

Penentuan Rute Distribusi Menggunakan Metode *Savings Matrix* dengan Algoritma *Nearest Insert*, *Nearest Neighbour*, dan *Farthest Insert* pada UMKM Peralatan Plastik

Junior Halim, Rainisa Maini Heryanto*, David Try Liputra
Program Studi Teknik Industri, Universitas Kristen Maranatha
Jl. Prof. drg. Surya Sumantri M.P.H. No. 65, Bandung, Jawa Barat, 40164

Abstrak

Kepuasan konsumen terhadap sebuah produk ditentukan oleh beberapa faktor seperti kualitas, harga, dan distribusi yang cepat. Distribusi adalah salah satu kegiatan penting karena menjamin produk beredar dengan baik, tidak menumpuk di gudang, dan terkirim tepat waktu. Bagi usaha mikro kecil dan menengah (UMKM), pengaturan distribusi dapat memberikan penghematan jarak dan biaya yang cukup signifikan sehingga dapat meningkatkan keuntungan. Selain itu, pengaturan distribusi dapat menjamin produk terkirim tepat waktu kepada konsumen. Penelitian ini menggunakan metode penentuan distribusi sederhana yaitu metode *Savings Matrix* yang dilanjutkan dengan algoritma heuristik *Nearest Insert*, *Nearest Neighbour*, dan *Farthest Insert*. Tujuan dari penelitian ini adalah membantu UMKM yang memiliki proses utama adalah distribusi untuk dapat mengatur rute distribusinya sehingga pengiriman dapat dilakukan tepat waktu dan biaya yang minimal. Penelitian ini menggunakan contoh numerik dari sebuah UMKM peralatan plastik yang memiliki permasalahan keterlambatan pengiriman dan terjadinya perjalanan bolak balik sehingga tidak efisien. Selain penentuan rute distribusi juga diberikan empat skenario untuk dapat dipertimbangkan UMKM sehingga mendapatkan penghematan jarak dan biaya yang lebih signifikan. Dari hasil perhitungan penentuan rute distribusi didapatkan bahwa dengan metode *Savings Matrix* dan algoritma heuristik *Nearest Neighbour* memberikan penghematan biaya Rp698.550 (12,82%) dan waktu 222 menit (9,14%) sehingga masalah keterlambatan pengiriman dapat diatasi.

Kata kunci: Distribusi; Heuristik; Rute; *Savings matrix*; UMKM

Abstract

Consumer satisfaction with product could be determined based on several factors including quality, price, and fast distribution. Distribution is one of the important activities because it guarantees that products are circulated properly, do not accumulate in warehouses, and delivered on time. For micro, small and medium enterprises (MSMEs), distribution arrangements could provide significant savings in distances and costs to increase profits. It could also guarantee that products are delivered on time to consumers. This research uses simple distribution determination method, Savings Matrix, followed by Nearest Insert, Nearest Neighbour, and Farthest Insert heuristic algorithms. The purpose of this research is to help MSMEs that have main distribution process to arrange distribution routes so deliveries could be made on time in minimal cost. This research used numerical example of plastic equipment MSME which had problems with late delivery and occurrence of round trips so it became inefficient. Four scenarios are also given to get more significant savings of distances and costs. From calculation of determining distribution route, it is found that

*Corresponding author
Alamat email: rainisa.mh@eng.maranatha.edu

Savings Matrix method and Nearest Neighbour heuristic algorithm provide cost savings of IDR 698,550 (12.82%) and time of 222 minutes (9.14%) so that problem of late delivery could be overcome.

Keywords: *Distribution; Heuristic; MSMEs; Route; Savings matrix*

Pendahuluan

Kepuasan konsumen merupakan tujuan akhir yang ingin dicapai dalam sebuah proses rantai pasok. Penerapan manajemen rantai pasok pada sebuah perusahaan diharuskan mampu memenuhi kepuasan pelanggan dengan mengeluarkan biaya yang minimal dalam bidang persediaan dan penyerahan produk, serta mengelola industri dengan cermat [1]. Kepuasan konsumen terhadap suatu produk dapat ditentukan berdasarkan beberapa faktor di antaranya adalah kualitas produk, harga yang terjangkau, dan distribusi yang cepat. Untuk sebuah distributor, kegiatan distribusi adalah salah satu kegiatan yang penting karena menjamin produk dapat beredar dengan baik, tidak menumpuk di gudang, dan terkirim tepat waktu. Selain itu, proses distribusi juga memudahkan konsumen untuk mendapatkan produk dan jasa yang dibutuhkan dengan cepat. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk meminimalkan biaya distribusi adalah dengan penentuan rute distribusi [2].

Usaha mikro kecil dan menengah (UMKM) merupakan salah satu bidang usaha yang dapat berkembang dan konsisten dalam perekonomian nasional. UMKM dapat memberikan arti penting bagi perkembangan suatu daerah sebagai penggerak utama pertumbuhan ekonomi daerah [3]. Bagi sebuah UMKM, pengaturan distribusi dapat memberikan penghematan jarak dan biaya distribusi yang cukup signifikan sehingga dapat meningkatkan keuntungan. Selain itu, pengaturan distribusi juga dapat menjamin produk terkirim tepat waktu kepada konsumen. Kemampuan untuk mengirimkan produk ke konsumen secara tepat waktu dan dalam jumlah yang sesuai serta kondisi yang baik akan menentukan produk dapat kompetitif di pasar [4].

Pada penelitian ini digunakan contoh numerik dari studi kasus pada sebuah UMKM peralatan plastik. Pada saat ini penentuan rute distribusi adalah berdasarkan jarak terdekat. Akibat penentuan rute distribusi tersebut, UMKM ini mengalami permasalahan keterlambatan pengiriman dan terjadinya perjalanan bolak balik akibat kapasitas kendaraan yang kurang sehingga menjadi tidak efisien dari sisi waktu dan biaya. Penelitian ini bertujuan untuk membantu UMKM yang memiliki proses utama adalah distribusi untuk dapat mengatur rute distribusinya sehingga pengiriman dapat dilakukan dengan tepat waktu dan biaya yang minimal.

