

Penentuan Rute dan Tarif Pengiriman Katering Berdasarkan Biaya Operasional Kendaraan Menggunakan Pendekatan *Vehicle Routing Problem*

Tasya Afifah, Yuli Dwi Astanti, Apriani Soepardi

Program Studi Teknik Industri Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Penulis Korespondensi: yulidwi.istanti@upnyk.ac.id

Abstract

Dalam aktivitas distribusi, terutama bagi UMKM seperti Nara Katering, penentuan rute merupakan aspek krusial yang memengaruhi biaya operasional dan kepuasan pelanggan. Penelitian ini mengusulkan pendekatan hybrid heuristic yang terdiri dari empat tahapan: pengklasteran, pengurutan rute, perbaikan rute, dan penentuan biaya operasional kendaraan. Tahap pengklasteran menggunakan algoritma sweep, sedangkan pengurutan rute menggunakan nearest insertion heuristic, dan perbaikan rute menggunakan algoritma 2-opt dengan dukungan MATLAB. Biaya operasional kendaraan dihitung berdasarkan standar Departemen Pekerjaan Umum 2005. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan signifikan dalam efisiensi rute distribusi, dengan jarak tempuh yang lebih pendek sebesar 12,20% dibandingkan dengan rute aktual. Meskipun pengurutan rute berdasarkan algoritma nearest insertion heuristic sedikit lebih panjang dibandingkan dengan rute aktual, total biaya operasional kendaraan menunjukkan penghematan yang signifikan. Dua model sistem pengupahan dipertimbangkan: sistem pengupahan per titik dan sistem pengupahan dengan Upah Minimum Regional (UMR) per bulan. Sistem pengupahan per titik direkomendasikan karena memberikan keuntungan yang lebih besar bagi UMKM Nara Katering, dengan biaya operasional kendaraan sebesar Rp204.667,01/hari dan keuntungan Rp85.322,99/hari. Sementara itu, sistem pengupahan berdasarkan UMR per bulan menghasilkan total biaya operasional kendaraan sebesar Rp251.446,01/hari dengan keuntungan Rp38.553,99/hari. Rekomendasi ini didasarkan pada keuntungan yang lebih besar yang dapat diperoleh dengan sistem pengupahan per titik.

Kata kunci: *Algoritma 2-opt, Biaya Operasional Kendaraan, Distribusi, Vehicle Routing Problem*

1. PENDAHULUAN

Katering adalah sebuah usaha yang melayani berbagai macam pesanan makanan dan minuman siap saji untuk kebutuhan sehari-hari, instansi, maupun sebuah acara [1]. Pesanan katering tersebut akan diantar sesuai dengan keinginan pelanggan. Jasa katering memiliki tujuan untuk memuaskan kebutuhan konsumen melalui makanan dan layanan yang diberikan. Layanan yang diberikan tidak hanya pada produk makanan, tetapi juga proses pengiriman.

Proses pengiriman makanan dari jasa katering kepada pelanggan membutuhkan perencanaan dan penjadwalan yang optimal. Perencanaan dan penjadwalan merupakan salah satu strategi agar produk sampai ke pelanggan pada waktu yang tepat, jumlah yang sesuai, dan biaya yang rendah. Jarak tempuh yang panjang menyebabkan biaya transportasi meningkat dan terjadinya keterlambatan. Kendala tersebut menyebabkan proses pengiriman perlu direncanakan dan dijadwalkan dengan optimal agar efisien dan tepat waktu.

UMKM Nara Katering merupakan usaha yang menyediakan jasa katering. UMKM Nara Katering melayani dua jenis pelanggan, yaitu pelanggan tetap dan pelanggan tidak tetap. Hal ini menyebabkan terjadinya perubahan permintaan baik dari segi kuantitas maupun titik pengiriman. Produk makanan yang telah dipesan oleh pelanggan akan didistribusikan ke pelanggan dengan waktu yang telah ditentukan. Proses pendistribusian makanan dilakukan dua kali pengiriman setiap harinya yaitu pukul 05.00-07.00 WIB dan 10.00-12.00 WIB.

