahaan dapat mempertimbangkan skenario pertama dimana waktu selesai pengiriman masih sesuai dengan target perusahaan.

PENGHARGAAN

Terima kasih kepada Universitas Kristen Maranatha yang telah membiayai publikasi penelitian ini dan manufaktur cat di Kota Bandung yang memberikan kesempatan untuk penulis melakukan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyadi, U., & Manaf, J. A. (2022). Perbaikan Rute Distribusi Kerupuk Kulit yang Efisien dengan Metode Saving Matrix. *Jurnal Kalibrasi*, 19(1), 31–42. <https://doi.org/10.33364/kalibrasi/v.19-1.1039>
- Chopra, S., & Meindl, P. (2016). *Supply Chain Management Strategy, Planning, and Operation* (6th ed.). Pearson.
- Halim, J., Heryanto, R. M., & Liputra, D. T. (2023). Penentuan Rute Distribusi Menggunakan Metode Savings Matrix dengan Algoritma Nearest Insert, Nearest Neighbour, dan Farthest Insert pada UMKM Peralatan Plastik. *Go-Integratif: Jurnal Teknik Sistem Dan Industri*, 4(01), 33–47. <https://doi.org/10.35261/gijtsi.v4i01.8727>
- Izzatillah, M. (2021). Optimasi Penentuan Rute Pendistribusian dengan Penambahan Variabel Waktu Tempuh pada Algoritma Nearest Neighbor. *Journal of Academia Perspectives*, 1(2), 94–103. <https://doi.org/10.30998/jap.v1i2.655>
- Mutakhiroh, I., Saptono, F., Hasanah, N., & Wiryadinata, R. (2007). Pemanfaatan Metode Heuristik Dalam Pencarian Jalur Terpendek Dengan Algoritma Semut dan Algoritma Genetika. In *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*.
- Perdana, V. A., Hunusalela, Z. F., & Prasasty, A. T. (2021). Penerapan Metode Saving Matrix Dan Algoritma Nearest Neighbor Dalam Menentukan Rute Distribusi Untuk Meminimalkan Biaya Transportasi Pada PT. XYZ. *JATI UNIK : Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri*, 4(2), 91–105. <https://doi.org/10.30737/jatiunik.v4i2.1000>
- Pujawan, I. N., & Er, M. (2017). *Supply Chain Management* (3rd ed.). Penerbit ANDI.
- Ross, D. F. (2015). *Distribution Planning and Control* (Third). Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7578-2>
- Sari, G. M., Heryanto, R. M., & Santoso, S. (2020). Penentuan Rute Distribusi Menggunakan Model Integer Linear Programming dengan Metode Branch and Bound. *Go-Integratif: Jurnal Teknik Sistem Dan Industri*, 1(01), 69–79. <https://doi.org/10.35261/gijtsi.v1i01.4265>
- Sutoni, A., & Apipudin, I. (2019). Optimalisasi Penentuan Rute Distribusi Pupuk untuk Meminimalkan Biaya Transportasi dengan Metode Saving Matrix. *Spektrum Industri*, 17(2), 143. <https://doi.org/10.12928/si.v17i2.13139>
- Yohanes, R., Santoso, S., & Heryanto, R. M. (2020). Penentuan Rute Distribusi yang Mempertimbangkan Multi Trips, Time Window, dan Simultaneous Pickup Delivery dengan Menggunakan Algoritma Sequential Insertion. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri Universitas Gadjah Mada 2020*, RO 64-RO 68.
- Yusnindi, S. I., & Handayani, W. (2022). Pengoptimalan Rute Distribusi Menggunakan Metode Saving Matrix Pada Produk Makanan Beku Cv.Sego Njamoer. *Jurnal E-Bis (Ekonomi-Bisnis)*, 6(1), 153–170. <https://doi.org/10.37339/e-bis.v6i1.883>