Beberapa penelitian penentuan rute distribusi dan pengaplikasian pada kasus nyata di antaranya adalah penelitian Suparjo [5] tentang penentuan rute pengiriman produk kayu gelondongan yang paling tepat dan optimal serta dapat meminimalkan biaya distribusi menggunakan metode *Savings Matrix*. Pengolahan data dimulai dari peramalan permintaan dan dilanjutkan dengan penentuan rute distribusi. Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa dengan menggunakan metode *Savings Matrix*, jumlah rute distribusi dapat diturunkan, jarak tempuh dan biaya distribusi juga mengalami penghematan yang cukup signifikan. Penelitian lain adalah penelitian Ahmad dan Muharram [6] yang menggunakan metode *Savings Matrix* yang dilanjutkan dengan algoritma *Nearest Insert* dan *Nearest Neighbour* pada sebuah pabrik yang memproduksi dan mendistribusikan

berbagai macam produk. Dari hasil penelitian didapatkan penghematan jumlah rute, total jarak, dan biaya transportasi sebesar 23,09%.

Penelitian penentuan rute distribusi yang menggunakan algoritma heuristik *Nearest Neighbour* dilakukan oleh Suyudi dkk. [7]. Penelitian tersebut diaplikasikan pada pendistribusian air minum dalam kemasan dan menghasilkan jarak serta waktu yang lebih pendek [7]. Penelitian lain yang menggunakan algoritma heuristik *Sequential Insertion* adalah penelitian Yohanes dkk. [8]. Penelitian ini dilakukan pada sebuah perusahaan air galon dan algoritma heuristik yang digunakan dalam perhitungan dapat memberikan penghematan biaya distribusi [8]. Walaupun heuristik, namun algoritma ini dapat memberikan solusi yang baik dan mendekati optimal dalam waktu yang relatif singkat.

Penelitian-penelitian tersebut mencoba untuk menyelesaikan permasalahan penentuan rute distribusi dengan menggunakan metode atau algoritma dan belum ada penelitian yang menggunakan studi kasus atau pengaplikasian pada UMKM. Pada penelitian ini, selain penggunaan metode yang dilanjutkan dengan algoritma heuristik untuk menentukan rute distribusi pada sebuah UMKM, juga diberikan beberapa skenario yang dapat dipertimbangkan untuk dapat lebih meminimalkan total biaya distribusi. Dengan demikian, alternatif solusi yang ditawarkan menjadi lebih bervariasi.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Savings Matrix* yang dilanjutkan dengan algoritma heuristik *Nearest Insert*, *Nearest Neighbour*, dan *Farthest Insert* untuk penentuan rute distribusi. Pemilihan metode yang sederhana seperti metode *Savings Matrix* dalam penentuan rute distribusi di UMKM akan memberikan kemudahan bagi UMKM dalam melakukan perhitungan dan pengaplikasian.

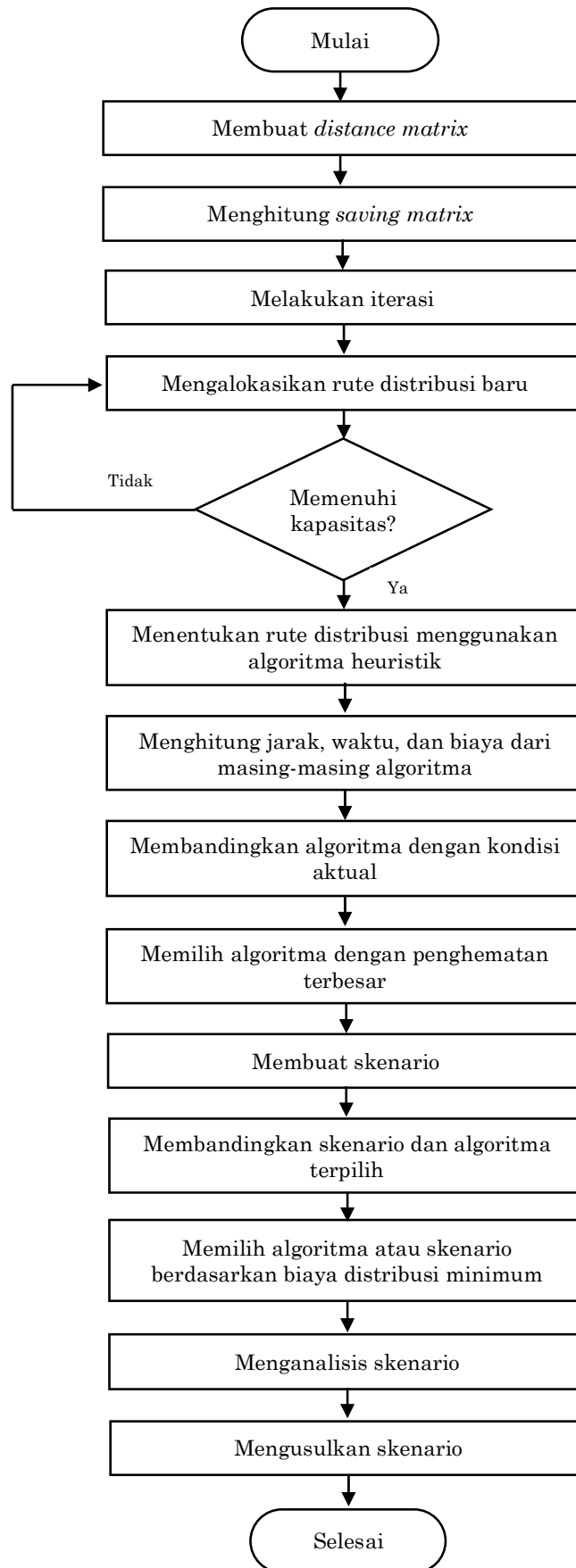
Salah satu metode sederhana dan mudah yang dapat digunakan untuk menentukan rute adalah metode *Savings Matrix*. Metode *Savings Matrix* merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menjadwalkan sejumlah kendaraan terbatas untuk mengirimkan barang produksinya ke konsumen dengan meminimalkan jarak tempuh [6]. Metode *Savings Matrix* dapat merepresentasikan penghematan jarak tempuh kendaraan yang bisa direalisasikan dengan menggabungkan dua konsumen dalam satu rute dengan cara memasukkan penghematan terbesar. Metode *Savings Matrix* dapat digunakan untuk menentukan rute distribusi produk ke konsumen dengan cara menentukan urutan rute distribusi yang harus dilalui dan jumlah alat angkut berdasarkan kapasitas dari alat angkut tersebut. Metode ini diterapkan agar diperoleh rute terpendek dan memperoleh biaya transportasi yang optimum.

