

Penentuan Rute Distribusi Produk yang Meminimumkan Jarak Tempuh dan Jumlah Kendaraan dengan Pendekatan Metode Heuristik *Vehicle Routing Problem*

Chatarina Dian Indrawati

Program Studi Teknik Industri – Fakultas Teknik
Universitas Katolik Widya Mandala Madiun

ABSTRACT

*Distribution route and time management play important roles in a business. These aspects are closely concerned with the means of transportation and speed of delivery of a product. This research is an attempt at tracing the distribution process and time spending in the marketing of soybean **tempe**. It is a case study on “Murni” SME production of Mantab Rasa. The study applied Heuristic method using constructive initial feasible Nearest to depot method with Vehicle Routing Problem Time Windows (VRPTW). The result found four routes for vehicle B (two-wheeled motorcycle) and one routes for vehicle A (three-wheeled mototricycle). The total time spent was 252.775 minutes for the distance 41 miles.*

Key words: *distribution route, Heuristic methods, Nearest to the depot, VRPTW*

A. Pendahuluan

1. Latar Belakang

Pada proses bisnis organisasi perusahaan manufaktur, pendistribusian produk merupakan proses yang berdampak signifikan terhadap keseluruhan proses bisnis yang ada. Kepentingan distribusi menjadi hal yang harus diperhatikan dalam pengelolaan karena berdampak terhadap biaya yang harus ditanggung oleh perusahaan. Dengan tujuan meminimumkan biaya untuk mendistribusikan produk maka yang memiliki pengaruh langsung terhadap besar atau kecilnya biaya adalah jarak tempuh yang harus dilalui. Oleh karena semakin jauh jarak tempuh yang dilalui maka semakin tinggi biaya yang dikeluarkan. Demikian juga dengan jumlah kendaraan yang dipakai, semakin banyak kendaraan yang dipakai maka semakin tinggi biaya yang harus dikeluarkan.

Dengan fenomena ini maka metode yang dapat digunakan sebagai solusi permasalahan yang ada menggunakan metode heuristik konstruktif dalam *vehicle routing problem* atau VRP (Toth dkk., 2002). Karena dalam VRP, tujuan yang hendak dicapai adalah rute yang memiliki jarak terpendek dengan jumlah kendaraan paling minimal. Karakteristik permasalahan yang bervariasi membuat penerapan VRP memiliki perbedaan pada masing-masing permasalahan. Variasi pada masing-masing permasalahan ditimbulkan oleh variasi batasan atau kendala yang ada, seperti kapasitas muatan kendaraan yang ada, selang waktu konsumen dalam menerima pengiriman produk atau waktu kedatangan produk ke konsumen yang telah ditetapkan. Pada permasalahan yang memiliki kendala kapasitas kendaraan dan selang waktu konsumen dalam menerima pengiriman produk atau waktu

kedatangan produk ke konsumen yang telah ditetapkan maka VRP disebut sebagai *vehicle routing problem with time windows* atau VRPTW (Toth dkk., 2002).

Beberapa penelitian terdahulu mengenai penerapan metode heuristik dalam penyelesaian VRPTW telah dilakukan oleh Laporte dkk (2002), Cordeau dkk (2002) dan Brausy dkk (2005). Ketiga penelitian tersebut membandingkan beberapa variasi metode heuristik berdasarkan nilai fungsi objektif, jumlah kendaraan dan waktu eksekusi (Salaki, 2009). Sedangkan pada penelitian Raditya (2009), permasalahan VRP pada distribusi produk roti merk Sari Roti diselesaikan dengan metode heuristik *nearest addition* pada tahap konstruksi fisibel awal dan pada tahap perbaikan. Dengan data lokasi distribusi yang sama dengan penelitian Raditya (2009) yaitu permasalahan distribusi roti merk Sari Roti, penelitian Salaki (2009) menitikberatkan pada perbandingan solusi dari lima metode heuristik pada tahap konstruksi fisibel awal, yaitu *metode saving, sweeping, nearest to-depot, nearest addition, insertation* dan tahap perbaikan. Penelitian mengenai VRPTW juga dilakukan oleh Purnomo (2010) yang meneliti permasalahan distribusi koran pagi dengan pendekatan metode heuristik *nearest insertion* pada tahap konstruksi fisibel awal.

Pada penelitian ini, dibahas mengenai penentuan rute distribusi produk tempe kedelai "Murni" produksi UMKM Mantab Rasa untuk meminimumkan jarak tempuh dan jumlah kendaraan yang digunakan pada tahap konstruksi fisibel awal. Produk tempe kedelai "Murni" merupakan usaha mikro kecil menengah (UMKM) yang beroperasi di wilayah kota Madiun dengan daerah distribusi di kota Madiun. Produk tempe kedelai merupakan makanan olahan dari kedelai yang memiliki umur hidup pendek (*perishable*) dan sejak pagi hari harus segera sampai ke konsumen khususnya konsumen yang akan menjual kembali ke konsumen akhir. Jika terlambat maka dapat dipastikan tempe tidak akan laku. Sementara jika tempe tidak laku maka tempe akan membusuk dan dikembalikan ke produsen sehingga menimbulkan kerugian bagi perusahaan. Tempe juga tidak dapat diantisipasi untuk didistribusikan lebih awal karena tempe yang belum jadi secara sempurna akan membuat tempe menjadi rusak pada saat didistribusikan sehingga tidak laku. Oleh karena jumlah titik distribusi yang cukup banyak dan sempitnya waktu yang tersedia maka dibutuhkan suatu rangkaian rute distribusi yang dapat mempercepat waktu distribusi dan melakukan prioritas pelanggan mana yang didistribusikan lebih awal sehingga kemungkinan tempe tidak laku dapat diminimasi.

