

Paper 41

by The Jin Ai

Submission date: 19-Jul-2019 03:53PM (UTC+0700)

Submission ID: 1153168183

File name: Paper_41_Ritektra_2014_Usulan_Pembagian_Wilayah.pdf (200.42K)

Word count: 4738

Character count: 27001

Usulan Pembagian Wilayah dan Rute Distribusi PT. X

Bonifasius Yoga Pratiyama Wijaya¹, The Jin Ai², dan Slamet Setio Wigati³

^{1,2,3}Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta

bonifasiusyoga@gmail.com, jinai@mail.uaaj.ac.id,

yayan@mail.uaaj.ac.id

6

Abstrak — Distribusi merupakan salah satu kegiatan yang harus diperhatikan dalam *Supply Chain Management*. PT. X merupakan perusahaan distribusi air minum di Yogyakarta. Perusahaan ini mengategorikan pelanggan menjadi kategori dropping, horeka, rumah tangga, dan kantor. Dua jenis kendaraan berbeda digunakan untuk melayani pelanggan galon. Pengategorian pelanggan tersebut membuat banyak salesman beroperasi dalam satu kabupaten. Rute distribusi PT. X juga kurang efisien sehingga menyebabkan jarak tempuh salesman menjadi panjang. *Cluster-first route-second* merupakan metode pendekatan heuristik yang dapat digunakan dalam penyelesaian kasus ini. Pembuatan *cluster* menggunakan modifikasi *k-means* yang mempertimbangkan kapasitas, penghitungan jarak menggunakan *haversine formula*. Pembuatan rutenya menggunakan empat TSP heuristik WINQSB.

Kata kunci— *heterogeneous fleet vehicle routing problem*, modifikasi *k-means*, *two-way exchange improvement*.

I. PENDAHULUAN

6

Distribusi merupakan salah satu kegiatan yang harus diperhatikan dalam lingkup *supply chain management* (SCM). Rute distribusi yang kurang efisien dapat menyebabkan kegiatan distribusi terkadang menyebabkan performansi salesman yang kurang merata.

PT. X merupakan salah satu perusahaan distribusi air minum galon yang terletak di Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Perusahaan ini memiliki dua jenis kendaraan berbeda yang digunakan untuk melayani pelanggan galon. PT. X membagi pelanggannya dalam beberapa kategori, yaitu: *dropping*, horeka, rumah tangga, dan kantor. Pengategorian ini menyebabkan lebih dari dua orang salesman yang beroperasi dalam satu kabupaten, sehingga menyebabkan jarak tempuh salesman menjadi panjang. Rute distribusi yang dilakukan oleh PT. X dinilai kurang efisien, sedangkan utilitas salesman di perusahaan ini juga kurang merata. Pengiriman galonnya dilakukan setiap hari Senin sampai dengan Sabtu.

Pengategorian pelanggan perlu dikaji ulang dan diberikan usulan lainnya yang dapat menjadi alternatif bagi PT. X. Tujuan penelitian ini adalah mengelompokkan wilayah operasi salesman dalam beberapa *cluster* dan mendapatkan rute distribusi dengan menerapkan modifikasi *k-means* yang mempertimbangkan kapasitas dan keempat metode heuristic TSP pada WINQSB. Batasan Masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penentuan koordinat lokasi pelanggan menggunakan *google maps*, sedangkan *haversine formula* digunakan dalam menghitung jarak.

2. Tidak diijinkan menambah depot, salesman, dan kendaraan baru.
3. Biaya pengiriman galon per kilometer ke pelanggan dan waktu bongkar muat galon tiap pelanggan dianggap sama.

II. TINJAUAN PUSTAKA

26

Supply chain management (SCM) merupakan teknik, metode, atau alat yang digunakan untuk mengelola suatu *supply chain* (SC). Istilah SCM pertama kali dikemukakan oleh Oliver dan Weber.

Distribusi merupakan salah satu kegiatan dalam SCM, secara sederhana distribusi dapat didefinisikan sebagai suatu proses pengiriman barang dari *supplier* sampai pada pelanggan akhir. Dent [1] mendefinisikan bahwa distribusi merupakan suatu aktifitas yang bertanggung jawab untuk memunculkan permintaan dan melakukan pemenuhan terhadap pelanggan melalui penyediaan produk maupun jasa. Pujawan dan Mahendrawati [2] menjelaskan fungsi dasar manajemen distribusi dan transportasi pada umumnya yang terdiri dari: melakukan segmentasi dan menentukan tingkat pelayanan target, menentukan mode transportasi, melakukan konsolidasi informasi dan pengiriman, melakukan penjadwalan dan penentuan rute pengiriman, memberikan pelayanan sebagai nilai tambah, menyimpan *inventory*, dan menangani pengembalian.

Vehicle Routing Problem (VRP) merupakan permasalahan rute kendaraan yang termasuk dalam lingkup SCM. Dantzig dan Ramser [3] merupakan ilmuwan yang pertama kali memperkenalkan model VRP. Terdapat dua variasi umum VRP, yaitu: *homogeneous* dan *heterogeneous* VRP. Penelitian ini difokuskan pada model *heterogeneous vehicle routing problem* (HVRP). Model ini merupakan varian VRP klasik dengan karakteristik pelanggan yang dilayani oleh kapasitas dan kendaraan yang heterogen.

24

Varian HVRP pertama adalah *Fleet Size Mix Vehicle Routing Problem* (FSMVRP) yang diperkenalkan oleh Golden dan Gheysens [4] dengan dua pendekatan heuristik, yaitu: algoritma *saving* dan rute kunjungan besar. Varian kedua adalah *Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem* (HFVRP) yang diperkenalkan oleh Taillard [5]. Perbedaan FSMVRP dengan HFVRP adalah jumlah armada terbatas dan biaya angkut berbeda untuk tiap armada.