Metode heuristik merupakan teknik yang dirancang untuk memecahkan masalah yang biasanya menghasilkan solusi yang baik atau memecahkan masalah yang lebih sederhana yang mengandung atau memotong dengan pemecahan masalah yang lebih kompleks. Metode heuristik yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan biaya penghematan yang tinggi dan presisi. Metode heuristik adalah sub bidang dari kecerdasan buatan yang digunakan untuk melakukan pencarian dan penentuan jalur terpendek. Ada beberapa algoritma pada metode heuristik yang biasa digunakan dalam pencarian jalur terpendek [9]. Pengurutan rute distribusi digunakan untuk mendapatkan jarak tempuh paling minimal dalam satu rute pengiriman, untuk pengurutan rute distribusi bisa menggunakan beberapa algoritma seperti algoritma *Nearest Insert*, *Nearest Neighbour*, dan *Farthest Insert*. Algoritma *Nearest Insert* adalah

metode yang memilih lokasi yang bila dimasukkan ke dalam rute yang sudah ada menghasilkan tambahan jarak yang minimum. Algoritma *Nearest Neighbour* adalah dengan menambahkan lokasi yang jaraknya paling dekat dengan lokasi yang dikunjungi terakhir. Algoritma *Farthest Insert* adalah metode untuk mendapatkan rute yang terbaik dengan menyisipkan konsumen pengguna jasa dengan jarak terjauh terlebih dahulu.

Dalam penelitian ini, pada contoh numerik studi kasus UMKM, setelah dilakukan penentuan rute distribusi, selanjutnya dikembangkan beberapa skenario sebagai pertimbangan bagi UMKM untuk dapat lebih meminimalkan total biaya distribusi. Terdapat empat skenario yang diusulkan yaitu skenario pertama dengan mengubah periode waktu penggabungan pesanan UMKM yang awalnya per tiga hari menjadi satu minggu. Skenario yang dibuat mempertimbangkan kondisi dari UMKM. Pertimbangan pembuatan skenario pertama ini adalah dengan memperlama periode waktu penggabungan pesanan dapat meningkatkan efisiensi. Skenario kedua adalah mengubah periode waktu penggabungan pesanan menjadi lebih singkat dari awalnya per tiga hari menjadi satu hari. Pertimbangan pembuatan skenario kedua ini adalah peningkatan kepuasan pelanggan dengan mempercepat pengiriman dan dengan mempercepat periode waktu penggabungan pesanan dapat meningkatkan efisiensi. Skenario ketiga adalah mengubah kendaraan yang digunakan UMKM saat ini menjadi kendaraan dengan kapasitas yang lebih besar. Pertimbangan pembuatan skenario ketiga ini adalah dengan perubahan kapasitas kendaraan dapat meminimalkan atau mengeliminasi kunjungan bolak balik dari gudang. Skenario keempat adalah pengembangan dari skenario ketiga dan dikombinasikan dengan mengubah waktu pemesanan menjadi dua kali lipat untuk memenuhi permintaan dua periode. Pertimbangan pembuatan skenario keempat adalah bahwa pada saat-saat tertentu UMKM tersebut dapat menerima permintaan yang jumlahnya lebih banyak dari biasa.

Pada skenario ketiga dan keempat selain perhitungan total jarak tempuh dan total biaya distribusi, juga dilakukan perhitungan nilai *Break Even Point* (BEP) dan *Payback Period* (PP). BEP merupakan suatu kondisi perusahaan yang operasionalnya tidak mendapat keuntungan dan juga tidak menderita kerugian. Analisis BEP merupakan suatu cara untuk mengetahui volume penjualan minimum agar suatu usaha tidak menderita rugi, tetapi juga belum memperoleh laba. Dalam analisis BEP memerlukan informasi mengenai penjualan dan biaya yang dikeluarkan. Analisis BEP dapat digunakan sebagai alat bantu untuk pengambilan keputusan [10]. PP merupakan teknik penilaian terhadap jangka waktu pengembalian investasi suatu proyek atau usaha. Analisis PP diharapkan memberikan informasi dan mengukur seberapa cepat pengembalian modal yang diinvestasikan [11]. Secara lebih rinci, *flowchart* metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart metode penelitian

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan contoh numerik studi kasus yang digunakan dalam penelitian ini, terdapat 30 *retailer* yang menjadi konsumen UMKM. Data lokasi *retailer* didapatkan dari UMKM berupa alamat yang semuanya berlokasi di dalam Kota Medan. Penerimaan pesanan akan diterima oleh pihak administrasi UMKM dan kemudian dilakukan penggabungan pesanan dan penjadwalan pengiriman. Pesanan akan diterima oleh pihak administrasi, jika pemesanan dilakukan di hari Senin, Selasa, dan Rabu maka penggabungan pesanan akan dilakukan pada hari Rabu dan akan dikirimkan pada hari Kamis, Jumat, atau Sabtu, dan seterusnya jika permintaan diterima pada hari Rabu, Kamis, dan Jumat maka akan dilakukan penggabungan pesanan pada hari Jumat dan dikirim pada hari Senin, Selasa, atau Rabu. UMKM saat ini hanya memiliki satu buah kendaraan dengan kapasitas delapan goni. Berdasarkan data lokasi maka dapat dihitung *distance matrix* yang berukuran 31 x 31 terdiri dari satu lokasi UMKM dan 30 lokasi *retailer*. *Distance matrix* bersifat asimetris dan didapatkan dengan menggunakan bantuan aplikasi *Google Maps*, hasil *distance matrix* dapat dilihat pada Tabel 1. Perhitungan *Savings Matrix* dilakukan untuk setiap sel pada *distance matrix* dan didapatkan berdasarkan *distance matrix* dengan menggunakan rumus:

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

Keterangan:

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

Perhitungan *savings matrix* dan pengolahan data dalam penentuan rute dilakukan menggunakan aplikasi *Excel*. Hasil *savings matrix* dapat dilihat pada Tabel 2.