UMKM Nara Katering memiliki dua kurir yang dibagi menjadi dua bagian wilayah, yaitu barat dan timur. Kedua kurir tersebut melakukan perencanaan rute menggunakan perkiraan dan pengetahuan kurir tanpa

mempertimbangkan jarak titik pengiriman ke titik pengiriman lainnya. Hal ini menyebabkan perencanaan rute kurang optimal karena terdapat beberapa titik pengiriman yang terlewat dan jarak tempuh menjadi lebih panjang, misalnya tanggal 28 Agustus 2023 total jarak pengiriman pada kurir 1 sejauh 94,6 km, sedangkan dengan mempertimbangkan rute pengiriman, jarak pengiriman yang akan ditempuh hanya sejauh 51,5 km. Pengiriman tanpa mempertimbangkan rute yang akan dilalui mengakibatkan biaya transportasi yang dikeluarkan mengalami peningkatan dan waktu pengiriman ke pelanggan melebihi batas waktu yang ditentukan, misalnya pada kondisi di atas pengiriman pada titik terakhir mengalami keterlambatan selama 33 menit.

Keuntungan yang diperoleh UMKM Nara Katering meliputi keuntungan dari penjualan makanan dan layanan pengiriman. Saat ini tarif pengiriman sebesar Rp10.000,00 per titik. Tarif tersebut dikelola oleh pemilik untuk menanggung biaya operasional dan memperoleh keuntungan dari layanan pengiriman. Biaya operasional tersebut meliputi upah kurir sebesar Rp5.000,00 per titik, biaya bahan bakar, suku cadang, pergantian oli, pergantian ban, dan pajak motor. Penentuan tarif tersebut berdasarkan perkiraan pemilik. Seiring perkembangan usaha katering ini, pemilik ingin meningkatkan keuntungan dari layanan pengiriman karena terdapat bulan tertentu yang mengalami kerugian. Pada September 2023, UMKM Nara Katering melakukan pengiriman ke 705 titik dan memperoleh penghasilan kotor sebesar Rp1.610.000,00 atau Rp2.284,00 per titik. Penghasilan kotor tersebut diperoleh dari total pemasukan tarif pengiriman dan pengeluaran berupa upah kurir, biaya bahan bakar, serta biaya suku cadang (belum termasuk biaya pergantian ban, pergantian oli, penyusutan kendaraan, dan pajak motor). UMKM Nara Katering ingin mengembangkan usaha dengan menargetkan keuntungan setidaknya 30% dari layanan pengiriman. Peningkatan keuntungan tersebut dapat dicapai dengan meminimasi biaya operasional pengiriman. Hal ini dapat dilakukan dengan perencanaan rute yang optimal dan mengubah sistem pengupahan pada kurir. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis sistem pengupahan kurir yang ada saat ini.

Algoritma *sweep*, algoritma *nearest insertion heuristic*, 2-opt dan perhitungan biaya operasional kendaraan (BOK) merupakan beberapa pendekatan yang dapat menganalisis masalah tersebut untuk memperoleh rute terpendek dengan biaya transportasi yang minimal. Oleh sebab itu, diharapkan penelitian ini dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk UMKM Nara Katering dalam melakukan evaluasi perbaikan rute distribusi dan penentuan biaya.

Sejumlah penelitian sebelumnya telah dilakukan dalam bidang penentuan rute distribusi dan biaya transportasi dengan menggunakan berbagai metode. Pada tahun 2013, Mukhsinin [2] menjalankan penelitian di CV. IFFA dengan menerapkan metode *Nearest Neighbor* dan *local search -2-opt*. Hasilnya menunjukkan bahwa penerapan VRPTW menghasilkan waktu pengiriman tanpa istirahat sebesar 2027,826 menit, sedangkan dengan waktu istirahat sebesar 2006,652 menit. Selanjutnya, Frans et al. pada tahun 2016 [3] mengkaji tarif angkutan umum di Kabupaten TTS berdasarkan Biaya Operasional Kendaraan (BOK), *Ability to Pay* (ATP), dan *Willingness to Pay* (WTP) dengan mengacu pada standar perhitungan Departemen Pekerjaan Umum tahun 2005 dan standar perhitungan Direktur Jenderal Perhubungan. Karnadi [4] melakukan penelitian di PT XYZ untuk menyelesaikan *Vehicle Routing Problem With-Time Windows* dengan menggunakan algoritma *Sweep* dan *Saving*. Tujuan penelitian ini adalah meminimalkan biaya transportasi dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan dan permintaan konsumen. Selanjutnya [5] penelitian tentang penentuan rute distribusi dan biaya transportasi di Kantor Pos Ungaran dengan memanfaatkan metode *Saving Matrix*, *Nearest Insertion Heuristic*, dan *Nearest Neighbor*. Mereka mengidentifikasi masalah rute yang tidak tetap dalam penggunaan biaya bahan bakar kendaraan.