Soonpracha et. al. [6] meneliti perkembangan terbaru mengenai HFVRP dan FSMVRP. Kwon et. al. [7] dan Brandao [8] meneliti HFVRP dan menerapkan algoritma

tabu search untuk penyelesaiannya. HFVRP memiliki beberapa varian, yaitu: HFVRP *with overloads and time windows* yang pernah diteliti oleh Kritikos dan Ioannu [9] dan penemuan 2L-HFVRP yang diteliti oleh Leung *et. al* [10]. Hasil penelitiannya menunjukkan pentingnya HFVRP diukur dari keefektifan pendekatan yang dilakukan untuk mengurangi biaya operasional kendaraan dengan pelanggaran kapasitas yang minimal.

III. PENJABARAN PERMASALAHAN

Permasalahan HFVRP pada umumnya dimisalkan $G = (N, A)$ merupakan suatu jaringan logistik, dimana $N = \{0, 1, 2, \dots, n\}$ merupakan kumpulan titik dan $A = \{(i, j) : i, j \in N, i \neq j\}$ merupakan kumpulan seperti busur. Titik 0 merupakan suatu depot yang menjadi markas kendaraan tersebut, sedangkan titik yang tersisa adalah pelanggan. Kapasitas kendaraan yang heterogen (K). Setiap pelanggan memiliki demand non-negatif yang wajib dipenuhi dan jarak antara pelanggan i dan j merupakan kumpulan dengan setiap busur $(i, j) \in A$. Jarak tersebut adalah simetris dan memenuhi pertidaksamaan segitiga. Q merupakan kapasitas angkut kendaraan yang berguna untuk memenuhi jumlah pesanan kepada n , di mana n merupakan pelanggan dari depot ($i = 0$). Jarak antar pelanggan (d_{ij}) harus diketahui. Dengan adanya penyelesaian model HFVRP diharapkan jarak total rute perjalanan kendaraan minimal, pada satu pelanggan tidak diijinkan dilayani lebih dari satu kendaraan, jumlah barang tidak boleh melebihi kapasitas.

Berikut adalah penjabaran model matematis permasalahan ini:

Model Matematis

Keterangan:

indikasi

i, j : nodes (pelanggan), $i, j \in N$

k : jenis kendaraan, $k = 1, 2, \dots, m_k$, di mana m_k adalah jumlah kendaraan k

Parameter

q_{ij} : permintaan pada node pelanggan i sampai j

d_{ij} : jarak antara node i dan j (km)

Q_k : kapasitas dari jenis kendaraan k (galon)

v_k : biaya variabel dari kendaraan k per unit jarak (Rp/km)

AK : batas jumlah kendaraan (14 unit)

C_k : biaya tetap dari jenis kendaraan k (Rp)

Variabel Keputusan

$X_{ijk} = 1$, jika jenis kendaraan k dari konsumen i langsung ke j , 0, jika tidak demikian

f_{ij} = beban angkut kendaraan dari konsumen i ke j

Fungsi Tujuan

Minimasi

$$\sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in N} X_{ijk} \cdot d_{ij} \cdot v_k + \sum_{k \in K} \sum_{j \in N} X_{0jk} \cdot C_k$$

Kendala

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in N} X_{ijk} = 1 \text{ untuk semua } i \quad (1)$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{i \in N} X_{ijk} = 1 \text{ untuk semua } j \quad (2)$$

$$\sum_{j \in N \setminus \{0\}} X_{0jk} \leq m_k \text{ untuk semua } k = 1, 2, \dots, m_k \quad (3)$$

$$\sum_{j \in N} f_{ji} - \sum_{j \in N} f_{ij} = q_i \text{ untuk semua } i \in N \setminus \{0\} \quad (4)$$

$$\sum_{k \in K} q_j \cdot X_{ijk} \leq f_{ji} \leq \sum_{k \in K} (Q_k - q_i) \cdot X_{ijk} \text{ untuk semua } (i, j) \in A \quad (5)$$

$$X_{ijk} \in \{0, 1\} \text{ untuk semua } (i, j, k) \in AK \quad (6)$$

$$f_{ij} \geq 0 \text{ untuk semua } (i, j) \in A \quad (7)$$

Kendala (1) dan (2) merupakan syarat bahwa pelanggan tersebut harus dikunjungi sekali oleh satu kendaraan, kendala (3) adalah batas jumlah kendaraan jenisnya, kendala (4) adalah kepastian bahwa permintaan tiap pelanggan dapat terpenuhi, kendala (5) adalah kapasitas kendaraan, kendala (6) dan (7) adalah variabel keputusan.

IV. METODOLOGI PENELITIAN

Setiap penelitian memerlukan langkah-langkah dalam pengerjaannya. Penyelesaian masalah di PT. X juga memerlukan bantuan program untuk merancang *cluster* dan menghitung *from-to-chart* jarak antar pelanggan. Berikut adalah metodologi penelitiannya:

Langkah pertama adalah persiapan penelitian. Hal ini bertujuan untuk mencari beberapa objek penelitian berupa perusahaan, meminta ijin, dan wawancara dengan pimpinan perusahaan mengenai kondisi dan permasalahan yang mungkin terdapat di perusahaan.

Langkah kedua adalah identifikasi dan perumusan masalah. Hal ini bertujuan untuk melihat dan informasi yang didapat dari wawancara dengan pimpinan perusahaan dan merumuskan masalah tersebut. *Pivot tabel* microsoft excel 2010 digunakan untuk mengidentifikasi permasalahan distribusi di PT. X.

Langkah ketiga adalah studi pustaka. Hal ini dilakukan untuk mencari referensi yang tepat dan sudah pernah dilakukan oleh peneliti terdahulu untuk menyelesaikan kasus yang sama.