Data permintaan UMKM yang digunakan dalam penelitian adalah satu bulan sedangkan pengiriman dilakukan setiap hari. Berdasarkan penyebaran data permintaan dari *retailer*, dimana biasanya *retailer* yang sama memiliki permintaan yang berulang setiap minggu walaupun dengan jumlah permintaan yang berbeda, maka dilakukan pengelompokan titik permintaan untuk memudahkan dalam penentuan rute pada *Savings Matrix* yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 1. Distance matrix

dari/ke	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
0		1,3	2,5	3,3	3,6	6,2	1,7	6,5	7,5	5	4,8	6,6	7,8	2,3	7,5	3,2	6,9	4,7	5,6	18,2	3,6	2,8	3,9	5,1	8,5	9,4	19	6,4	2	3,3	5,3	4,2	
1			2,5	5,7	2,4	5,9	6,6	8	4,7	4,3	6,9	7,7	3	7,9	3,3	7	5,4	5,1	17,7	4,3	3,5	3,3	4,9	7,9	8,9	22	5,9	1,5	3,9	5,6	4,3		
2				3,3	3,6	6,2	8,2	9,3	5	2,1	8,9	7,9	4,6	9,8	4,7	8	6,5	3,6	17,8	5,4	4,6	3,6	2,4	6	6,4	23	4,7	3,3	5,9	7,6	5,9		
3					7,2	10	12,3	12,9	8,1	2,7	12,1	10,4	8,3	13,1	8,3	11,1	10,1	3,6	18,7	9	8,3	5,8	3	2,7	3,1	27	3,4	6,4	9,2	11	10,1		
4						6	5,8	6,8	5,2	6,1	5,4	7,8	1,1	6,4	3,5	6,3	4	6,9	18,1	2,9	2,1	4,1	6,6	9,7	11	21	8,2	2,2	2,1	3,9	3,5		
5							6,1	8,7	2	7,2	9,9	2,3	5,7	10,4	3,6	5	5,8	5,8	13,7	4,7	4,9	8,8	6,4	9,1	11	21	11	7,3	5,9	6,7	3,8		
6								4	5,8	8,4	8	7,6	4,8	8,3	4,8	1,2	2,3	8,3	17,5	3	4,3	8,8	8,8	12	13	16	11	7	4,5	2,7	2,7		
7									8,8	11	8,2	10,6	5,4	8,2	7,5	4,7	3,6	11,3	21,7	4,3	4,9	9,4	12	15	16	19	15	7,6	4,6	2,8	5,8		
8										6,9	11	3,7	6,7	11,5	4	7,2	7,7	5,3	12,9	5,3	4,9	9,2	6	8,6	10	23	10	7,7	6,9	8,6	5,7		
9											10,9	7,8	7	11,9	5,6	8,4	8,9	1,5	17	8,3	7,5	4,9	1	4,3	5,9	23	4,1	5,5	8	9,7	7,4		
10												9,9	6,2	3	8,2	9,8	8	12,3	22,7	7,6	6,8	8,9	13	15	16	12	11	7,6	5,4	6,5	8,1		
11													7,6	12,3	5,4	6,9	7,7	7	10,8	6,6	6,8	11	7,7	10	12	24	12	9,2	7,7	8,6	5,7		
12														6,2	2,5	5	3,1	6,6	17,1	1,9	1,2	5,1	6,5	9,5	11	16	8,1	3,2	1,6	3,3	2,5		
13															8	9,8	7,7	13	23,5	7,6	7,5	9,8	13	17	17	12	12	8,3	5,7	6,5	8,5		
14																4,2	3,7	5	15,5	2,6	2	5,5	4,9	7,9	8,9	29	7,2	4	2,9	4,6	1,8		
15																	3,1	8,1	17	3,8	5,1	9,6	8,7	11	13	16	12	7,8	5,3	3,5	3,6		
16																		8,4	18,9	1	2,1	6,6	8,7	12	13	18	11	4,8	2,6	1,6	2,1		
17																			16,1	7,4	6,7	5,7	1	4	5,8	24	4,4	5,7	7,8	9,9	7,1		
18																				17,7	17	20	17	20	17	18	20	34	20	19	18	20	16,9
19																					1,3	5,8	7,9	11	12	18	10	4	1,9	2	2,4		
20																						6,2	7,1	10	11	18	9,3	4,4	2,4	2,7	1,3		
21																							5,3	8,9	9,2	20	5,2	2,4	5	6,7	6,7		
22																							7,3	5,1	4	5,8	24	4,4	5,7	7,8	9,9	7,1	
23																							8,5	4,1	2,4	27	4,9	9,1	11	13	9,9		
24																							11,3	11	8,1	5,3	2,5	28	4,6	8,8	11	13	12,3
25																							20	23	27	28	22	18	15	15	17,8		
26																							8,6	5,4	3,9	4,5	4,9	24	6,1	8,9	11	9,5	
27																							4,2	1,9	5,3	8,9	9,3	24	6,1	3,8	5,5	5,5	
28																							2	5,4	7,8	11	12	15	10	3,8	1,8	3,3	
29																							7	9,5	13	14	16	12	5,5	2	3,6	3,6	
30																							7,1	6,6	9,6	11	19	8,8	5,3	3,1	3,3	3,3	