Khususnya, penelitian yang akan dilaksanakan akan fokus pada usaha katering dengan penentuan rute pengiriman untuk mengurangi biaya operasional. Metode yang akan digunakan adalah *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan mengombinasikan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP) dan algoritma *sweep* untuk mengelompokkan alamat menjadi dua kelompok dengan mempertimbangkan kapasitas pengiriman. Selain itu, *Vehicle Routing Problem With Time Windows* (VRPTW) akan dipadukan dengan metode *Nearest Insertion Heuristic* (NIH) untuk menentukan rute pengiriman dengan mempertimbangkan jarak minimal dan rentang waktu pengiriman. Secara keseluruhan, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung biaya operasional guna menetapkan tarif pengiriman yang dapat mengurangi risiko kerugian.

2. METODE PENELITIAN

Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan pengelolaan distribusi barang dengan mempertimbangkan sekelompok konsumen dengan sejumlah kendaraan untuk jangka waktu tertentu dan pada satu titik atau lebih dan dijalankan hanya oleh satu *driver* [6]. VRP terbagi menjadi beberapa jenis seperti *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP), *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW), *Distance Constrained Vehicle* (DCVRP), *VRP with Pick Up and Delivery* (VRPPD), dan *VRP with Backhauls* (VRPB). Pada penelitian ini jenis VRP yang digunakan adalah *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP), *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW). CVRP merupakan varian dari permasalahan VRP

dengan memiliki tambahan kendala berupa kapasitas yang homogen (identik) dengan tujuan mengunjungi sekumpulan agen sesuai dengan kebutuhannya masing-masing [7]. CVRP adalah masalah optimasi yang bertujuan untuk menentukan rute dengan biaya yang paling minimal untuk sejumlah kendaraan dengan kapasitas tertentu yang bersifat homogen dengan melayani sejumlah pelanggan yang kebutuhan kuantitasnya telah diketahui sebelum dilakukan proses pengiriman [8]. VRPTW merupakan varian dari permasalahan pada VRP yang memiliki batas tambahan jangka waktu yang berhubungan dengan setiap pelanggan. VRPTW bertujuan untuk mengoptimalkan jumlah kendaraan yang dibutuhkan [9]. Konsumen hanya dilayani oleh satu kendaraan dari beberapa kendaraan dengan interval waktu tertentu. Kendaraan mengirim barang dari titik pusat ke konsumen dan berakhir di titik pusat yang sama.

Algoritma *Hybrid* merupakan algoritma yang menggabungkan beberapa cara penyelesaian suatu masalah dengan tujuan memperoleh solusi yang lebih optimal. Algoritma *sweep* dan algoritma *nearest insertion heuristic* dapat diselesaikan dengan penyelesaian algoritma *hybrid heuristic* untuk memberikan solusi yang optimal dibandingkan dengan penyelesaian menggunakan satu metode saja [10].

Algoritma *Sweep* merupakan algoritma yang dilakukan dengan melakukan pengklasteran melalui penggabungan titik-titik dalam satu kluster. Pengklasteran (*clustering*) adalah proses yang dilakukan untuk mengelompokkan data ke dalam beberapa cluster sehingga data dalam satu cluster mempunyai tingkat kemiripan maksimal dan data antar cluster mempunyai kemiripan minimal [11]. Langkah-langkah dalam tahapan algoritma *sweep* yaitu:

1. Membuat koordinat kartesius yang berisikan masing-masing alamat dan menetapkan titik depot sebagai titik pusat koordinat.
2. Membuat koordinat polar dari masing-masing titik terhadap sumbu y menggunakan koordinat kartesius menjadi koordinat polar. Persamaan yang digunakan dalam mengubah titik koordinat kartesius menjadi koordinat polar menggunakan Persamaan (1) dan Persamaan (2).

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (1)$$

$$\theta = \arctan \frac{x}{y} \quad (2)$$

3. Melakukan pengklasteran yang dimulai dari nilai sudut polar terkecil hingga terbesar dengan memperhatikan kapasitas kendaraan.
4. Membuat kluster baru dengan langkah yang sama.
5. Mengulangi langkah pengelompokkan sampai dengan langkah kluster baru. Langkah ini dilakukan hingga semua titik masuk dalam sebuah kluster

Algoritma *Nearest Insertion Heuristic* (NIH) merupakan varian VRPTW yang memiliki batasan waktu pelayanan yang berbeda pada setiap node. NIH bertujuan untuk mencari rute terpendek dengan menentukan titik acuan (i) dan menyisipkan titik lainnya (u) hingga semua titik masuk ke dalam rute atau waktu pengiriman telah berakhir. Langkah-langkah dalam menggunakan Algoritma NIH yaitu [5] :

1. Membuat matriks jarak dan waktu.
2. Menentukan *node* acuan berdasarkan node dengan jarak terdekat atau jadwal waktu pelayanan terhadap depot.
3. Menentukan *node* bebas yang dipertimbangkan untuk disisipkan dan dapat dinotasikan dengan *node u*.
4. Menentukan rute saat ini sebagai $R = \{0, i, \dots, j\}$ untuk setiap *node* bebas *u* dengan menghitung total tambahan jarak yang terjadi apabila *node u* ditunjukkan pada Persamaan (3).

$$Z_{11(i,u,j)} = d_{(i,u)} + d_{(u,j)} - d_{(i,j)} \geq 0 \quad (3)$$

5. Menentukan tambahan waktu ketika kendaraan tiba dan memulai pelayanan di *node i* jika *node u* ditunjukkan pada Persamaan (4).

$$Z_{12(i,u,j)} = t_{(i,u)} + t_{(u,j)} - t_{(i,j)} \geq 0 \quad (4)$$

6. Menghitung besar ongkos penyisipan yang besarnya dihitung berdasarkan bobot jarak dan waktu tempuh. Besar ongkos penyisipan ditunjukkan pada Persamaan (5).

$$Z_1(i,u,j) = \alpha_1 Z_{11(i,u,j)} + \alpha_2 Z_{12(i,u,j)} \quad (5)$$

7. Menentukan *node* bebas *u* yang memiliki nilai Z_1 minimal dan menyisipkannya ke dalam rute antara *node i* dan *node j*.

8. Menentukan titik penyisipan selanjutnya dapat dilakukan dengan menghitung nilai $Z2(i, u, j)$ hingga kapasitas kendaraan maksimum dan batas waktu pelayanan ditunjukkan Persamaan (6).

$$Z_2(i, u, j) = \lambda d_{(0,u)} + Z_1(i, u, j); \lambda \geq 0 \quad (6)$$

9. Apabila terdapat *node* bebas yang belum masuk kedalam rute maka mengulangi mulai kembali dari langkah 3.

10. Mengubah posisi *node* berdasarkan total jarak dan total waktu menunggu yang minimum.

Algoritma 2-opt merupakan varian dari algoritma k-opt. Algoritma 2-opt melakukan pemindahan dua jalur pada rute, kemudian akan dihubungkan kembali antar jalur tersebut dengan pasangan konsumen yang berbeda. Algoritma 2-opt digunakan apabila rute baru yang dihasilkan lebih baik dibandingkan dengan rute awal [12]. Penentuan algoritma 2-opt dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi satu rute untuk satu kendaraan.
2. Menghapus dua jalur yang menghubungkan pada empat konsumen yang berbeda, kemudian menghubungkan kembali keempat konsumen tersebut dengan pasangan yang berbeda.
3. Apabila terdapat waktu tempuh yang berkurang dan tidak melanggar kendala yang ada, maka kembali ke langkah 2.

Biaya Operasional Kendaraan (BOK) Biaya Operasional Kendaraan (BOK) merupakan total biaya yang dikeluarkan untuk dapat mengoperasikan suatu kendaraan [13]. BOK dapat ditentukan menggunakan analisis biaya operasi dengan mengabaikan biaya yang tidak dapat diuangkan, seperti kesehatan, psikologis, waktu, dan biaya lainnya [14]. Perhitungan BOK pada penelitian ini berdasarkan Departemen Pekerjaan Umum tahun 2005 [15].

3. HASIL DAN ANALISA

Pada bagian ini, dijelaskan hasil penelitian dan pada saat yang sama diberikan pembahasan yang komprehensif. Hasil dapat disajikan dalam angka, grafik, tabel dan lain-lain yang membuat pembaca memahami dengan mudah [2], [5]. pembahasan dapat dibuat dalam beberapa sub-bab.

Proses distribusi dilakukan oleh dua kurir yang dilakukan dua kali pengiriman dengan waktu yang berbeda, yaitu pagi hari pukul 05.00-07.00 WIB dan siang hari pukul 10.00-12.00 WIB. Tanggal pengiriman yang digunakan pada penelitian ini yaitu tanggal 12 September 2023 karena memiliki rata-rata jarak pengiriman terpanjang terhadap depot. Kendaraan yang digunakan untuk proses distribusi yaitu kendaraan milik UMKM Nara Katering tipe Honda Supra X 125cc keluaran tahun 2015. Kendaraan tersebut memiliki kotak penyimpanan tambahan dibagian belakang dengan kapasitas maksimal 30 kotak sekali antar. Data rute aktual diperoleh dari hasil wawancara kepada pemilik. Pembagian rute yang dilakukan saat ini terdiri dari empat klaster (kurir 1 pagi, kurir 1 siang, kurir 2 pagi, dan kurir 2 siang). Rute aktual menghasilkan total jarak 240,2km.

Alamat konsumen UMKM Nara Katering dilakukan pengklasteran menggunakan algoritma *sweep*. Berdasarkan koordinat setiap alamat terhadap depot, dapat dihitung nilai sudut polar dengan Persamaan (2). Hasil dari pengolahan tersebut dilakukan pengurutan sudut polar dan pengklasteran dengan mempertimbangkan kapasitas pengiriman yang dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

Tabel 1. Klaster 1 algoritma *sweep*

No	Node	θ	Permintaan	Permintaan kumulatif
1	17	85,10	2	2
2	11	71,13	4	6
3	15	70,65	1	7
4	8	65,83	2	9
5	13	65,13	3	12
6	14	57,55	4	16
7	18	53,97	1	17
8	5	52,67	1	18
9	10	50,62	1	19

Tabel 2. Kluster 2 algoritma *sweep*

No	Node	θ	Permintaan	Permintaan kumulatif
1	16	50,59	1	1
2	12	38,75	1	2
3	6	27,33	3	5
4	4	26,59	1	6
5	9	25,70	1	7
6	7	22,32	1	8
7	1	13,55	2	10
8	3	10,89	3	13
9	2	7,98	2	15

Tabel 3. Kluster 3 algoritma *sweep*

No	Node	θ	Permintaan	Permintaan kumulatif
1	10	69,61	2	2
2	11	68,30	2	4
3	8	63,95	3	7
4	7	43,60	1	8
5	6	38,88	4	12

Tabel 4. Kluster 4 algoritma *sweep*

No	Node	θ	Permintaan	Permintaan kumulatif
1	9	31,63	1	1
2	5	24,00	4	5
3	2	14,37	1	6
4	4	13,38	4	10
5	3	13,27	2	12
6	1	3,54	1	13

Tahap pengurutan rute dengan metode *Nearest Insertion Heuristic* mempertimbangkan jarak dan waktu. Berikut ini merupakan pengurutan rute pada kluster 3.

- a. Matriks jarak kluster 3 dapat dilihat pada Tabel 5. Matriks waktu pada kluster 3 dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 5. Matriks jarak pada kluster 3

Node	0	10	11	8	7	6
10	17,9					
11	15,5	5,8				
8	7	11,8	8,4			
7	8,4	12,2	11	6,2		
6	14,6	7,8	12,8	12	7,5	

Tabel 6. Matriks waktu pada kluster 3

Node	0	10	11	8	7	6
10	37					
11	30	14				
8	16	26	21			
7	16	27	27	12		
6	28	13	26	24	15	