Langkah keempat adalah pengumpulan data. Hal ini dilakukan untuk melengkapi data-data yang dibutuhkan dalam penelitian.

Langkah kelima adalah pengolahan data dan perancangan program. Penyelesaian penelitian ini menggunakan pendekatan *cluster-first route-second* Toth dan Vigo [11]. Terdapat dua tahap pengerjaan yaitu: pembentukan *cluster* dan pembuatan rute. Perancangan program ini ditujukan untuk pembuatan *cluster* menggunakan algoritma *k-means*. Algoritma ini pertama kali diperkenalkan oleh JB Macqueen. Software yang digunakan untuk merancang program adalah *Visual Basic for Application* pada Macro Excel 2010. Algoritma *k-means* tidak dapat mengakomodasi kendala kapasitas tiap *cluster*, maka perlu dilakukan sedikit modifikasi. Berikut adalah langkah-langkah algoritma *k-means* dan diagram alir perancangan programnya:

1. Tentukan jumlah cluster yang ingin dibentuk dengan cara mengurangi demand dengan kapasitas total sekali angkut keempat armada. Keempat armada tersebut dapat mengangkut 840 galon per sekali angkut. Penentuan *cluster* dapat dilihat pada TABEL I.

TABEL I. PENENTUAN CLUSTER

Hari	Total Demand	Kapasitas Angkut	Kekurangan	Armada yang Wajib Mengangkut Kembali	Nama Salesman
Senin	1230	840	380	150 + 270	Salesman 1 dan 2
Selasa	1131	840	291	150 + 270	Salesman 1 dan 4
Rabu	864	840	24	150	Salesman 3
Kamis	845	840	5	150	Salesman 3
Jumat	963	840	123	150	Salesman 3
Sabtu	895	840	55	150	Salesman 1

Salesman 1 dan 3 memiliki kapasitas angkut 150 galon, sedangkan salesman 2 dan 4 memiliki kapasitas angkut 270 galon. Salesman yang mengangkut galon sisa disesuaikan dengan jumlah galon sisa tersebut, misalkan pada hari Senin jumlah galon sisa yang tidak dapat diangkut sekali jalan berjumlah 380 galon, maka butuh tambahan seorang salesman dengan kapasitas 150 galon dan seorang salesman dengan kapasitas 270 galon.

2. Tentukan *centroid* (titik pusat *cluster*) dengan mencari beberapa titik lokasi pelanggan disesuaikan dengan jumlah *cluster*. Penulis memilih beberapa titik outlet yang memiliki permintaan tinggi.
3. Hitung jarak setiap pelanggan ke masing-masing *centroid*. Pencarian koordinat menggunakan *google maps* dilakukan untuk membantu dalam penghitungan jarak. *Haversine formula* digunakan untuk menghitung jarak. Metode ini diperkenalkan oleh Profesor James Inman untuk menghitung jarak antar lokasi yang mempertimbangkan bentuk permukaan bumi. Penghitungan jarak antar pelanggan membutuhkan waktu yang sangat lama jika menggunakan bantuan *google maps*, sedangkan metode ini digunakan untuk membantu mempermudah dalam penghitungan jarak antar pelanggan pada *from to chart*. Berikut adalah *haversine formula*:

$$d = 2r \arcsin \sqrt{\sin^2 \left(\frac{\phi_2 - \phi_1}{2} \right) + \cos(\phi_1) \cos(\phi_2) \sin^2 \left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \right)} \quad (1)$$

keterangan:

d merupakan jarak kedua titik

r merupakan radius atau jari-jari permukaan bumi

ϕ_1, ϕ_2 merupakan latitude dari titik 1 dan 2

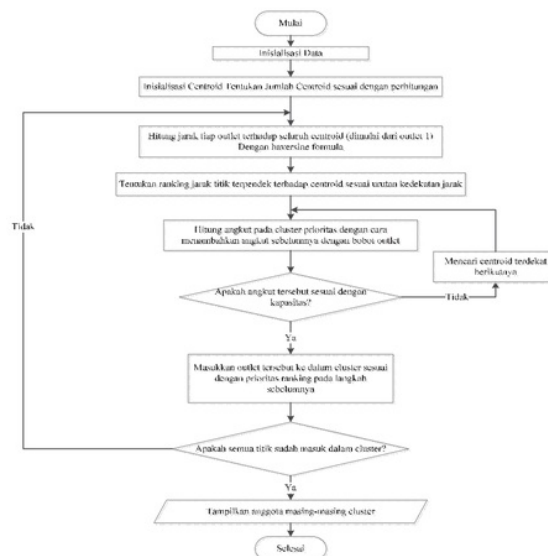
$\lambda_2 - \lambda_1$ merupakan longitude dari titik 1 dan 2

4. Setiap titik memilih jarak terhadap *centroid* yang terdekat. Pemilihan ini juga menggunakan ranking jarak yang berfungsi sebagai urutan prioritas pelanggan untuk bergabung dalam *cluster* tertentu.

Angkut merupakan inisial galon yang telah diangkut, dalam pemilihan prioritas cluster harus mempertimbangkan jumlah angkut. Jumlah angkut ini didapat dari hasil penambahan bobot permintaan galon pada outlet dengan jumlah angkut sebelumnya. Jika angkut tersebut melebihi kapasitas kendaraan maka outlet tersebut akan dilayani oleh cluster selanjutnya berdasarkan prioritas ranking, jika tidak maka outlet tersebut akan dilayani oleh cluster ini.

5. Tentukan *centroid* baru dengan cara menghitung nilai rata-rata dari titik pelanggan yang tergabung dalam path *centroid* yang sama.
6. Kembali ke langkah 3 jika posisi *centroid* baru dengan *centroid* lama belum sama.
7. Algoritma *k-means* akan selesai jika sudah ditemukan *centroid* yang sama dalam beberapa iterasi.