Tabel 2. Savings matrix

Saving	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	0.3	0.5	0.5	0	-0.1	-0.7	-0.3	1.3	0.7	0.9	-0.1	-0.3	0.7	-0.8	-0.4	-0.1	-0.6	-0.8	0.3	1.2	-0.1	0.4	-0.2	-0.4	-1.1	0.1	0.5	0.3	-0.1	-0.6	
1	-0.3	2	2	0.3	1	0.2	0.2	2.6	2.2	1.6	1	0	1.3	0.1	0.5	0.2	0.9	0.7	0.6	1.5	1.5	1.6	1.4	1.1	-2.7	1.6	2	0.7	0.6	0.3	
2	-0.5	2.1	6.4	1.1	2.7	0.6	0.9	4.3	6.4	1.6	2.8	0.4	1.4	0.7	1.5	1.1	4.4	2.6	1.5	2.4	3.2	6.1	5.3	5.6	-2.2	4.8	2.2	0.7	0.6	0.7	
3	-0.5	2.1	6.4	0.7	2.1	-0.3	0.5	4.4	9	1.6	3.5	0	1.3	0.3	1.6	0.7	7.6	4.9	1.1	1.9	4.2	8.7	12	12	-2.7	9.3	2.3	0.6	0.5	-0.3	
4	3.4	4.8	9.6	16	1.6	1.7	2.1	2.8	1.1	3.8	1.6	2.6	3.5	0.6	1.9	2.3	-0.2	1	2.7	3.6	1.4	0.6	0.3	0	-1.7	0	2	3.2	3	1.8	
5	0.1	1.3	3.3	3.5	1.9	5.7	4.5	10.3	4.3	3.6	11.4	2.3	3.8	4.8	7.5	4.8	5.2	9.7	5.2	5.1	1	5.1	5.2	4.1	2.5	2	1.2	3.7	4.5	5.8	
6	0.7	1.9	3.2	3.6	3	6.4	9.7	7	3.6	6	6.6	3.7	6.4	4.1	11.8	8.8	3.2	6.4	7.4	6.2	1.5	3.2	3.2	2.8	8.2	2	2	5.6	9	7.4	
7	0.3	1.2	1.4	1.8	3.4	4.6	9.8	5	1.8	6.8	4.6	4.1	7.5	2.4	9.3	8.5	1.2	3.2	7.1	6.6	1.9	1.2	1.2	1	6.9	-0.6	2.4	6.5	9.9	5.3	
8	-1.3	-0.1	1.9	3	0.2	8.7	2.7	1.6	3.6	1.5	9	0.3	1.7	3.4	4.3	1.9	4.7	9.5	3.6	4.1	-0.4	4.5	4.7	3.7	0	1.3	-0.2	1.7	1.6	2.9	
9	-0.7	2	6.2	8.7	0.5	3.5	1	-0.2	5.7	1.4	4.7	-0.2	1.1	1.6	2.9	0.5	8.3	5.2	0.4	1.3	3.7	9.3	8.8	7.9	-0.6	7.2	1.8	0.4	0.3	1	
10	-0.9	-0.2	0.2	0.7	2	1.8	3.2	4.5	3	0.3	4.4	2.4	11.8	0.8	3.3	3.2	-0.7	1.3	2.9	3.8	1.5	-0.4	-0.5	-0.4	12	2.2	1.5	4.8	5.3	2.1	
11	0.1	1.3	3.2	4.2	1.9	11.9	5.4	4.4	10.4	4.7	4.3	2.2	3.7	4.8	7.4	4.7	5.8	14.4	5.1	5	1	5.6	5.8	4.8	1.4	2.4	1.1	3.7	4.4	5.7	
12	0.3	1.4	1.2	1	3	3.1	3.3	3.2	4.3	1.6	4.6	3.1	4.3	2.2	3.8	3.8	0.7	2.6	4.3	5.1	1	1.3	1.1	0.8	4	0.7	1.6	4.3	4.2	3.4	
13	-0.7	0	-0.1	0.4	2.2	2.3	4.1	5.4	3.2	0.2	12.1	2.3	2.7	1.1	4.2	4.4	-0.5	1.4	3.8	4	1.5	-0.2	-0.7	-0.6	14	2	1.7	5.4	6.2	2.6	
14	0.8	2	3.7	4.1	2.3	5.9	5	3.8	6.8	4.1	3.7	5.9	2.5	3.9	5.5	4.1	3.2	5.1	4.5	5.2	1.5	3.2	6.6	4.3	12	-2.0	-1.5	2.8	5.5	5	
15	0.4	1.5	2.8	3.2	2.6	7.3	11.4	10	7.6	3.2	5.6	7.6	3.3	6	3.8	8.4	3.8	7.3	7	5.8	1.1	3.7	3.8	2.7	8.6	1.6	1.6	5.2	8.6	6.9	
16	0.1	1.4	1.7	1.8	3.4	4.7	7.7	8.3	5	1.9	5.4	4.9	4.1	6	2.7	7.9	1.3	3.2	7.6	6.6	1.9	1.5	1.2	1.1	4.9	0.4	2.4	5.7	8.3	6.2	
17	0.6	2	6.2	8.7	2.1	5.1	2.6	1.4	7.3	9.5	2.4	6.5	1.4	2.2	3.2	4.5	1.7	6.9	2.1	2.9	3.7	10	9.9	8.8	-0.1	7.7	2.4	1.4	0.9	2.1	
18	0.8	1.7	3.9	7	2.8	10.6	4.5	3.7	11.8	6.1	3.6	13.7	2.3	3.8	5.5	6.5	4	7.2	4.4	5	1.7	7	8.7	7.6	2	4.8	1.8	3.8	3.6	4.9	
19	-0.3	0.9	1.1	1.6	3.1	4.3	6.1	6.8	3.3	1.5	5.1	4.3	3.8	5.6	2.1	6.2	7.1	0.9	2.9	6.3	1.6	1.2	0.9	0.7	3.8	-0.1	2.1	5.3	6.8	4.8	
20	-1.2	-0.3	1.1	1.5	1.9	4.3	5.4	5.3	4.7	1.5	3.8	4.3	2.6	4.1	2.1	5.2	5.6	0.9	2.9	5.7	0.4	1.2	1	0.7	2.4	0	0.9	4	5.3	5.1	
21	0.1	1.7	3.4	4.7	1.4	0.4	0.6	1.5	2.1	4.4	3.4	0.6	1.5	3.1	0	0.7	1.2	2.4	0.4	1.6	2.5	4.1	3.3	3.7	2.2	5.2	4	2.5	2.4	0.8	
22	-0.4	2	6.3	8.8	1	4	1.5	0.4	6.2	9.6	1.5	5.2	0.3	1.2	2.2	3.4	1	8.9	5.7	1	1.8	3.8	9.4	8.3	-0.6	7.2	1.9	0.9	0.4	1.6	
23	0.2	1.6	5.9	12.1	1.6	4.6	2.1	0.9	6.8	9.4	2	6	0.9	1.1	2.7	4	1.2	9.4	7.3	2	2.8	3.8	9.9	15	-0.7	10	1.9	1.1	0.9	2.2	
24	0.4	3	7.4	12.7	1.6	3.1	0.6	1.4	5.4	10	2.5	4.5	0.9	2.3	1.2	2.5	1.6	9.1	5.8	2	2.9	5.1	9.6	15	-0.7	11	3.1	1.6	1.5	0.7	
25	1.1	2.5	1.9	1.6	4.3	-0.5	9.4	11.7	4	2.3	13.5	2.8	4.8	16.7	3.2	9	5.9	-0.1	2.3	6	6.5	2.5	2	0.4	0.5	3.1	3.9	7.6	9.5	4.8	
26	-0.1	2.4	5.7	11.3	0.5	1.2	0.4	0.3	3.7	8.3	2.1	2.7	0.5	1.8	0.5	0.9	0.5	7.5	3.5	0.9	1.8	4.8	8	10	11	0.1	2.8	1.1	1	0.5	
27	-0.5	0.6	2.3	2.5	0.9	-0.1	0.9	1.4	2.5	2.7	-0.1	0.8	2.4	-0.8	0.1	0.5	1.7	8.6	0.9	1.8	3.9	2.2	1.4	1.7	-3.9	2.4	1.8	1.7	0.1		
28	-0.3	0.6	0.9	1.1	2.8	3.3	4.2	5.8	4	1.2	6.3	3.3	3.5	6.8	1.9	4.3	5	0.5	2.3	4.8	5.3	1.7	1	0.3	0.5	6.5	-0.2	2	6.7	3.6	
29	0.1	1	1.3	1.6	3.2	4.4	-16.9	9.7	4.7	1.6	7.1	4.4	3.9	7.7	2.3	8.4	8.3	0.8	3	6.9	6.4	2.1	1.3	1	0.8	7.1	0.1	2.3	6.9	5.3	
30	0.6	1.7	3	3.4	2.4	6.2	6.9	6.1	6.5	3.4	4.4	6.2	3.1	4.9	3.9	7.4	6.4	2.6	4.8	6.9	6.2	0.9	3.1	2.9	2.6	3.2	1.9	1.4	4.7	6.1	