2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, peneliti merumuskan permasalahan dalam penelitian ini dengan pertanyaan, "Bagaimana menentukan rute distribusi yang mampu meminimumkan jarak tempuh dan jumlah kendaraan pada distribusi tempe kedelai "Murni" produksi UMKM Mantab Rasa dengan kendala kapasitas kendaraan dan selang waktu penerimaan konsumen yang terbatas?"

3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- Membuat formulasi masalah distribusi dalam model VRPTW
- Mengimplementasikan model pada kasus distribusi tempe kedelai “Murni” pada tahap konstruksi fisibel awal dengan metode heuristik *nearest to depot*
- Menentukan rute distribusi hasil implementasi metode berdasarkan jarak tempuh dan jumlah kendaraan yang paling minimal.

4. Manfaat Penelitian

Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat memberikan informasi tentang formulasi VRPTW dan metode penyelesaiannya dengan menggunakan metode heuristik, yang dapat bermanfaat bagi penelitian selanjutnya dan dapat diterapkan dalam dunia usaha manufaktur.

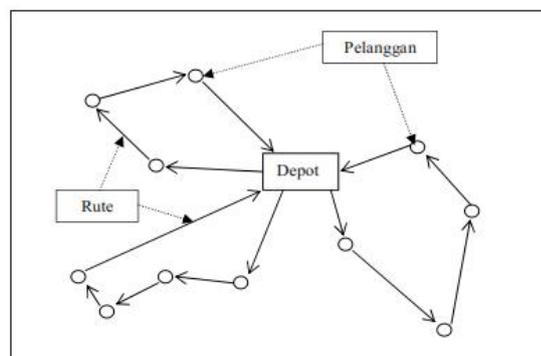
B. Tinjauan Pustaka

1. *Traveling Salesman Problem*

Traveling salesman problem (TSP) adalah permasalahan dimana seorang salesman harus mengunjungi semua kota dengan setiap kota hanya dikunjungi sekali dan dia harus mulai dari dan kembali ke kota asal (Garfinkel dkk., 1972). Dengan tujuan menentukan rute dengan jarak total dan atau biaya yang paling minimal atau waktu tercepat. Dalam perkembangannya variasi TSP juga dapat berupa adanya selang waktu tertentu atau *time windows* untuk mengunjungi lokasi yg hendak dituju, yang kemudian disebut TSP *time windows* atau TSPTW.

2. *Vehicle Routing Problem Time Windows*

VRP merupakan perumuman dari TSP atau disebut juga m -TSP dengan m menunjukkan banyaknya *salesman* yang mengunjungi sejumlah kota., jadi VRP berkaitan dengan penentuan rute optimal untuk permasalahan lebih dari satu kendaraan (*vehicle*) dengan kapasitas tertentu untuk mengunjungi sejumlah pelanggan dengan permintaannya masing-masing (Salaki, 2009). Sehingga dapat disimpulkan bahwa tujuan VRP adalah penentuan n rute perjalanan dengan aturan 1 simpul hanya dikunjungi satu kali dan rute perjalanan untuk melayani permintaan n simpul dibatasi oleh kapasitas kendaraan yang dipakai.



Gambar 1. Contoh Penyelesaian VRP dengan 3 Rute

(Sumber: Salaki, 2009)

Variasi pada penyelesaian pada VRP adalah *vehicle routing problem time windows* atau VRPTW (Toth, 2002). Kendala waktu atau *time windows* ini merupakan batasan waktu pada simpul-simpul yang masuk dalam graf, dimana kendala waktu tersebut harus terpenuhi, jika tidak maka simpul akan menolak untuk melayani yang disebut *hard time windows* atau ada penaltinya yang disebut *soft time windows*. Selang waktu pada masing-masing simpul dapat berbeda dan dinyatakan dalam batas waktu awal sampai akhir pelayanan pada simpul tersebut.

Formulasi VRPTW menurut Toth dkk (2002), sebagai berikut:

$$(1. a) \quad (VRPTW) \quad \min \sum_{k \in \bar{K}} \sum_{(i,j) \in A} C_{ij} X_{ijk}$$

Dengan kendala sebagai berikut :

$$(1. b) \quad \sum_{k \in \bar{K}} \sum_{j \in \bar{\Delta}^+(i)} x_{ijk} = 1 \quad \forall i \in N,$$

$$(1. c) \quad \sum_{i \in \bar{\Delta}^+(0)} x_{0jk} = 1 \quad \forall k \in K,$$

$$(1. d) \quad \sum_{i \in \bar{\Delta}^-(j)} x_{ijk} - \sum_{i \in \bar{\Delta}^+(j)} x_{ijk} = 0 \quad \forall k \in K, j \in N$$

$$(1. e) \quad \sum_{i \in \bar{\Delta}^+(n+)} x_{i,n+1,k} = 1 \quad \forall k \in K,$$

$$(1. f) \quad x_{ijk}(w_{ik} + s_i + t_{ij} - w_{jk}) \leq 0 \quad \forall k \in K, (i, j) \in A$$

$$(1. g) \quad a_i \sum_{j \in \bar{\Delta}^+(i)} x_{ijk} \leq w_{ijk} \leq b_i \sum_{j \in \bar{\Delta}^+(i)} x_{ijk} \quad \forall k \in K, i \in N$$

$$(1. h) \quad E \leq w_{ik} \leq L \quad \forall k \in K, i \in \{0, n+1\}$$

$$(1. i) \quad \sum_{i \in \bar{N}} d_i \sum_{j \in \bar{\Delta}^+(1)} x_{ijk} \quad \forall k \in K,$$