- b. Menentukan node terdekat dengan depot pada kluster 3 yaitu *node* 8.
 c. Menentukan nilai parameter yang bernilai sama dengan kluster 1. Nilai α sebesar 1.
 d. Menghitung tambahan jarak akibat penyisipan *node* bebas selanjutnya (*u*) pada kluster 3 dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil perhitungan tambahan jarak pada kluster 2

Node <i>j</i>	Node <i>u</i>	d_{iu} (km)	d_{uj} (km)	d_{ij} (km)	$Z_{11i,u,j}$ (km)
8	10	17,9	11,8	7	22,7
	11	15,5	8,4	7	16,9
	7	8,4	6,2	7	7,6
	6	14,6	12	7	19,6

- e. Menghitung tambahan waktu akibat penyisipan *node* bebas selanjutnya (u) pada kluster 2 dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil perhitungan tambahan waktu pada kluster 3

<i>Node j</i>	<i>Node u</i>	$t_{i,u}$ (km)	$t_{u,j}$ (km)	t_{ij} (km)	$Z_{12i,u,j}$ (km)
8	10	37	26	16	47
	11	30	21	16	35
	7	16	12	16	12
	6	28	24	16	36

- f. Menghitung ongkos penyisipan dan nilai penghematan pada kluster 3 dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil perhitungan nilai penghematan pada kluster 3

<i>Node u</i>	$d_{i,u}$	$Z_{11i,u,j}$	$Z_{12i,u,j}$	α_1	α_2	$Z_{11i,u,j}$	$Z_{12i,u,j}$
10	17,9	22,7	47	0,9	0,1	25,13	-7,23
11	15,5	16,9	35	0,9	0,1	18,71	-3,21
7	8,4	7,6	12	0,9	0,1	8,04	0,36
6	14,6	19,6	36	0,9	0,1	21,24	-6,64

- g. Melakukan pengurutan rute berdasarkan nilai penghematan terbesar hingga terkecil. Hasil penyusunan urutan *node* kluster 3 dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Urutan rute pada kluster 3

No	<i>Node u</i>	$Z_{12i,u,j}$
1	10	-7,23
2	11	-3,21
3	7	0,36
4	6	-6,64

- h. Menghitung jarak dan waktu pada kluster 3 dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil perhitungan jarak dan waktu rute kluster 3

<i>Node</i>	Jarak (km)	Waktu tempuh (menit)	Waktu pelayanan (menit)	Waktu kumulatif (menit)
0	-	-	-	-
8	7	16	2	18
7	6,2	12	2	32
11	11	27	2	61
6	12,8	26	2	89
10	7,8	13	2	104
0	17,9	37	-	-
Total	62,7			

Perbaikan rute dengan menggunakan algoritma 2-opt dilakukan setelah memperoleh rute optimal melalui algoritma *Nearest Insertion Heuristic* (NIH). Proses perbaikan rute dilakukan dengan mengoptimalkan total jarak tempuh setiap klasternya. Berikut ini merupakan Tabel total jarak berdasarkan total jarak tempuh setiap kluster dapat dilihat pada Tabel 12. Perubahan rute yang lebih pendek memberikan pengaruh juga kepada waktu pengiriman produk kepada pelanggan. Dengan rute yang lebih pendek, pelanggan akan mendapatkan pesannya datang lebih cepat dan minim keterlambatan, sehingga hal ini akan meningkatkan kepuasan pelanggan.

Tabel 12. Total jarak tempuh

Klaster	Jarak (km)
1	54,2
2	57,9
3	49,8
4	49
Total	210,9

Perhitungan biaya operasional kendaraan (BOK) mengikuti kaidah perhitungan oleh Departemen Pekerjaan Umum 2005. Komponen perhitungan biaya operasional kendaraan meliputi konsumsi bahan bakar, konsumsi oli, konsumsi suku cadang, konsumsi ban, pajak, dan depresiasi. perhitungan BOK akan dilakukan analisis mengenai sistem pengupahan yang lebih baik, yaitu pengupahan kurir per titik sebesar Rp5.000,00/titik

dan per bulan dengan acuan Upah Minimum Regional (UMR) Daerah Istimewa Yogyakarta 2024 sebesar Rp2.492.997,00/bulan.