Tabel 3. Penentuan rute hasil *savings matrix*

Kelompok pengiriman	Rute	Titik permintaan dilayani	Jumlah permintaan (goni)
1	1	29, 6, 7, 28, 11, 5, 8	7
	2a	25, 13, 10	8
	2b	27, 1	2
	3a	24, 3, 26, 2, 21	7
	3b	21	2
2	4	17, 22, 23	8
	5	15, 16, 19, 30, 18, 20	8
	6	9, 14, 4, 12	6

Berdasarkan pengelompokan dan perhitungan *Savings Matrix* didapatkan hasil bahwa pada kelompok pengiriman 1 rute 2 dan 3 terdapat rute bolak balik karena kapasitas kendaraan yang terbatas. Setelah didapatkan rute, kemudian dilakukan pengurutan rute dengan menggunakan algoritma *Nearest Insert*, *Nearest Neighbour*, dan *Farthest Insert*. Rumus algoritma *Nearest Insert*, *Nearest Neighbour*, dan *Farthest Insert* memiliki rumus berturut-turut:

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

Keterangan:

Δf_1 : *Nearest Insert*

d_{0i} : jarak dari gudang ke lokasi i

d_{ij} : jarak dari lokasi i ke lokasi j

d_{j0} : jarak dari lokasi j ke gudang

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

Keterangan:

Δf_2 : *Nearest Neighbour*

d_{0i} : jarak dari gudang ke lokasi i

d_{ij} : jarak dari lokasi i ke lokasi j (memasukkan lokasi dengan jarak terdekat)

d_{j0} : jarak dari lokasi j ke gudang

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

Keterangan:

Δf_3 : *Farthest Insert*

d_{0i} : jarak dari gudang ke lokasi i

d_{ij} : jarak dari lokasi i ke lokasi j (memasukkan lokasi dengan jarak terjauh)

d_{j0} : jarak dari lokasi j ke gudang

Hasil penentuan rute beserta total biaya yang dihasilkan untuk algoritma *Nearest Insert*, *Nearest Neighbour*, dan *Farthest Insert* secara berurutan dapat dilihat pada Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6.

Tabel 4. Rute distribusi algoritma *nearest insert*

Rute ke	Rute distribusi	Total permintaan (goni)
1	G – 28 – 29 – 7 – 6 – 5 – 8 – 11 – G	7
2	G – 1 – 27 – 10 – 13 – G – 25 – G	10
3	G – 2 – 21 – 26 – 3 – G – 24 – G	9
4	G – 17 – 22 – 23 – G	8
5	G – 20 – 19 – 16 – 30 – 15 – 18 – G	8
6	G – 4 – 12 – 14 – 9 – G	6

Tabel 5. Rute distribusi algoritma *nearest neighbour*

Rute ke	Rute distribusi	Total permintaan (goni)
1	G – 28 – 29 – 7 – 6 – 8 – 5 – 11 – G	7
2	G – 1 – 27 – 10 – 13 – G – 25 – G	10
3	G – 2 – 3 – 24 – 26 – G – 21 – G	9
4	G – 22 – 17 – 23 – G	8
5	G – 20 – 19 – 16 – 30 – 15 – 18 – G	8
6	G – 4 – 12 – 14 – 9 – G	6

Tabel 6. Rute distribusi algoritma *farthest insert*

Rute ke	Rute distribusi	Total permintaan (goni)
1	G – 11 – 7 – 8 – 6 – 5 – 29 – 28 – G	7
2	G – 25 – 10 – 13 – G – 27 – 1 – G	10
3	G – 24 – 21 – 3 – 26 – G – 2 – G	9
4	G – 23 – 22 – 17 – G	8
5	G – 18 – 15 – 20 – 16 – 30 – 19 – G	8
6	G – 9 – 12 – 14 – 4 – G	6

Biaya yang diperhitungkan adalah biaya bahan bakar, biaya parkir, biaya perawatan kendaraan, dan biaya penalti. Berdasarkan perhitungan total biaya untuk satu bulan didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil perhitungan total biaya

Algoritma	Total jarak (km)	Total waktu (menit)	Total biaya
Aktual	907,90	2.425	Rp1.934.292,86
<i>Nearest Insert</i>	858,1	2.304	Rp1.280.807,14
<i>Nearest Neighbour</i>	812,8	2.203	Rp1.235.742,86
<i>Farthest Insert</i>	1.002,7	2.585	Rp1.415.078,57

Berdasarkan hasil perhitungan, algoritma *Nearest Neighbour* memiliki total jarak, total waktu, dan total biaya paling rendah dibandingkan dengan rute aktual dan algoritma heuristik yang lainnya. Besarnya penghematan yang didapatkan per bulan dari jarak adalah 95,1 km atau 10,47%, penghematan waktu adalah 222 menit atau 9,14%, dan penghematan biaya adalah Rp698.550,00 atau 12,82%.