$$(1. j) \quad x_{ijk} \geq 0 \quad \forall k \in K, (i, j) \in A$$

$$(1. k) \quad x_{ijk} \in \{0,1\} \quad \forall k \in K, (i, j) \in A$$

dengan

K = himpunan kendaraan dengan kapasitas yang sama

N = himpunan pelanggan atau konsumen = $\{1, \dots, n\}$

A = himpunan sisi berarah

C_{ij} = jarak atau biaya dari simpul i ke simpul j

t_{ij} = waktu tempuh dari simpul i ke simpul j

d_i = jumlah permintaan pelanggan i

E = batas awal waktu penerimaan

L = batas akhir waktu penerimaan

w = kapasitas kendaraan

s_{ik} = waktu bagi kendaraan k mulai melayani pelanggan i

$[a_i, b_i]$ = *time windows* dari simpul i

Persamaan (1.a) memiliki tujuan meminimalkan jarak dan jumlah kendaraan dengan kendala pada persamaan (1.b) yaitu memastikan bahwa setiap simpul dikunjungi hanya satu kali oleh 1 kendaraan, sedangkan persamaan (1.c)-(1.e) menunjukkan aliran dari jalur distribusi yang harus di susuri oleh kendaraan k . Kemudian, untuk persamaan (1.h)-(1.j) menjamin jadwal yang fisibel dengan mempertimbangkan waktu dan aspek kapasitas. Sedangkan persamaan ((1.k) menyatakan x_{ijk} merupakan peubah biner.

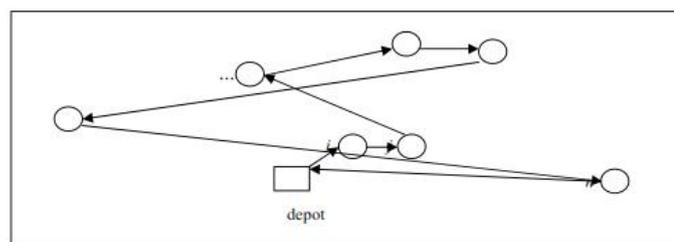
3. Metode Heuristik Konstruktif untuk VRPTW

Menurut Bräysy dkk.(2005) dalam Salaki (2009) metode heuristik konstruktif atau konstruksi rute adalah metode yang melakukan pemilihan simpul atau *node* secara berurutan hingga terbentuk solusi fisibel awal.

a. Metode *Nearest to Depot*

Pada metode ini, dilakukan konstruksi rute dengan memilih simpul yang terdekat dengan depot. Algoritma dari metode ini adalah sebagai berikut:

- 1) Rute diawali dari depot, perhatikan jarak tempuh dari depot ke lokasi, pilih yang paling minimal dari seluruhnya kemudian tentukan lokasi tersebut sebagai lokasi pertama dari rute.
- 2) Dari lokasi pertama yang terpilih, pemilihan lokasi selanjutnya adalah melihat dulu jarak dari lokasi pertama ke lokasi berikutnya, pilihlah yang paling minimal dengan mempertimbangkan kendala batas waktu dan kapasitas kendaraan yang tersedia. Jika tidak ada konsumen yang memungkinkan, tutup rute dan pilih kendaraan baru lainnya dan kembali ke langkah 1.
- 3) Jika semua lokasi belum tercantum pada salah satu rute, ulangi langkah 1. Iterasi berhenti, bila semua lokasi telah masuk dalam rute



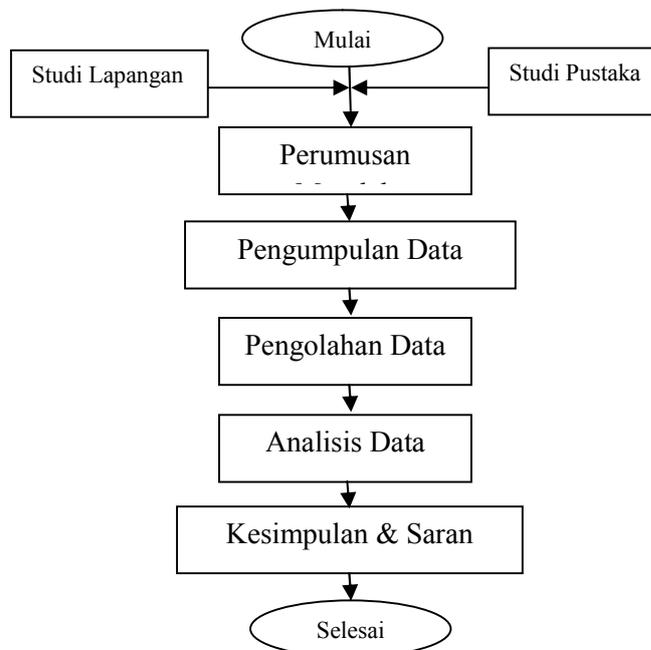
Gambar 2. Contoh Metode *Nearest to Depot*
(Sumber: Salaki, 2009)

C. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam langkah-langkah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merumuskan permasalahan dalam distribusi poduk tempe kedelai "Murni" produksi UMKM Mantab Rasa dengan melakukan studi observasi lapangan, wawancara dengan karyawan serta pemilik perusahaan dan studi pustaka mengenai metode-metode dalam perancangan distribusi.
2. Pengambilan data penelitian dilakukan dengan observasi lapangan, yaitu mengamati aktivitas proses distribusi dan melakukan pengukuran jarak dalam

- kilometer antara lokasi produksi ke lokasi konsumen dan jarak antara konsumen konsumen. Kemudian dilakukan wawancara dengan pemilik perusahaan mengenai data umum perusahaan, data konsumen, dan jumlah permintaannya, jenis dan kapasitas kendaraan yang digunakan, serta jadwal waktu penerimaan pengiriman di tiap konsumen.
3. Pengolahan data diawali dengan pembuatan matrik jarak berdasarkan data jarak tempuh kemudian menentukan rute dengan metode *nearest to depot*. Penentuan rute melibatkan kendala waktu dan kapasitas kendaraan yang digunakan.
 4. Tahap berikutnya adalah analisis hasil. Setelah diketahui hasil pengolahan dari masing-masing metode kemudian dilakukan perbandingan berdasarkan jarak tempuh dan jumlah kendaraan yang apling minimal.
 5. Setelah dilakukan analisis perbandingan dilakukan penarikan kesimpulan dan saran.