1. Biaya konsumsi bahan bakar. Data yang digunakan sebagai acuan yaitu kendaraan jenis mobil sedan (SD) dengan besar nilai konversi ke sepeda motor (SM) sebesar 1:4. Perhitungan ini menggunakan data default yaitu tanjakan rata-rata sebesar 2,5m/km, turunan rata-rata - 2,5m/km, kecepatan rata-rata 40km/jam, percepatan rata-rata sebesar 0,01 dan simpangan baku percepatan sebesar 0,75. Bahan bakar yang digunakan yaitu bensin jenis Pertalite dengan harga Rp10.000,00/liter.
2. Biaya konsumsi oli. Armada yang digunakan merupakan sepeda motor Honda Supra X 125cc tahun 2015 dengan kapasitas oli sebesar 0,8 liter dan jarak penggantian oli sejauh 2000km. Oli mesin yang digunakan yaitu AHM MPX1 800ml dengan harga Rp 29.500,00.
3. Biaya konsumsi suku cadang. Harga rata-rata Honda SupraX 125 pada tahun 2015 seharga Rp17.050.000,00. Penelitian mengenai kekasaran jalan di Yogyakarta yang dilakukan oleh Pembuaian, dkk (2018) meneliti kekasaran permukaan jalan berdasarkan International Roughness Index (IRI) pada 14 ruas jalan.
4. Biaya konsumsi ban. Perhitungan ini memerlukan data IRI dan harga ban baru. Ban yang digunakan yaitu Honda *Genuine Tire* ban luar 70/90 dengan harga Rp168.500.
5. Depresiasi. Harga jual diakhir umur ekonomis diperoleh dari harga jual rata-rata motor dengan jenis yang sama dengan tahun produksi 2008. Harga sepeda motor bekas Supra X 125cc tahun 2018 pada tahun 2023 seharga Rp6.025.000.
6. Total biaya operasional kendaraan. Perhitungan total biaya operasional kendaraan berdasarkan biaya variabel dan biaya tetap. Biaya variabel meliputi biaya konsumsi bahan bakar sebesar Rp219,90/km, biaya konsumsi oli sebesar Rp7,87/km, biaya konsumsi suku cadang sebesar Rp17,95/km, dan biaya konsumsi ban sebesar Rp8,03/km. Biaya tetap meliputi depresiasi sebesar Rp2.356,77/hari dan pajak kendaraan sebesar Rp226.000,00/tahun atau Rp724,36/hari.

Perhitungan sistem pengupahan pada dua skenario, yaitu pengupahan kurir per titik dan pengupahan kurir per bulan menghasilkan keuntungan masing-masing Rp85.322,99/hari dan Rp38.553,99/hari. Perhitungan tarif pengiriman pada skenario pengupahan kurir per titik tidak dilakukan karena keuntungan yang diperoleh sebesar 41,69% dari biaya operasional kendaraan. Nilai tersebut berada diatas keinginan UMKM Nara Katering sebesar 30%. Sedangkan, tarif pengiriman pada skenario pengupahan kurir per bulan dilakukan karena keuntungan yang diperoleh sebesar 15,33%.

4. KESIMPULAN

Penentuan rute menghasilkan rute dengan jarak tempuh sejauh 210,9km atau lebih pendek sebesar 12,20% dibandingkan dengan rute aktual. Rute tersebut dihasilkan melalui algoritma 2-opt, sedangkan pengurutan rute berdasarkan NIH memiliki rute yang lebih panjang 4,58% dibandingkan dengan rute aktual. Rute yang lebih pendek akan meningkatkan kepuasan pelanggan melalui pengurangan waktu pengiriman produk, sehingga minim keterlambatan. Produk katering merupakan produk yang sensitive terhadap keterlambatan, sehingga jika hal tersebut dapat dihindari maka konsumen yang puas akan menjadi konsumen setia dan akan terus memesan katering harian.

Total biaya operasional kendaraan pada sistem pengupahan kurir per titik menghasilkan biaya sebesar Rp Rp204.667,01/hari dengan keuntungan sebesar Rp85.322,99/hari atau 41,69% dari biaya operasional kendaraan. Sedangkan, biaya operasional kendaraan dari sistem pengupahan kurir secara UMR per bulan menghasilkan total biaya sebesar Rp251.446,01/hari dengan keuntungan yang diperoleh sebesar Rp38.553,99/hari atau 15,33% dari biaya operasional kendaraan. Sistem pengupahan per titik saat ini lebih direkomendasikan karena menghasilkan keuntungan yang lebih besar.