Setelah didapatkan hasil, dilanjutkan dengan pengembangan skenario sebagai pertimbangan bagi UMKM untuk dapat lebih meminimalkan total biaya distribusi. Skenario yang dibuat dihitung dengan menggunakan algoritma *Nearest Neighbour* karena pada UMKM ini memiliki penghematan paling besar dari jarak, waktu, dan biaya. Skenario pertama adalah mengubah periode waktu pengiriman yang di mana kondisi

aktual bersifat per tiga hari menjadi per satu minggu, yaitu dengan melakukan penggabungan pesanan selama satu minggu dan melakukan pengiriman pada minggu selanjutnya. Hasil penentuan rute skenario pertama dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Rute distribusi skenario pertama

Rute ke	Rute distribusi	Total permintaan (goni)
1	G - 1 - 12 - 14 - 17 - 26 - 21 - G	8
2	G - 19 - 16 - 6 - 15 - 29 - 7 - G	8
3	G - 10 - 13 - 25 - G	8
4	G - 4 - 2 - 22 - 3 - G	8
5	G - 9 - 24 - 23 - G - 18 - G	9
6	G - 27 - 28 - 20 - 30 - 5 - 8 - 11 - G	8

Skenario kedua adalah mengubah periode waktu pengiriman yang di mana kondisi aktual bersifat per tiga hari menjadi per satu hari, yaitu dengan melakukan penggabungan pesanan satu hari dan melakukan pengiriman pada hari selanjutnya. Hasil penentuan rute skenario kedua dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Rute distribusi skenario kedua

Rute ke	Rute distribusi	Total permintaan (goni)
1	G - 12 - 20 - 17 - G - 23 - G	9
2	G - 30 - 16 - 22 - 18 - G	5
3	G - 4 - 14 - 15 - 19 - 9 - G	8
4	G - 1 - 28 - 10 - 11 - G - 25 - G	10
5	G - 27 - 21 - 3 - 24 - 5 - 29 - G	8
6	G - 2 - 26 - 8 - 6 - 7 - 13 - G	8

Skenario ketiga adalah mengubah kendaraan saat ini menjadi kendaraan dengan kapasitas lebih besar dan periode waktu pengiriman yang masih sesuai dengan kondisi aktual, yaitu dengan melakukan pengiriman per tiga hari. Diperlukan penambahan investasi kendaraan baru sebesar Rp167.500.000,00. Hasil penentuan rute skenario ketiga dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Rute distribusi skenario ketiga

Rute ke	Rute distribusi	Total permintaan (goni)
1	G - 1 - 8 - 5 - 11 - 6 - 29 - G	6
2	G - 28 - 10 - 13 - 7 - 25 - G	10
3	G - 27 - 21 - 2 - 3 - 24 - 26 - G	10
4	G - 9 - 22 - 17 - 23 - 18 - G	10
5	G - 4 - 12 - 20 - 19 - 15 - 16 - 30 - 14 - G	12

Pada skenario ketiga ini sudah tidak ada pengiriman bolak-balik dari dan ke gudang, namun terdapat tambahan biaya investasi karena pergantian kendaraan yang digunakan

untuk pengiriman, sehingga terdapat perhitungan BEP dan PP yang menggunakan rumus di bawah ini:

$$\text{BEP} = \frac{\text{Total biaya}}{\text{Harga penjualan}} \quad (5)$$

Keterangan:

BEP : *Break Even Point*

$$\text{PP} = \frac{\text{Investasi awal}}{\text{Arus kas}} \times 1 \text{ tahun} \quad (6)$$

Keterangan:

PP : *Payback Period*

Dari hasil perhitungan BEP dan PP, didapatkan hasil bahwa dengan mengganti kendaraan dengan kapasitas yang lebih besar akan memiliki BEP sebesar 166 goni dan PP sebesar 5 bulan.

Skenario keempat adalah mengubah kendaraan saat ini menjadi kendaraan dengan kapasitas yang lebih besar dan periode waktu pengiriman menjadi dua minggu dengan besar pemesanan adalah dua kali lipat dari biasanya. Sama halnya dengan skenario ketiga karena terdapat penambahan investasi kendaraan baru sebesar Rp167.500.000,00, maka pada skenario ini juga dilakukan perhitungan BEP dan PP. Hasil penentuan rute skenario keempat dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Rute distribusi skenario keempat

Rute ke	Rute distribusi	Total permintaan (goni)
1	G - 12 - 28 - 14 - 17 - 26 - 21 - G	16
2	G - 30 - 20 - 16 - 29 - 7 - 16 - 15 - G	16
3	G - 1 - 10 - 13 - 25 - G	18
4	G - 4 - 2 - 22 - 3 - G	16
5	G - 9 - 23 - 24 - G	16
6	G - 27 - 19 - 5 - 8 - 11 - 18 - G	14

Dari hasil perhitungan BEP dan PP, didapatkan hasil bahwa dengan mengganti kendaraan dengan kapasitas yang lebih besar dan mengubah periode waktu pengiriman menjadi dua minggu akan memiliki BEP sebesar 165 goni dan PP sebesar 5 bulan. Berdasarkan perhitungan total biaya untuk satu bulan didapatkan hasil perhitungan keempat skenario yang dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil perhitungan total biaya keempat skenario

Algoritma/skenario	Total jarak (km)	Total waktu (menit)	Total biaya
<i>Nearest Neighbour</i>	812,8	2.203	Rp1.235.742,86
Skenario 1	797,8	2.150	Rp1.218.814,29
Skenario 2	1.093,9	2.835	Rp1.487.764,29
Skenario 3	724,7	1.796	Rp1.633.129,64
Skenario 4	405	1.140	Rp 975.302,36

Berdasarkan Tabel 12, maka skenario keempat memiliki total jarak, total waktu, dan total biaya paling rendah dibandingkan dengan hasil algoritma *Nearest Neighbour* awal. Besarnya penghematan yang didapatkan per bulan dari jarak adalah 407,8 km atau 50%, penghematan waktu adalah 1.063 menit atau 48,2%, dan penghematan biaya adalah

Rp260.440,5 atau 21%, namun penerapan skenario ini terhadap UMKM tidak dapat dilakukan sekaligus dan memerlukan tahapan untuk mengubah kebijakan UMKM. Kelebihan dan kekurangan dari setiap skenario yang diusulkan kepada UMKM dapat dilihat pada Tabel 13 dan Tabel 14.