Gambar 3. Desain Penelitian

D. Hasil dan Pembahasan

1. Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian adalah kegiatan distribusi tempel kedelai “Murni” yang beroperasi di wilayah kota Madiun yang dilakukan setiap hari. Pengambilan data dilakukan dengan observasi lapangan dan wawancara dengan pemilik dan para karyawan produksi dan pemasaran. Data terdiri atas matriks jarak antar lokasi, jumlah permintaan setiap konsumen dan jadwal waktu penerimaan pengiriman di setiap lokasi konsumen.

a. Permintaan Harian pada Setiap Konsumen dan Jadwal Penerimaan Pengiriman

Tempe kedelai “Murni” memproduksi tempe setiap harinya, tanpa hari libur kecuali penentuan libur oleh pemilik UMKM Mantab Rasa sebagai produsen tempe kedelai “Murni” dan hari besar seperti hari raya Idul Fitri dan Natal. Jadi kegiatan proses produksi tetap dilakukan pada hari minggu dan libur nasional menurut kalender negara Indonesia. Kegiatan distribusi produk tempe hanya melewati 1 saluran, yaitu dari lokasi produksi ke lokasi konsumen, yang mana lokasi konsumen tersebar di beberapa lokasi di wilayah kota Madiun. Terdapat beberapa tipikal konsumen tempe kedelai “Murni”, yaitu konsumen yang hendak menjual kembali ke masyarakat secara umum seperti pasar, warung sayuran mentah dan, kemudian konsumen yang hendak memasak tempe kedelai “Murni” menjadi makanan yang siap santap, seperti warung makanan siap santap, katering, dan dapur rumah sakit.

Jumlah permintaan telah diketahui sebelumnya dan dikirim dalam satuan unit, jenis tempe ada dua jenis, yaitu tempe kecil dan tempe panjang dengan kemasan plastik. Yang dikirim ke konsumen adalah produk tempe dalam kondisi tempe jadi (kedelai sudah menyatu karena pertumbuhan jamur tempe telah sempurna) dan tempe bakal (kedelai masih terpisah). Jarak dari waktu produksi ke waktu distribusi untuk tempe jadi adalah 3 hari dan untuk tempe bakal adalah 2 hari.

Kegiatan pendistribusian dilakukan setiap hari pada pukul 03.30 hingga 09.00 dan menggunakan 2 jenis kendaraan yaitu kendaraan roda dua yaitu sepeda motor (kendaraan jenis B) dan kendaraan roda tiga, sepeda motor yang bagian belakangnya ada bak terbuka (kendaraan jenis A). Jumlah sepeda motor roda dua (kendaraan jenis B) adalah 3 unit dan sepeda motor roda tiga (kendaraan jenis A) ada 1 unit. Untuk konsumen yang hendak menjual kembali tempe kedelai “Murni”, waktu pengiriman dilakukan lebih awal yaitu sekitar pukul 03.30-05.00, jika tidak maka tempe memiliki kemungkinan tinggi untuk tidak laku karena konsumen lebih banyak yang membeli dipagi hari hingga pukul 06.00. Sedangkan untuk konsumen yang hendak memasak tempe kedelai “Murni” pengiriman dapat dilakukan antara pukul 06.00-09.00. Selain pengiriman produk, dilakukan juga proses penagihan pembayaran dan pencatatan jumlah permintaan untuk hari berikutnya. Setelah mengunjungi seluruh pelanggan, karyawan bagian sirkulasi kembali ke lokasi produksi (*depot*). Masalah yang dihadapi adalah meminimumkan total jarak tempuh dan jumlah kendaraan dengan mempertimbangkan kendala kapasitas kendaraan dan *time windows* untuk memenuhi setiap permintaan konsumen.

Pada penelitian ini digunakan beberapa asumsi, yaitu semua pesanan permintaan konsumen dapat dipenuhi oleh produsen, jumlah permintaan sudah diketahui sebelumnya dari pencatatan karyawan bagian distribusi pada hari sebelumnya, setiap lokasi terhubung satu sama lain dan jarak antar lokasi simetris ($c_{ij} = c_{ji}$) dengan pengertian dari lokasi K01 ke lokasi K02 dapat terhubung dengan jalur dan arah yang sama dari lokasi K02 ke lokasi K01, kecepatan kendaraan konstan,

yaitu 40 km/jam dan waktu tempuh antara konsumen i dan j yaitu t_{ij} , sudah termasuk lama pelayanan di konsumen i .

Tabel 1. Data Konsumen Tempe Kedelai "Murni" Produksi UMKM Mantab Rasa

Kode	Nama Konsumen	Jenis Konsumen	Jumlah permintaan				Waktu Pelayanan (menit)	Jadwal Penerimaan
			Tempe Kecil		Tempe Panjang			
			Jadi	Bakal	Jadi	Bakal		
D01	DEPOT (Lokasi Produksi)	-	-	-	-	-	-	
K01	Wr. Bu Gito	1	25			5	04.00-04.30	
K02	Wr. Bu Warno	1	6		2	5	04.00-04.30	
K03	Wr. Bu Tutuk	1	25			5	04.00-05.00	
K04	Wr. Bu Mur	1	5			5	04.00-04.30	
K05	Wr. Bu Mariyati	1	7			5	04.00-04.30	
K06	Wr. Bu Har	1			4	5	05.00-05.30	
K07	Wr. Bu Supi	1	10	5		5	04.15-06.00	
K08	Wr. Bu Las	1	12			5	05.30-06.00	
K09	Wr. Bu Sih	1	10			5	04.00-05.00	
K10	Wr. Bu Dwi	1	10			5	04.30-05.00	
K11	Wr. Bu Sur	1	30		5	5	04.30-06.00	
K12	Wr. Bu Wardo	2	25			5	05.00-09.00	
K13	Wr. Bu Cahaya	1	10			5	04.00-05.00	
K14	Wr. Bu Yulin	1	15			5	04.30-06.00	
K15	Wr. Bu Ringin	1	10			5	04.15-06.00	
K16	Asrama Bernardus	2	10	5		10	08.00-10.00	
K17	RS. Panti Bagija	2	50	10		15	07.00-09.00	
K18	Restoran "Ayam Kemangi"	2			25	15	07.00-09.00	
K19	Ps. Besar	1	100	500	10	60	05.00-05.30	
K20	Ps. Sleko	1			30	10	04.00-05.00	
K21	Ps. Joyo	1	100	20		20	05.00-06.00	
K22	Ps. Kojo	1	30			10	04.00-06.00	
Jumlah total Permintaan			490	540	76	70		

Keterangan :

- Jenis Konsumen
 - 1 = Konsumen yang menjual kembali ke masyarakat
 - 2 = Konsumen yang memasak tempe kedelai menjadi makanan siap santap
- Wr = Warung, Ps = Pasar, RS = Rumah Sakit

b. Matrik Jarak dan Waktu Tempuh

Data jarak tempuh dari tempat produksi tempe yang kemudian dinyatakan sebagai *depot* (D01) ke setiap konsumen tersaji dalam tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Matriks Jarak (Km) Asal dan Tujuan Distribusi Tempe Kedelai “Murni” Produksi UMKM Mantab Rasa

Kode	D01	K01	K02	K03	K04	K05	K06	K07	K08	K09	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20	K21	K22
D01	0	0.1	0.55	0.65	0.25	0.4	0.05	1.25	0.95	0.2	0.45	1.0	2.05	1.35	3.1	3.0	4.2	4.05	3.4	4.0	4.05	4.2	2.95
K01	0.1	0	0.4	0.55	0.05	0.0	0.05	1.35	1.05	0.3	0.55	1.85	2.15	1.4	2.95	3.7	4.1	4.55	3.3	4.5	4.15	4.1	2.85
K02	0.55	0.4	0	0.1	0.4	1.4	0.45	1.1	1.15	0.55	1.45	2.15	2.0	1.9	2.9	4.15	4.2	4.0	3.15	4.4	4.0	3.65	2.3
K03	0.65	0.55	0.1	0	0.3	1.5	0.55	1.2	1.1	0.65	1.0	2.25	2.7	2	2.85	4.35	4.3	4.45	3.05	4.1	4.7	3.55	2.2
K04	0.25	0.05	0.4	0.3	0	0.45	0.35	1.15	0.95	0.2	0.4	1.0	2.3	1.0	3.15	4.05	4.3	4.75	3.5	4.75	4.55	3.9	2.65
K05	0.4	0.6	1.4	1.5	0.45	0	0.45	0.7	0.4	0.55	0.2	1.3	1.65	0.95	3.5	4	4.8	4.85	3.55	5.05	4.4	4.0	3.35
K06	0.05	0.05	0.45	0.55	0.35	0.45	0	1.3	1	0.25	0.5	1.65	2	1.3	3.05	3.55	4.15	4.0	3.35	4.55	4	4.15	2.9
K07	1.25	1.35	1.1	1.2	1.15	0.7	1.3	0	0.3	1.05	0.2	0.85	3.3	1.0	3.75	4.75	5	5.05	4.2	5.75	5.1	5.3	3.55
K08	0.95	1.05	1.15	1.1	0.95	0.4	1	0.3	0	0.95	0.2	1.15	2.05	1.35	3.9	4.4	5.2	5.25	4.05	5.45	4.8	5	3.75
K09	0.2	0.3	0.55	0.65	0.2	0.55	0.25	1.05	0.95	0	0.25	1.15	2.2	1.55	3.3	3.8	4.4	4.85	3.0	4.8	4.25	4.1	3.15
K10	0.45	0.55	1.45	1.0	0.4	0.2	0.5	0.2	0.2	0.25	0	0.95	1.85	1.15	3.7	4.2	5	5.05	3.85	5.25	4.0	4.35	3.4
K11	1.0	1.85	2.15	2.25	1.0	1.3	1.65	0.85	1.15	1.15	0.95	0	3.65	2.95	4.7	5.3	6.1	6.15	4.95	6.35	5.2	3.05	2.1
K12	2.05	2.15	2.0	2.7	2.3	1.65	2	3.3	2.05	2.2	1.35	3.65	0	0.7	1.35	1.4	2.1	2.0	2.4	1.9	2.2	5	3.9
K13	1.35	1.4	1.0	2	1.6	0.95	1.3	1.6	1.35	1.55	1.15	2.95	0.7	0	1.75	3.7	2	3.2	2.05	3.25	1.8	5.55	4.3
K14	3.1	2.95	2.0	2.85	3.15	3.5	3.05	3.75	3.0	3.0	3.7	4.7	1.35	1.75	0	0.5	2.25	2.6	1.05	1	2.6	3.0	4.05
K15	3.6	3.7	4.15	4.35	4.05	4	3.55	4.75	4.4	3.8	4.2	5.3	1.4	3.7	0.5	0	2.6	2.35	2.55	1.55	0.65	4.6	3.25
K16	4.2	4.1	4.2	4.3	4.3	4.8	4.15	5	5.2	4.4	5	6.1	2.1	2	2.25	2.6	0	1.3	1.6	2.6	2.35	3.05	2.0
K17	4.65	4.55	4.6	4.45	4.75	4.85	4.5	5.05	5.25	4.85	5.05	6.15	2.6	3.2	2.5	2.35	1.3	0	1.1	2.85	2.0	1.6	3.65
K18	3.4	3.3	3.15	3.05	3.5	3.65	3.35	4.2	4.05	3.6	3.35	4.95	2.4	2.05	1.05	2.55	1.6	1.1	0	1.7	3.15	3.15	2.0
K19	4.6	4.5	4.4	4.1	4.75	5.05	4.55	5.75	5.45	4.8	5.25	6.35	1.0	3.25	1	1.55	2.8	2.85	1.7	0	2.1	2.8	3.35
K20	4.05	4.15	4.6	4.7	4.55	4.4	4	5.1	4.8	4.25	4.6	5.2	2.2	1.8	2.5	0.65	2.35	2.9	3.15	2.1	0	3.05	2.5
K21	4.2	4.1	3.55	3.5	3.0	4.6	4.15	5.3	5	4.1	4.35	3.05	5	5.55	3.0	4.6	3.05	1.6	3.15	2.6	3.05	0	1.15
K22	2.95	2.85	2.3	2.2	2.65	3.35	2.0	3.55	3.75	3.15	3.4	2.1	3.0	4.3	4.05	3.25	2.9	3.65	2.0	3.35	2.6	1.15	0