Penelitian ini masih terbatas pada penentuan rute menggunakan algoritma dan penentuan biaya pengiriman yang harus dihitung secara manual oleh pihak nara katering. Sebagai pemilik bisnis yang membutuhkan kepraktisan dalam implementasi hasil penelitian, penelitian selanjutnya dapat menambahkan pembangunan sistem informasi yang memudahkan pihak nara katering untuk mengimplmentasikan hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. J. Baso, Y. D. Y. Rindengan, and R. Sengkey, "Perancangan aplikasi catering berbasis Mobile," *J. Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 9, no. 2, pp. 81–90, 2020.
- [2] A. Mukhsinin, A. Imran, and S. Susanty, "Penentuan Rute Distribusi CV. IFFA Menggunakan Metode Nearest Neighbour dan Local Search," *REKA Integr.*, vol. 1, no. 2, 2013.
- [3] J. H. Frans, Y. A. Messah, and N. T. Issu, "Kajian Tarif Angkutan Umum Berdasarkan Biaya Operasional Kendaraan (Bok), Ability To Pay (Atp) Dan Willingness To Pay (Wtp) Di Kabupaten Tts," *J. Tek. Sipil*, vol. 5, no. 2, pp. 185–

- 198, 2016.
- [4] N. P. M. Karnadi, "PENYELESAIAN VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH-TIME WINDOWS UNTUK MEMINIMALKAN BIAYA TRANSPORTASI DENGAN METODE ALGORITMA SWEEP DAN SAVING PADA PT. XYZ," 2022, *PERPUSTAKAAN PASCASARJANA*.
 - [5] Y. Purnomo, D. Wahyono, and A. S. Anggahandika, "Penentuan rute distribusi dan biaya transportasi kantor pos ungaran dalam rangka efisiensi dengan metode saving matrix, nearest insertion dan nearest neighbor," *E-logis J. Ekon. Logistik*, vol. 4, no. 1, pp. 56–71, 2022.
 - [6] M. W. Saputri, W. F. Mahmudy, and D. E. Ratnawati, "Optimasi Vehicle Routing Problem with Time Window (VRPTW) menggunakan algoritma genetika pada distribusi barang," *DORO Repos. J. Mhs. PTIIK Univ. Brawijaya*, vol. 5, no. 12, pp. 1–10, 2015.
 - [7] W. Satria, "Penerapan metode algoritma genetik untuk memecahkan masalah penentuan rute kendaraan berkapasitas," 2004, *Universitas Komputer Indonesia*.
 - [8] S. Rupiah, M. Mulyono, and E. Sugiharti, "Efektivitas Algoritma Clarke-Wright dan Sequential Insertion dalam Penentuan Rute Pendistribusian Tabung Gas LPG," *UNNES J. Math.*, vol. 6, no. 2, pp. 198–210, 2017.
 - [9] O. Bräysy and M. Gendreau, "Vehicle routing problem with time windows, Part I: Route construction and local search algorithms," *Transp. Sci.*, vol. 39, no. 1, pp. 104–118, 2005.
 - [10] M. M. Solomon, "Algorithms for the vehicle routing and scheduling problems with time window constraints," *Oper. Res.*, vol. 35, no. 2, pp. 254–265, 1987.
 - [11] P.-N. Tan, M. Steinbach, and V. Kumar, "Introduction to data mining, Pearson education," *Inc., New Delhi*, 2006.
 - [12] C. Nilsson, "Heuristics for the traveling salesman problem," *Linköping Univ.*, vol. 38, no. 0085–9, p. 26, 2003.
 - [13] T. Wahyuningsih, "Kajian tarif angkutan umum bus damri rute bil–kota Matram berdasarkan biaya operasional kendaraan," *J. planeearth*, vol. 5, no. 2, pp. 111–114, 2020.
 - [14] E. K. Morlok, "Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi, 1995," *Jakarta: Erlangga*, 1978.
 - [15] D. P. Umum, "Perhitungan biaya operasi kendaraan Bagian I: Biaya tidak tetap (Running Cost)," *Jakarta Dep. Pekerj. Umum*, 2005.