Diagram alir perancangan programnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Perancangan Program

Diagram alir tersebut menjadi acuan dalam perancangan program *clustering* dengan modifikasi algoritma *k-means*.

Langkah keenam adalah penarikan kesimpulan dan saran. Hal ini dilakukan untuk mengambil kesimpulan berdasarkan analisis terhadap pengolahan data dan memberikan saran yang memungkinkan bagi perusahaan maupun peneliti selanjutnya.

V. ANALISIS

Ada tiga tahap analisis yaitu: analisis hasil pembuatan *cluster*, analisis penentuan rute, dan pembuatan rutanya. Program pembuatan *cluster* ini menggunakan macro excel 2010 dan terbukti sangat membantu karena mampu

menghasilkan jawaban yang relatif lebih cepat daripada penghitungan secara manual. Algoritma *k-means* akan berhenti jika terdapat kesamaan antara *centroid* ²⁷ al dengan *centroid* baru. Contoh hasil pembuatan *cluster* dapat dilihat pada TABEL II.

TABEL II. CONTOH HASIL CLUSTER

Cluster ke-	Nama Pelanggan	
Cluster 1	SARJITO RS	LANGGENG TK
	KOP SMKN 2	EKO BP
	ALFA MART 0212	

Hasil *cluster* ini diperoleh dari program algoritma *k-means* yang telah dibuat. *Cluster* awal berjumlah 4 sedangkan *cluster* tambahan telah ditentukan pada tahap metodologi berdasarkan jumlah galon sisa. Jumlah *cluster* tiap harinya berbeda-beda, yaitu: hari Senin dan Selasa menghasilkan enam *cluster*, hari Rabu sampai dengan Sabtu menghasilkan lima *cluster*.

Pembuatan rute untuk penyelesaian kasus ini menggunakan bantuan *network modelling Travelling Salesman Problem (TSP)* pada WINQSB. Metode TSP WINQSB menggunakan ⁴⁵ penyelesaian heuristik. Metode yang digunakan yaitu: *nearest neighbor*, *cheapest insertion*, *two-way exchange improvement*, dan *branch and bound*. Keempat metode heuristik TSP tersebut dirancang menjadi sebuah software WINQSB oleh Chang [12]. Model jaringan pada WINQSB dapat menyelesaikan permasalahan seperti: *capacitated network flow*, transportasi, penugasan, *maximal flow*, *minimal spanning tree*, *shortest path*, dan TSP.

Penulis membandingkan hasil total minimal jarak keempat metode tersebut untuk mengetahui ⁶ usi terbaiknya. Perbandingan keempat metode tersebut dapat dilihat pada TABEL III, sedangkan hasil pembuatan rutenya dapat dilihat pada TABEL IV.

TABEL III. PERBANDINGAN KEEMPAT METODE

Hari	Cluster ke-	Total Minimal Jarak dalam Kilometer			
		Nearest Neighbor	Cheapest Insertion	Two-Way Exchange	Branch and Bound
Senin	1	5.26	5.25	5.25	5.25
	2	7.97	7.88	7.88	7.88
	3	53.88	52.96	52.96	52.96
	4	8.54	8.48	8.47	8.48
	5	21.27	21.27	21.27	21.27
	6	2.87	2.83	2.83	2.83
Selasa	1	33.83	33.83	33.81	33.83
	2	9.3	9.25	9.25	9.25
	3	42.4	42.4	42.4	42.4
	4	7.8	7.8	7.79	7.8
	5	20.18	20.2	20.18	20.18
	6	3.17	3.16	3.16	3.16
Rabu	1	43.24	43.24	43.24	43.24
	2	9.92	9.89	9.86	9.89
	3	40.1	40.09	40.03	40.09
	4	13.59	13.54	13.53	13.54
	5	10.1	10.08	10.08	10.08
	6	13.18	13.06	13.06	13.06
Kamis	1	47.72	47.03	47.02	47.03
	2	11.19	11.17	11.17	11.17
	3	7.18	7.16	7.15	7.16
	4	33.2	33.17	33.15	33.17
	5	11.96	11.91	11.91	11.91
	6	3.17	2.94	2.93	2.94
Jumat	1	9.77	9.75	9.75	9.75
	2	30.93	30.14	30.1	30.14
	3	45.08	45.05	45.05	45.05
	4	5.02	5.02	5.02	5.02
	5	41.57	40.51	40.4	40.51
	6	24.08	24.07	24.07	24.07
Sabtu	1	10.45	10.44	10.44	10.44
	2	15.16	14.64	14.64	14.64
	3				
	4				
	5				
	6				

TABEL IV. HASIL PEMBUATAN RUTE

Hari	Rute ke-	Rute Kunjungan
Senin	Rute 1	ITRACO-CENTRAL LAUNDRY-EXECUTIVE CLUB-MALIBORO PALACE HOTEL-OTTA KONTRAK SOBAGAN-FRANK WURST RESTO-BETHESDA RS-ALFA MART 008-XO SUKI-BALCONY-RAMA HOTEL-GLDANG PEPETE-BAHARU DR-ROPOSE GEAYAN-ITRACO
	Rute 2	ITRACO-ALFA MART 008-TONY-ALFA MART 004-ALFA MART 009-CLEANUP LAUNDRY-ALFA MART 006-ALFA MART 006-ANTIQUE BLACK-POOK TK-HW B CEN-PEPPER LUNCH-ALFA MART 009-ALFA MART 020-AGEN KESNI DIGITAL-ATK-FDC KLINIK PAKS-PULAU RAYA TB-ALFA MART 007-ITRACO
	Rute 3	ITRACO-PADI-SUNYATO-BATAYIA INTERNAS-PANTUN GRIHORS-KOTIM-METIARA BENDA-ITRACO
	Rute 4	ITRACO-ZENAD-PEPETE MONALI-MUNCEL BOUTIQUE HOTEL-DAF FINANCE PT-NUSANTARA ERADATA-BUKTI MAJU MORDONNES-ALFA MART 004-SEKAR ARUM SALON-ALFA MART 007-STEPHANUS ARDIANO-ALFA MART 009-ALFA MART 003-SUPREMACY 5-ITRACO
	Rute 5	ITRACO-CONCEPT SHOP-HEARTON-MIDOTA BABARSA-LANA BU-AMANDA BROWNS-4-TIRTA BUANA-SUCI PRYANTORO BP-ANeka JAYA TK-KSEE SALON BEBEAR-AMANDA BROWNS 3-DIAN TK-BEHIDA YAHU LLOH-ALFA MART 001-ALFA MART 005-ALFA MART 006-UMAM MBAX-DINDA TK-ALFA MART 004-BRI PAKULAMAN-BCA KCP AHMAD DAHLAN-WIDAYA IMPERIAL LTL-WINWIN BP-KACACHANA-ACC SERBA SAMBAL-ITRACO