Tabel 13. Kelebihan skenario

Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
	Semua pengiriman terpenuhi		
Waktu penggabungan pesanan lebih banyak karena mengurangi bolak balik dari dan ke gudang	Kepuasan pelanggan tinggi karena pengiriman bisa langsung diproses	Kapasitas pengiriman meningkat	
Waktu pengiriman relatif singkat		Waktu pengiriman relatif singkat	
Biaya operasional relatif murah		Rute pengiriman bisa diselesaikan lebih cepat	Biaya operasional relatif murah
		Periode waktu penggabungan pesanan tidak perlu diubah	Waktu penggabungan pesanan lebih banyak karena mengurangi bolak balik dari dan ke gudang

Tabel 14. Kekuranganskenario

Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
Kepuasan pelanggan rendah karena permintaan tidak langsung diproses	Perubahan periode waktu penggabungan pesanan	Biaya operasional relatif tinggi	Kepuasan pelanggan rendah karena permintaan tidak langsung diproses
Perubahan periode waktu penggabungan pesanan	Waktu penggabungan pesanan relatif singkat karena mempercepat pengiriman	Biaya investasi bertambah karena ada pergantian kendaraan	
	Penggabungan pesanan akan terasa lebih berat	Sopir memiliki waktu menganggur	
	Jarak pengiriman relatif lebih jauh		
	Waktu pengiriman relatif lebih lama		
	Biaya operasional relatif tinggi		

Kesimpulan

Metode *Savings Matrix* yang dilanjutkan dengan algoritma heuristik *Nearest Insert*, *Nearest Neighbour*, dan *Farthest Insert* dapat digunakan untuk penentuan rute distribusi. Pada studi kasus UMKM yang digunakan dalam penelitian ini, algoritma *Nearest Neighbour* memiliki total jarak, total waktu, dan total biaya paling rendah dibandingkan

dengan rute aktual dan algoritma heuristik yang lainnya. Besarnya penghematan yang didapatkan per bulan dari jarak adalah 95,1 km atau 10,47%, penghematan waktu adalah 222 menit atau 9,14%, dan penghematan biaya adalah Rp698.550,00 atau 12,82%.

Jika UMKM ingin mendapatkan biaya distribusi yang lebih minimal dengan melakukan investasi maka dapat memilih skenario keempat dengan mengubah periode waktu penggabungan pesanan menjadi per dua minggu, kuantitas pemesanan menjadi dua kali dari kondisi aktualnya dan mengganti kendaraan yang memiliki kapasitas lebih besar. Besarnya penghematan yang didapatkan per bulan dari jarak adalah 407,8 km atau 50%, penghematan waktu adalah 1.063 menit atau 48,2%, dan penghematan biaya adalah Rp260.440,5 atau 21%.

Manfaat yang diperoleh dari penerapan metode penentuan rute distribusi adalah metode sederhana dengan perhitungan yang mudah serta memberikan kemudahan dalam pengaplikasian di UMKM. Saran untuk penelitian lanjutan adalah memperhitungkan biaya depresiasi kendaraan dan mencari kombinasi penggabungan periode pemesanan yang dapat memberikan total biaya distribusi yang minimum. Selain itu dalam untuk setiap skenario yang dipertimbangkan dapat dicoba penentuan rute distribusi menggunakan algoritma heuristik yang lainnya selain *Nearest Neighbour* karena masih memiliki kemungkinan untuk mendapatkan solusi yang lebih baik.

Daftar Pustaka

- [1] H. Sucahyowati, "Manajemen Rantai Pasokan (Supply Chain Management)," *Maj. Ilm. Gema Marit.*, vol. 13, no. 1, pp. 20–28, 2011.
- [2] G. M. Sari, R. M. Heryanto, and S. Santoso, "Penentuan Rute Distribusi Menggunakan Model Integer Linear Programming dengan Metode Branch and Bound," *Go-Integratif J. Tek. Sist. dan Ind.*, vol. 1, no. 01, pp. 69–79, Dec. 2020, doi: 10.35261/gijtsi.v1i01.4265.
- [3] A. Halim, "Pengaruh Pertumbuhan Usaha Mikro, Kecil dan Menengah Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Mamuju," *GROWTH J. Ilm. Ekon. Pembang.*, vol. 1, no. 2, pp. 157–172, 2020.
- [4] I. N. Pujawan and M. Er, *Supply Chain Management*, 3rd ed. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2017.
- [5] S. Suparjo, "Metode Saving Matrix Sebagai Alternatif Efisiensi Biaya Distribusi (Studi Empirik Pada Perusahaan Angkutan Kayu Gelondongan Di Jawa Tengah)," *Media Ekon. dan Manaj.*, vol. 32, no. 2, pp. 137–153, Jul. 2017, doi: 10.24856/mem.v32i2.513.
- [6] F. Ahmad and H. F. Muharram, "Penentuan jalur distribusi dengan metode saving matriks: penentuan jalur distribusi dengan metode saving matriks," *Competitive*, vol. 13, no. 1, pp. 45–66, 2018.
- [7] A. Suyudi, A. Imran, and S. Susanty, "Usulan Rancangan Rute Pendistribusian Air Galon Hanaang Menggunakan Algoritma Nearest Neighbour dan Local Search," *Reka Integr.*, vol. 3, no. 4, pp. 264–272, 2015.
- [8] R. Yohanes, S. Santoso, and R. M. Heryanto, "Penentuan Rute Distribusi yang Mempertimbangkan Multi Trips, Time Window, dan Simultaneous Pickup Delivery dengan Menggunakan Algoritma Sequential Insertion," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri Universitas Gadjah Mada 2020*, 2020, p. RO 64-RO 68.
- [9] I. Mutakhirroh, F. Saptono, N. Hasanah, and R. Wiryadinata, "Pemanfaatan metode Heuristik dalam pencarian jalur terpendek dengan algoritma semut dan algoritma genetika," in *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI) 2007*, 2007.

- [10] H. Maruta, “Analisis Break Even Point (BEP) Sebagai Dasar Perencanaan Laba Bagi Manajemen,” *JAS (Jurnal Akuntansi Syariah)*, vol. 2, no. 1, pp. 9–28, 2018.
- [11] N. M. Losvitasari, I. W. Budiasa, and I. G. A. A. Ambarawati, “Analisis Finansial Agroindustri Kelor di PT. Bali Agro Investama,” *J. Manaj. Agribisnis (Journal Agribus. Manag.)*, vol. 9, no. 2, pp. 391–396, Oct. 2021, doi: 10.24843/JMA.2021.v09.i02.p04.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Universitas Kristen Maranatha dan UMKM ABC di Kota Medan untuk kesediaan menjadi tempat pengamatan pada penelitian ini.