Untuk menghitung waktu tempuh (menit) dengan cara membagi jarak tempuh dengan rata-rata kecepatan kendaraan. (Purnomo, 2010)

$$\text{Waktu Tempuh} = \left(\frac{\text{Jarak(km)}}{\text{kecepatan rata-rata}} \right) \times 60$$

Keterangan : Kecepatan rata-rata adalah 40 km/jam dan 1 jam = 60 menit

Contoh perhitungan waktu tempuh dari depot (D01) ke Wr. Bu Gito (K01) adalah sebagai berikut:

$$\left(\frac{0.2 \text{ Km}}{40 \text{ Km/jam}} \right) \times 60 \text{ menit} = 0.3 \text{ menit} = 18 \text{ detik}$$

Hasil perhitungan waktu tempuh (menit) dari asal ke tujuan distribusi disajikan dalam tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Matrik Waktu Tempuh (Menit) Asal dan Tujuan Distribusi Tempe Kedelai “Murni” Produksi UMKM Matntab Rasa

Kode	D01	K01	K02	K03	K04	K05	K06	K07	K08	K09	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20	K21	K22
D01	0.0	0.2	0.8	1.0	0.4	0.6	0.1	1.9	1.4	0.3	0.7	2.4	3.1	2.0	4.7	5.4	6.3	7.0	5.1	6.9	6.1	6.3	4.4
K01	0.2	0.0	0.6	0.8	0.1	0.9	0.1	2.0	1.6	0.5	0.8	2.8	3.2	2.1	4.4	5.6	6.2	6.8	5.0	6.8	6.2	6.2	4.3
K02	0.8	0.6	0.0	0.2	0.6	2.1	0.7	1.7	1.7	0.8	2.2	3.2	3.9	2.9	4.4	6.2	6.3	6.9	4.7	6.6	6.9	5.5	3.5
K03	1.0	0.8	0.2	0.0	0.5	2.3	0.8	1.8	1.7	1.0	2.4	3.4	4.1	3.0	4.3	6.5	6.5	6.7	4.6	6.2	7.1	5.3	3.3
K04	0.4	0.1	0.6	0.5	0.0	0.7	0.5	1.7	1.4	0.3	0.6	2.4	3.5	2.4	4.7	6.1	6.5	7.1	5.3	7.1	6.8	5.9	4.0
K05	0.5	0.9	2.1	2.3	0.7	0.0	0.7	1.1	0.6	0.8	0.3	2.0	2.5	1.4	5.3	6.0	7.2	7.3	5.5	7.6	6.6	6.9	5.0
K06	0.1	0.1	0.7	0.8	0.5	0.7	0.0	2.0	1.5	0.4	0.8	2.5	3.0	2.0	4.6	5.3	6.2	6.9	5.0	6.8	6.0	6.2	4.4
K07	1.9	2.0	1.7	1.8	1.7	1.1	2.0	0.0	0.5	1.6	0.3	1.3	5.0	2.4	5.6	7.1	7.5	7.6	6.3	8.6	7.7	8.0	5.3
K08	1.4	1.6	1.7	1.7	1.4	0.6	1.5	0.5	0.0	1.4	0.3	1.7	3.1	2.0	5.9	6.6	7.8	7.9	6.1	8.2	7.2	7.5	5.6
K09	0.3	0.5	0.8	1.0	0.3	0.8	0.4	1.6	1.4	0.0	0.4	1.7	3.3	2.3	5.0	5.7	6.6	7.3	5.4	7.2	6.4	6.2	4.7
K10	0.7	0.8	2.2	2.4	0.6	0.3	0.8	0.3	0.3	0.4	0.0	1.4	2.8	1.7	5.6	6.3	7.5	7.6	5.8	7.9	6.9	6.5	5.1
K11	2.4	2.8	3.2	3.4	2.4	2.0	2.5	1.3	1.7	1.7	1.4	0.0	5.5	4.4	7.1	8.0	9.2	9.2	7.4	9.5	7.8	4.6	3.2
K12	3.1	3.2	3.9	4.1	3.5	2.5	3.0	5.0	3.1	3.3	2.8	5.5	0.0	1.1	2.0	2.1	3.2	3.9	3.6	2.9	3.3	7.5	5.9
K13	2.0	2.1	2.9	3.0	2.4	1.4	2.0	2.4	2.0	2.3	1.7	4.4	1.1	0.0	2.6	5.6	3.0	4.8	3.1	4.9	2.7	8.3	6.5
K14	4.7	4.4	4.4	4.3	4.7	5.3	4.6	5.6	5.9	5.0	5.6	7.1	2.0	2.6	0.0	0.8	3.4	3.9	1.6	1.5	3.9	5.9	6.1
K15	5.4	5.6	6.2	6.5	6.1	6.0	5.3	7.1	5.6	5.7	6.3	8.0	2.1	5.6	0.8	0.0	3.9	3.5	3.8	2.3	1.0	6.9	4.9
K16	6.3	6.2	6.3	6.5	6.5	7.2	6.2	7.5	7.8	6.6	7.5	9.2	3.2	3.0	3.4	3.9	0.0	2.0	2.4	4.2	3.5	4.6	4.4
K17	7.0	6.8	6.9	6.7	7.1	7.3	6.9	7.6	7.9	7.3	7.6	9.2	3.9	4.8	3.9	3.5	2.0	0.0	1.7	4.3	4.1	2.1	5.5
K18	5.1	5.0	4.7	4.6	5.3	5.5	5.0	6.3	5.1	5.4	5.8	7.4	3.6	3.1	1.6	3.8	2.4	1.7	0.0	2.6	4.7	4.7	4.4
K19	6.9	6.8	6.6	6.2	7.1	7.0	6.8	8.0	3.2	7.2	7.9	9.5	2.9	4.9	1.5	2.3	4.2	4.3	2.0	0.0	3.2	4.2	5.0
K20	6.1	6.2	6.9	7.1	6.8	6.6	6.0	7.7	7.2	6.4	6.9	7.8	3.3	2.7	3.9	1.0	3.5	4.4	4.7	3.2	0.0	4.6	3.9
K21	6.3	6.2	5.5	5.3	5.9	6.9	6.2	8.0	7.5	6.2	6.5	4.6	7.5	8.3	5.9	6.9	4.6	2.4	4.7	4.2	4.6	0.0	1.7
K22	4.4	4.3	3.5	3.3	4.0	5.0	4.4	5.3	5.6	4.7	5.1	3.2	5.9	6.5	6.1	4.9	4.4	5.5	4.4	5.0	3.9	1.7	0.0