TABEL III

menunjukkan bahwa *two-way exchange improvement* memiliki total jarak rute paling minimal daripada ketiga metode yang lain, maka metode ini dijadikan acuan dalam penentuan rute. TABEL IV merupakan hasil pembuatan rute yang diperoleh dari metode *two-way exchange improvement*.

Two-way exchange improvement heuristic adalah *heuristic improvement* khusus untuk menyelesaikan TSP. Metode ini didefinisikan sebagai: asumsi (i,j) dan (k,l) merupakan dua titik yang tidak berdekatan pada suatu kunjungan. Menghilangkan dua titik dari kunjungan akan membuat dua potongan, misalnya A dan B. Mengubungkan kembali kunjungan lengkap dengan salah satu dari (i) menggantikan titik A dan menghubungkan (i,j) dan (k,l); atau (ii) menggantikan titik B dan menghubungkan (i,k) dan (j,l). Langkah *two-way exchange improvement* adalah:

1. Membangkitkan inisialisasi kunjungan oleh *nearest neighbor heuristic* atau *cheapest insertion heuristic*.
2. Memeriksa semua kemungkinan penggantian dua arah untuk kunjungan sekarang dan memilih yang terbaik sebagai objek perbaikan. Jika perbaikan tersebut tidak ditemukan maka hentikan langkah ini.
3. Melakukan penggantian dua arah untuk membentuk rute. Kembali ke langkah 2

Jumlah rute distribusi mengikuti jumlah *cluster* yang telah dibentuk di awal. Rute hari Senin dan Selasa berjumlah enam rute, sedangkan hari Rabu sampai dengan Sabtu berjumlah lima rute. Langkah selanjutnya setelah menganalisis hasil penentuan rute adalah pembagian tanggung jawab salesman. Hal ini dilakukan untuk menyeimbangkan beban kerja salesman tiap minggu. Pembagian ini dibagi menjadi dua, yaitu: pembagian tanggung jawab salesman pada minggu ¹⁶ mjl dan genap. Pembagian tanggung jawab salesman dapat dilihat pada TABEL V dan TABEL VI.

TABEL V. TANGGUNG JAWAB SALESMAN MINGGU GANJIL

Hari	Salesman ke-				Hari	Salesman ke-			
	1	2	3	4		1	2	3	4
Senin	Rute 1 149 galon 5.25 km 5 outlet	Rute 2 268 galon 7.88 km 27 outlet	Rute 3 116 galon 52.96 km 20 outlet	Rute 4 269 galon 8.47 km 27 outlet	Kamis	Rute 1 149 galon 13.06 km 15 outlet	Rute 2 130 galon 47.02 km 22 outlet	Rute 3 149 galon 11.17 km 10 outlet	Rute 4 269 galon 7.15 km 25 outlet
	Rute 5 149 galon 21.27 km 11 outlet	Rute 6 269 galon 2.83 km 22 outlet						Rute 5 148 galon 33.15 km 18 outlet	
Selasa	Rute 1 111 galon 33.81 km 18 outlet	Rute 2 255 galon 9.25 km 38 outlet	Rute 3 102 galon 42.40 km 5 outlet	Rute 4 246 galon 7.79 km 16 outlet	Jumat	Rute 1 149 galon 11.91 km 17 outlet	Rute 2 269 galon 2.93 km 13 outlet	Rute 3 149 galon 9.75 km 5 outlet	Rute 4 269 galon 30.10 km 40 outlet
	Rute 5 148 galon 20.18 km 11 outlet			Rute 6 269 galon 3.16 km 12 outlet				Rute 5 127 galon 45.05 km 13 outlet	
Rabu	Rute 1 145 galon 43.24 km 13 outlet	Rute 2 269 galon 9.86 km 31 outlet	Rute 3 111 galon 40.03 km 12 outlet	Rute 4 190 galon 13.53 km 29 outlet	Sabtu	Rute 1 149 galon 5.02 km 13 outlet	Rute 2 244 galon 40.40 km 18 outlet	Rute 3 68 galon 24.07 galon 6 outlet	Rute 4 180 galon 10.44 km 13 outlet
			Rute 5 149 galon 10.08 km 14 outlet						Rute 5 254 galon 14.64 km 24 outlet

TABEL V menunjukkan tanggung jawab masing-masing salesman setiap harinya pada minggu ganjil. Penentuan salesman yang diwajibkan kembali mengangkut galon sisa mempertimbangkan salesman dengan jarak paling pendek, outlet paling sedikit, porsi beban tugas salesman, kapasitas yang dibutuhkan untuk cluster tambahan tersebut. Salesman 1 dan 2 mengangkut galon sisa untuk pelanggan di rute 5 dan 6 pada hari Senin. Salesman 1 dan 4 mengangkut galon sisa untuk pelanggan di rute 5 dan 6 pada hari Selasa. Salesman 3 mengangkut galon sisa untuk pelanggan di rute 5 pada hari Rabu, Kamis, dan Jumat. Salesman 4 mengangkut galon sisa untuk pelanggan di rute 5 pada hari Sabtu. Salesman 2 dan 4 memiliki kapasitas armada masing-masing 270 galon, salesman 2 mengangkut galon sisa sebanyak satu kali dan salesman 4 mengangkut galon sisa sebanyak dua kali. Salesman 1 dan 3 memiliki kapasitas armada masing-masing 150 galon, kedua salesman tersebut memiliki beban bongkar muat galon yang lebih rendah dibandingkan salesman 2 dan 4 sehingga salesman 1 mengangkut galon sisa sebanyak dua kali dalam seminggu dan salesman 3 mengangkut galon sisa sebanyak tiga kali dalam seminggu.

Penentuan salesman yang diwajibkan mengangkut kembali juga dipengaruhi oleh kapasitas galon sisa, misalkan terdapat 74 galon sisa maka salesman dengan kapasitas 150 galon yang akan mengangkut kembali, begitu sebaliknya jika terdapat lebih dari 150 galon sisa maka salesman dengan kapasitas angkut 270 galon yang mengangkut kembali. Galon sisa merupakan galon yang belum dikirimkan ke pelanggan lainnya dan bukan mengirimkan kekurangan galon pada pelanggan yang sama pada rute sebelumnya. Hal ini juga didukung oleh jarak rute yang ditempuh salesman. Tugas dan kewajiban mengangkut galon sisa untuk seminggu berikutnya akan ditentukan ulang. Penentuan tanggung jawab salesman mengacu pada

syarat dan tanggung jawab salesman pada minggu ganjil (pertama dan ketiga), pergantian salesman yang mengangkut galon sisa dapat dilihat pada TABEL VI.

TABEL VI. TANGGUNG JAWAB SALESMAN MINGGU GENAP

Hari	Salesman ke-				Hari	Salesman ke-			
	3	4	1	2		3	4	1	2
Senin	Rute 1 149 galon 5.25 km 5 outlet	Rute 2 268 galon 7.88 km 27 outlet	Rute 3 116 galon 52.96 km 20 outlet	Rute 4 269 galon 8.47 km 27 outlet	Kamis	Rute 1 149 galon 13.06 km 15 outlet	Rute 2 130 galon 47.02 km 22 outlet	Rute 3 149 galon 11.17 km 10 outlet	Rute 4 269 galon 7.15 km 25 outlet
	Rute 5 149 galon 21.27 km 11 outlet	Rute 6 269 galon 2.83 km 22 outlet						Rute 5 148 galon 33.15 km 18 outlet	
Selasa	3 111 galon 33.81 km 18 outlet	4 255 galon 9.25 km 38 outlet	1 102 galon 42.40 km 5 outlet	2 246 galon 7.79 km 16 outlet	Jumat	3 149 galon 11.91 km 17 outlet	4 269 galon 2.93 km 13 outlet	1 149 galon 9.75 km 5 outlet	2 269 galon 30.10 km 40 outlet
	Rute 5 148 galon 20.18 km 11 outlet			Rute 6 269 galon 3.16 km 12 outlet				Rute 5 127 galon 45.05 km 13 outlet	
Rabu	3 145 galon 43.24 km 13 outlet	4 269 galon 9.86 km 31 outlet	1 111 galon 40.03 km 12 outlet	2 190 galon 13.53 km 29 outlet	Sabtu	3 149 galon 5.02 km 13 outlet	4 244 galon 40.40 km 18 outlet	1 68 galon 24.07 galon 6 outlet	2 180 galon 10.44 km 13 outlet
									Rute 5 254 galon 14.64 km 24 outlet

TABEL VII. PERFORMANSI SALESMAN HARI SENIN

Sebelum					Setelah				
Jumlah Galon Tiap Salesman					Jumlah Galon Tiap Salesman				
Kabupaten	1	2	3	4	Kabupaten	1	2	3	4
Bantul	45			40	Bantul	85			
Kota Yogyakarta	65	59	46	66	Kota Yogyakarta	14	124		98
Sleman	82	414	155	248	Sleman	19	411	298	171
Jumlah galon yg harus diantar	192	473	201	354	Jumlah galon yg harus diantar	118	535	298	269
Frekuensi trip x kapasitas	2x150	2x270	2x150	2x270	Frekuensi trip x kapasitas	1x150	2x270	2x150	1x270
Total trip	8				Total trip	6			
Utilitas	64.00%	87.59%	67.00%	65.56%	Utilitas	78.67%	99.07%	99.33%	99.63%

TABEL VIII. PERFORMANSI SALESMAN HARI SELASA

Sebelum					Setelah				
Jumlah Galon Tiap Salesman					Jumlah Galon Tiap Salesman				
Kabupaten	1	2	3	4	Kabupaten	1	2	3	4
Bantul	10	76	7		Bantul	45			48
Gemung Kidul	50				Gemung Kidul	50			
Kota Yogyakarta	60	93	79	160	Kota Yogyakarta	7	109	48	228
Sleman	136	146	162	152	Sleman	146	163	287	
Jumlah galon yg harus diantar	256	315	248	312	Jumlah galon yg harus diantar	102	255	259	515
Frekuensi trip x kapasitas	2x150	2x270	2x150	2x270	Frekuensi trip x kapasitas	1x150	1x270	2x150	2x270
Total trip	8				Total trip	6			
Utilitas	85.33%	58.33%	82.67%	57.78%	Utilitas	68.00%	94.44%	86.33%	95.37%