2. Pengolahan Data untuk Penentuan Rute Distribusi

Dari hasil pengolahan data menggunakan metode heuristik *nearest to depot* dapat diperoleh rute yang telah diurutkan berdasarkan jarak dan mempertimbangkan kendala waktu dan kapasitas. Hasil keseluruhan rute untuk kendaraan A disajikan dalam tabel 4 berikut ini:

Tabel 4. Rute Kendaraan dengan Metode *Nearest to Depot* Kendaraan A (Sepeda Motor Roda 3)

Kode	Nama Konsumen	Jarak Tempuh (km)	Waktu pelayanan (menit)	Akumulasi Muatan	Jadwal Penerimaan	Waktu Berangkat	Waktu Datang
Kendaraan 1 (Jenis A)							
D01	Depot					05.00	
K19	Ps. Besar	4.6	36.9	670	05.00-05.30		05.07
D01	Depot	4.6					
Jumlah		9.2	36.9	670			

Rute yang didapatkan untuk kendaraan B disajikan dalam tabel 5 berikut ini:

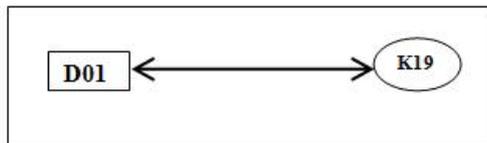
Tabel 5. Rute Kendaraan dengan Metode *Nearest to Depot* Kendaraan B (Sepeda Motor Roda 2)

Kode	Nama Konsumen	Jarak Tempuh (km)	Waktu pelayanan	Akumulasi Muatan	Jadwal Penerimaan	Waktu Berangkat	Waktu Datang
Rute 1, Kendaraan 1							
D01	Depot			0		04.00.00	
K01	Wr. Bu Gito	0.1	0.15	25	04.00-04.30		04.00.09
K04	Wr. Bu Mur	0.05	0.725	5	04.00-04.30		04.00.18
K09	Wr. Bu Sih	0.2	1.525	10	04.00-05.00		04.00.43
K02	Wr. Bu Warno	0.8	3.675	6	04.00-04.30		04.01.52
K03	Wr. Bu Tutuk	0.2	4.325	25	04.00-05.00		04.05.45
K22	Ps. Kajo	3.3	8.125	30	04.00-06.00		04.10.25
K07	Wr. Bu Supi	5.3	13.95	15	04.15-06.00		04.18.37
K10	Wr. Bu Dwi	0.3	14.75	10	04.30-05.00		04.33.10
K05	Wr. Bu Mariyati	0.3	15.05	7	04.00-04.30		04.48.15
K08	Wr. Bu Las	0.6	16.15	12	05.30-06.00		05.03.25
D01	Depot	1.0					
Jumlah		12.1	78.425	1340			
Rute 2, Kendaraan 2							
D01	Depot			0		04.00.00	
K13	Wr. Bu Cahaya	1.35	12.025	10	04.00-05.00		04.02.15
K20	Ps. Sleko	1.8	10	40	04.00-05.00		04.14.30
K15	Wr. Bu Ringin	0.65	10.975	10	04.15-06.00		04.24.30
K14	Wr. Bu Yulin	0.5	10.75	15.0	04.30-06.00		04.36.10
K11	Wr. Bu Sur	4.7	17.05	35.0	04.30-06.00		04.53.10
K12	Wr. Bu Wardo	3.65	15.475	25.0	05.00-09.00		05.10.15
K06	Wr. Bu Har	2	13	4	05.00-05.30		05.24.05
D01	Depot	0.05	5.075				
Jumlah		14.7	94.35	139			
Rute 3, Kendaraan 1							
D01	Depot					05.15.00	
K21	Ps. Joyo	4.2	20	120.0	05.00-06.00		05.21.30
D01	Depot						
Rute 4, Kendaraan 2							
D01	Depot					08.00.00	
K18	Restoran "Ayam Kemangi"	3.4	20.1	25	07.00-09.00		08.05.10
K17	RS. Panti Bagija	1.1	16.65	60	07.00-09.00		08.35.20
K16	Asrama Bernardus	1.3	16.95	15	08.00-10.00		08.52.25
D01	Depot	4.2	6.3				
Jumlah		10	60	100.0			

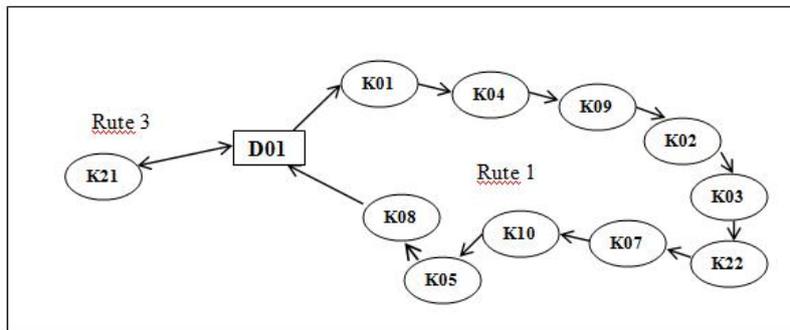
3. Analisis Rute

Dari hasil pengolahan data dengan metode heuristik *nearest to depot* menunjukkan 4 rute untuk 2 kendaraan jenis B (sepeda motor roda 2) dan 1 rute untuk 1 kendaraan jenis A (sepeda motor roda 3) untuk memenuhi permintaan konsumen dengan kendala waktu yang sempit, yaitu dari pukul 04.00-09.00. Hasil pengolahan diperoleh dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan yaitu kendaraan jenis A dengan kapasitas 800 unit tempe dan kendaraan jenis B dengan kapasitas 150 tempe. Untuk kendaraan jenis B, hanya diperlukan 2 kendaraan saja, jika dibandingkan selama ini pendistribusian tempe kedelai “Murni” menggunakan 3 kendaraan jenis B, maka dengan menggunakan metode heuristik VRPTW *nearest to depot* penggunaan kendaraan jenis B berkurang 1 kendaraan. Total jarak yang diperoleh adalah 41 kilometer dengan waktu total tempuh adalah 252.775 menit.

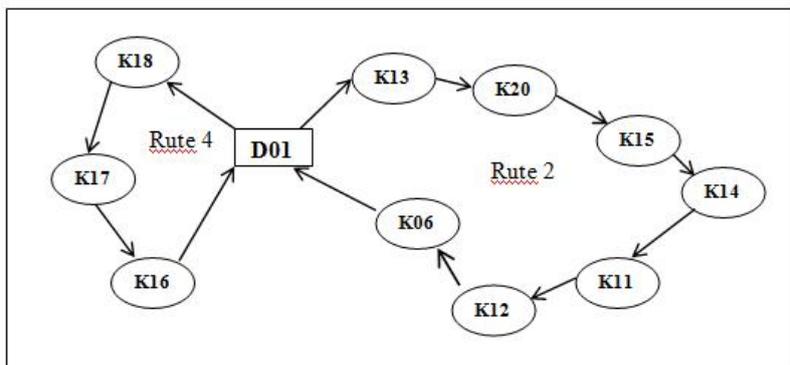
Penentuan rute dapat dilihat pada gambar 4, gambar 5 dan gambar 6 berikut ini:



Gambar 4. Diagram Rute Kendaraan Jenis A (Sepeda Motor Roda Tiga)



Gambar 5. Diagram Rute 3 dan 4 untuk Kendaraan Jenis B (Sepeda Motor Roda Dua) yang Pertama



Gambar 6. Diagram Rute 2 dan 4 untuk Kendaraan Jenis B (Sepeda Motor Roda Dua) yang Kedua

E. Kesimpulan dan Saran

1. Kesimpulan

Masalah distribusi produk yang dimodelkan dalam VRPTW dapat memberikan suatu urutan yang telah mempertimbangkan kendala-kendala seperti waktu dan kapasitas kendaraan. Dengan diketahui total jarak tempuh, maka UMKM Mantab Rasa dapat mempertimbangkan untuk menerapkan rute yang diperoleh dari hasil pengolahan data ini. Pengurangan jumlah kendaraan yang digunakan dari 3 kendaraan jenis B menjadi 2 kendaraan saja maka dapat dilakukan penghematan sebanyak 1 kendaraan jenis B

2. Saran

Total jarak tempuh distribusi yang diperoleh dari pengolahan data dapat dijadikan pertimbangan bagi UMKM Mantab Rasa untuk memperkirakan jadwal keberangkatan dari depot lebih awal, karena kendala di jalan tidak dapat diprediksi sehingga waktu pelayanan di tiap konsumen tidak tergesa-gesa

DAFTAR PUSTAKA

- Cordeau J-F, Gendreau M, Laporte G, Potvin JY, Semet F. 2002. A guide to vehicle routing heuristics. *Journal of the Operational Research Society* 53:512-522.
- Garfinkel RS, Nemhauser GL. 1972. *Integer Programming*. New York: John Wiley & Sons.
- Purnomo, A. 2010. Analisis Rute Pendistribusian Dengan Menggunakan Metode *Nearest Insertion Heuristic* persoalan *The Vehicle Routing Problem With Time Windows* (VRPTW). Prosiding Semnas Teknik Industri UNISBA. Nov 2010. ISBN :978-602-98058-0-2
- Salaki, D.T. 2009. Penyelesaian *Vehicle Routing Problem* Menggunakan Beberapa Metode Heuristik Konstruktif. Tesis. Bogor. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian.
- Toth P, Vigo D. 2002. An overview of vehicle routing problems. Di dalam Toth, P, Vigo D, editor. *The Vehicle Routing Problem*. Philadelphia: Siam. hlm1-26.