TABEL IX. PERFORMANSI SALESMAN HARI RABU

Sebelum					Setelah				
Jumlah Galon Tiap Salesman					Jumlah Galon Tiap Salesman				
Kabupaten	1	2	3	4	Kabupaten	1	2	3	4
Bantul	50	33	3	17	Bantul	98	5		
Kota Yogyakarta	50	69	31	56	Kota Yogyakarta	95	110		1
Sleman	35	210	159	138	Sleman	63	154	142	183
Jumlah galon yg harus diantar	135	312	193	211	Jumlah galon yg harus diantar	256	269	142	184
Frekuensi trip x kapasitas	1x150	2x270	2x150	1x270	Frekuensi trip x kapasitas	2x150	1x270	1x150	1x270
Total trip	6				Total trip	5			
Utilitas	90.00%	57.78%	64.33%	78.15%	Utilitas	85.33%	99.63%	94.67%	68.15%

TABEL X. PERFORMANSI SALESMAN HARI KAMIS

Sebelum					Setelah				
Jumlah Galon Tiap Salesman					Jumlah Galon Tiap Salesman				
Kabupaten	1	2	3	4	Kabupaten	1	2	3	4
Bantul	43	28		23	Bantul		94		
Kota Yogyakarta	47	18	19	99	Kota Yogyakarta		8	4	171
Kulon Progo	8				Kulon Progo		8		
Sleman	72	239	141	108	Sleman	297	20	145	98
Jumlah galon yg harus diantar	170	285	160	230	Jumlah galon yg harus diantar	297	130	149	269
Frekuensi trip kapasitas	2x150	2x270	2x150	1x270	Frekuensi trip kapasitas	2x150	1x270	1x150	1x270
Total trip	7				Total trip	5			
Utilitas	56,67%	52,78%	53,33%	85,19%	Utilitas	99,00%	48,15%	99,33%	99,63%

TABEL XI. PERFORMANSI SALESMAN HARI JUMAT

Sebelum					Setelah				
Jumlah Galon Tiap Salesman					Jumlah Galon Tiap Salesman				
Kabupaten	1	2	3	4	Kabupaten	1	2	3	4
Bantul	101		5	6	Bantul	112			
Kota Yogyakarta	47	72	25	77	Kota Yogyakarta	4	139	8	70
Kulon Progo		66			Kulon Progo	50			16
Sleman	42	140	171	211	Sleman	110	130	141	183
Jumlah galon yg harus diantar	190	278	201	294	Jumlah galon yg harus diantar	276	269	149	269
Frekuensi trip kapasitas	2x150	2x270	2x150	2x270	Frekuensi trip kapasitas	2x150	1x270	1x150	1x270
Total trip	8				Total trip	5			
Utilitas	63,33%	51,48%	67,00%	54,44%	Utilitas	92,00%	99,63%	99,33%	99,63%

TABEL XII. PERFORMANSI SALESMAN HARI SABTU

Sebelum					Setelah				
Jumlah Galon Tiap Salesman					Jumlah Galon Tiap Salesman				
Kabupaten	1	2	3	4	Kabupaten	1	2	3	4
Bantul	66	30		19	Bantul		71		44
Gunung Kidul	49				Gunung Kidul		49		
Kota Yogyakarta	48	60	33	28	Kota Yogyakarta		28	40	101
Kulon Progo	4			140	Kulon Progo		94		50
Sleman		193	136	89	Sleman	68	2	109	239
Jumlah galon yg harus diantar	167	283	169	276	Jumlah galon yg harus diantar	68	244	149	434
Frekuensi trip kapasitas	2x150	2x270	2x150	2x270	Frekuensi trip kapasitas	1x150	1x270	1x150	2x270
Total trip	8				Total trip	5			
Utilitas	0,55667	0,52407	0,56333	0,51111	Utilitas	0,45333	0,9037	0,99333	0,8037

TABEL VIII sampai dengan XIII menunjukkan perbandingan performansi salesman sebelum dan sesudah usulan tiap harinya. TABEL VIII menunjukkan bahwa Salesman 1 harus mengantar 192 galon maka salesman tersebut memiliki frekuensi trip angkut 2 kali kapasitas angkut kendaraan. Kapasitas angkut kendaraan salesman 1 adalah 150 maka salesman 1 ini memiliki kapasitas angkut sebesar 300 yang didapat dari 2 kali frekuensi trip angkutnya. Utilitas salesman 1 pada hari Senin sebelum usulan adalah 192/300 sehingga didapatkan hasil sebesar 64%. Frekuensi angkut galon salesman 1 sebelum pengusulan sebanyak 2 kali, sedangkan setelah pengusulan hanya mengangkut galon sebanyak 1 kali. Utilitas salesman 1 sesudah pengusulan adalah 118/150 didapatkan hasil sebesar 79%.

Perbandingan performansi salesman dipengaruhi oleh jumlah galon yang harus diantar, frekuensi trip kali kapasitas angkut, total trip, dan utilitas salesman sebelum dan sesudah. Total trip tiap hari didapat dari penjumlahan keseluruhan masing-masing frekuensi trip semua salesman pada hari tertentu. Total trip sebelum perbaikan pada hari Senin adalah 8, sedangkan total trip sesudah perbaikan

adalah 6 sehingga terdapat pengurangan frekuensi trip sebanyak 2. Biaya operasional pada kasus ini dianggap sama dan menjadi batasan masalah sehingga perbandingan setiap salesman menggunakan performansi utilitasnya bukan menggunakan biaya operasional.

Hasil ini menjawab fungsi tujuan model matematis yang diselesaikan menggunakan metode *k-means* dengan kendala kapasitas dan *two way exchange*. Model matematis tersebut dikatakan valid karena: (1) menjawab tujuan penelitian, (2) total trip sebelum dan sesudah mengalami penurunan jumlah trip yang diikuti oleh naiknya utilitas salesman, (3) permintaan galon tiap pelanggan terpenuhi, (4) kendala-kendala terpenuhi, (5) dan sesuai dengan langkah-langkah pengerjaan dalam metodologi.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan tiga puluh dua *cluster* yang terdiri dari: hari Senin dan Selasa memiliki enam *cluster*, sedangkan hari Rabu sampai dengan Sabtu memiliki lima *cluster*, sedangkan jumlah rutenya mengikuti jumlah *cluster*. Contoh hasil pembuatan *cluster* dapat dilihat pada TABEL II, sedangkan contoh hasil pembuatan rutenya dapat dilihat pada TABEL IV. Pengelompokkan pelanggan berdasarkan *cluster* dan penentuan rute distribusi diharapkan dapat memberikan dampak yang meminimalisir biaya operasional khususnya biaya BBM. Rute yang semula kurang efisien telah diperbaiki meskipun hasilnya tidak jauh berbeda. Penghitungan *two-way exchange improvement* pada TSP heuristik WINQSB menghasilkan jarak yang paling pendek dibandingkan ketiga metode TSP heuristik WINQSB lainnya. TABEL VII sampai dengan TABEL XII menunjukkan bahwa performansi salesman sesudah usulan lebih baik dibandingkan sebelum usulan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Dent, "Distribution Channels Understanding and Managing Channels to Market", vol. 1, London and Philadelphia: Kogan Page, 2008.
- [2] I.N. Pujiawan, dan E.R. Mahendrawati, "Supply Chain Management", vol. 2, Surabaya: Guna Widya, 2010.
- [3] G.B. Dantzig, and R. H. Ramser, "The Truck Dispatching Problem", *Management Science*, vol. 6, no. 1, pp. 80-91, 1959.
- [4] B. Golden, and F. Gheysens, "The Fleet Size And Mix Vehicle Routing Problem", *Computer & Operation Research*, vol. 11, no 1, pp 49-66, 1984.
- [5] E.D. Taillard, "A Heuristic Column Generation Method for The Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem", *RAIRO-Operations Research*, vol. 33, no.1, pp. 1-13, 1996.
- [6] K. Soonpracha, A. Mungwattana, G.K. Janssens, T. Manisri, "Heterogeneous Vehicle Routing Problem Review and Conceptual Framework", *Proceedings of The International MultiConference of Engineers and Computer Scientist 2014*, vol 2, 2014.
- [7] Y. Kwon, Y. Choi, and D. Lee, "Heterogeneous Fixed Fleet Vehicle Routing Considering Carbon Emission", *Transportation Research Part D*, vol. 23, pp.81-89, 2013.
- [8] J. Brandão, "A Tabu Search Algorithm For The Heterogeneous Fixed Fleet Vehicle Routing

- Problem" *Computers & Operations Research*, vol. 38, no. 1, p. 140-151, 2011.
- [9] M.N. Kritikos, and G. Ioannou, "The Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem with Overloads and Time Windows", *International Journal of Production Economics*, vol. 144, no. 1, pp. 68-75, 2013.
- [10] S.C.H. Leung, Z. Zhang, D. Zhang, X. Hua, and M.K. Lim, "A Metaheuristic Algorithm for Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problems with Two-Dimensional Loading Constraints", *European Journal of Operational Research*, vol. 225, no. 2, pp. 199-210, 2013.
- [11] P. Toth, and D. Vigo, "The Vehicle Routing Problem", Bologna: SIAM, 2001.
- [12] Y.L. Chang, "WINQSB", vol. 2, John Wiley and Sons Inc, 2003.

Paper 41

ORIGINALITY REPORT

11%

SIMILARITY INDEX

9%

INTERNET SOURCES

5%

PUBLICATIONS

10%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

Submitted to Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Student Paper

3%

2

Submitted to Reykjavík University

Student Paper

1%

3

research.mobility.deustotech.eu

Internet Source

1%

4

Hongying Fei, Qian Li, Dan Sun. "A Survey of Recent Research on Optimization Models and Algorithms for Operations Management from the Process View", Scientific Programming, 2017

Publication

1%

5

repository.widyatama.ac.id

Internet Source

1%

6

Submitted to Universitas Muhammadiyah Surakarta

Student Paper

1%

7

Cheng-Yuan Wu, Thammarasat Visutarrom, Tsung-Che Chiang. "Green Vehicle Routing Problem: The Tradeoff between Travel Distance

1%

and Carbon Emissions", 2018 15th International
Conference on Control, Automation, Robotics
and Vision (ICARCV), 2018

Publication

8	zebradoc.tips Internet Source	<1 %
9	citeseerx.ist.psu.edu Internet Source	<1 %
10	ejers.org Internet Source	<1 %
11	www.mba.aueb.gr Internet Source	<1 %
12	Submitted to Bocconi University Student Paper	<1 %
13	Submitted to Baskent University Student Paper	<1 %
14	Submitted to Universitas Andalas Student Paper	<1 %
15	www.ingeniare.cl Internet Source	<1 %
16	media.neliti.com Internet Source	<1 %
17	Submitted to Syiah Kuala University Student Paper	<1 %

18	publikasi.dinus.ac.id Internet Source	<1 %
19	Submitted to Bridgepoint Education Student Paper	<1 %
20	www.scribd.com Internet Source	<1 %
21	Submitted to iGroup Student Paper	<1 %
22	swanstatistics.com Internet Source	<1 %
23	pt.scribd.com Internet Source	<1 %
24	www.mathematik.uni-dortmund.de Internet Source	<1 %
25	mikhailefraim.blogspot.com Internet Source	<1 %
26	www.centerscm.org Internet Source	<1 %
27	Sukanto Sukanto, Ibnu Daqiqil Id, T.Rahmilia Angraini. "Penentuan Daerah Rawan Titik Api di Provinsi Riau Menggunakan Clustering Algoritma K-Means", JUITA : Jurnal Informatika, 2018 Publication	<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography On