

PENERAPAN METODE HEURISTIK UNTUK MENENTUKAN JALUR DISTRIBUSI TERPENDEK DENGAN BIAYA MINIMUM

**FAJAR ADIYATNO, M.F. WARDHANA, RUHIYAT,
S.A. UTOMO, DAN W. PRASETYO**

Mahasiswa Departemen Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB
Jl Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680 Indonesia

ABSTRACT. Masalah transportasi merupakan suatu hal yang umum terjadi pada masyarakat, sehingga dibutuhkan suatu cara atau metode untuk menyelesaikan masalah transportasi terutama dalam hal meminimumkan biaya. Digunakan metode *Heuristic* dengan bantuan *software* ILOG *Dispatcher* versi 2.1 dan ILOG *Solver* versi 4.4 yang dijalankan dengan *Microsoft Visual C++* versi 6.0 dalam membuat program penyelesaiannya. Dalam representasi masalah digunakan contoh distribusi barang dari suatu perusahaan. Dalam penerapannya diperhitungkan pula *time windows*, yang permasalahan ini dikenal sebagai VRPTW (*Vehicle Routing Problems with Time Windows*). Penyelesaian dari permasalahan ini menghasilkan rute dengan biaya dan waktu minimum.

Key words: *heuristic, sweep heuristic, VRPTW.*

1. PENDAHULUAN

Keadaan harga bahan bakar yang tidak stabil mendorong masyarakat maupun suatu perusahaan seringkali mempermasalahkan biaya transportasi yang kian meningkat. Umumnya, masyarakat maupun perusahaan sering mengalami kesulitan dalam melakukan aktivitas yang berhubungan dengan distribusi suatu produk dari beberapa sumber. Produk tersebut didistribusikan menuju beberapa tujuan dengan permintaan dan biaya transpor tertentu. Permintaan suatu barang dapat dipenuhi dari satu atau lebih sumber.

Sebuah model transportasi dapat dibayangkan seperti contoh berikut. Misalnya, suatu produk yang dihasilkan pada tiga pabrik (sumber) harus di distribusikan ke tiga gudang (tujuan). Setiap pabrik memiliki kapasitas produksi tertentu, dan setiap gudang memiliki jumlah permintaan tertentu terhadap produk tersebut. Dengan diketahuinya biaya transpor per unit dari masing-masing gudang ingin dihasilkan tujuan yang meminimumkan biaya dan waktu transpor.

Asumsi dasar model ini adalah bahwa biaya dan waktu transpor pada rute tertentu proporsional dengan banyaknya unit yang dikirimkan. Definisi unit yang dikirimkan sangat bergantung pada jenis produk yang diangkut. Satuan penawaran dan permintaan barang yang diangkut harus konsisten.

Pada penelitian ini akan dibahas masalah transportasi dalam menentukan biaya dan waktu distribusi yang minimum. Selanjutnya akan diobservasi pula titik-titik distributor barang konsumsi dan tempat-tempat yang dituju untuk masing-masing distributor. Dari data yang telah didapatkan kemudian ditentukan kendala-kendala masalah yang selanjutnya direpresentasikan secara matematis dengan pemrograman linear *integer* kemudian dicari solusi menggunakan *software* ILOG *Dispatcher* versi 2.1 dan ILOG *Solver* versi 4.4 yang dijalankan dengan Microsoft Visual C++ versi 6.0.. Solusi dari metode heuristik didapat selain dengan cara *trial and error* juga dengan pendekatan secara intuitif. Solusi dari metode heuristik dapat diselesaikan dengan menggunakan *software* ILOG *Dispatcher* versi 2.1 dan ILOG *Solver* versi 4.4 yang dijalankan dengan Microsoft Visual C++ versi 6.0.

2. PEMBAHASAN

Perusahaan memproduksi sejumlah produk setiap harinya. Kemudian produk tersebut akan didistribusikan ke *retail/outlet* (RO), sebelum sampai ke tangan konsumen. Permintaan RO telah diketahui sebelumnya, baik jenis maupun jumlahnya. Pendistribusian akan dilakukan menggunakan satu jenis kendaraan, sehingga kapasitas setiap kendaraan seragam. Selain melakukan pengiriman produk, *driver* dan *helper* juga melakukan bongkat - muat dan mengatur produk pada tempat yang telah disediakan, disebut *delay*. Biaya tetap kendaraan akan muncul bila kendaraan tersebut dipakai dalam kegiatan distribusi. Masalah yang dihadapi adalah meminimumkan jumlah kendaraan yang digunakan dengan mempertimbangkan kendala kapasitas pada kendaraan dan untuk memenuhi setiap permintaan RO.

Asumsi yang digunakan, antara lain: semua pesanan konsumen dapat dipenuhi oleh pabrik, kecepatan kendaraan konstan sehingga tidak ada satu hal pun yang dapat mempercepat atau memperlambat kecepatan kendaraan. Kendaraan yang digunakan seragam, sehingga setiap kendaraan mempunyai kapasitas yang sama.

Variabel Keputusan

$$x_{i,j}^k = \begin{cases} 1, & \text{jika } i \text{ dikunjungi setelah } j \\ & \text{oleh kendaraan } k \\ 0, & \text{jika selainya} \end{cases}$$

$$z_k = \begin{cases} 1, & \text{jika kendaraan } k \text{ dioperasikan} \\ 0, & \text{jika selainya} \end{cases}$$

Konstanta

q_i = permintaan dari konsumen ke- i

C = kapasitas maksimum kendaraan

$t_{i,j}^k$ = waktu yang dibutuhkan dari konsumen i ke konsumen j dengan kendaraan k

v_k = kecepatan rata-rata kendaraan k

t_i = waktu kedatangan pada tempat i

a_i = waktu buka gudang pada tempat i

b_i = waktu tutup gudang pada tempat i

w_k = biaya bila kendaraan k digunakan

$d_{i,j}$ = jarak dari konsumen i ke konsumen j

Fungsi Objektif

$$\text{Min } Z = \sum_{k=1}^3 w_k z_k + \sum_{i=1}^{25} \sum_{j=1}^{25} x_{i,j}^k c_{i,j} \quad (1.1)$$

Kendala-kendala Konsumen

$$\sum_{i=1}^{25} \sum_{k=1}^3 x_{i,j}^k = 1; \quad \forall j = 2, 3, \dots, 25 \quad (1.2)$$

$$\sum_{j=1}^{25} \sum_{k=1}^3 x_{i,j}^k = 1; \quad \forall i = 2, 3, \dots, 25 \quad (1.3)$$

Depot

$$\sum_{j=2}^{25} x_{1,j}^k = 1; \quad \forall k = 1, 2, 3 \quad (1.4)$$

$$\sum_{i=2}^{25} x_{i,1}^k = 1; \quad \forall k = 1, 2, 3 \quad (1.5)$$

Kekontinuan rute

$$\sum_{i=2}^{25} x_{i,u}^k = \sum_{i=2}^{25} x_{u,j}^k; \quad \forall k = 1, 2, 3 \\ \forall u = 1, 2, \dots, 25 \quad (1.6)$$

Kapasitas

$$\sum_{i=1}^{25} \sum_{j=1}^{25} q_i x_{i,j}^k \leq C; \quad \forall k = 1, 2, 3 \quad (1.7)$$

$$x_{i,j}^k \leq z_k; \quad \forall i, j = 1, 2, \dots, 25 \\ \forall k = 1, 2, 3 \quad (1.8)$$

$$v_k t_{i,j}^k = d_{i,j}; \quad \forall i, j = 1, 2, \dots, 25 \\ \forall k = 1, 2, 3 \quad (1.9)$$

$$d_{i,j} = d_{j,i}; \quad \forall i, j = 1, 2, \dots, 25 \quad (1.10)$$

$$\sum_{i \in F} \sum_{j \in F} x_{i,j}^k \leq \sum_{i \in F} \sum_{j=1}^{25} x_{i,j}^k - 1;$$

$$\forall F \subseteq L: 2 \leq |F| \leq \sum_{i=1}^{25} \sum_{j=1}^{25} x_{i,j}^k; \quad (1.11)$$

$$\forall k = 1, 2, 3$$

Time window

$$a_i \leq t_i \leq b_i; \quad \forall i = 1, 2, \dots, 25 \quad (1.12)$$

$$t_i + f_i + t_{i,j}^k - K(1 - x_{i,j}^k) < t_j; \quad \forall i, j = 1, 2, \dots, 25 \\ \forall k = 1, 2, 3 \quad (1.13)$$

$$z_k \in \{0,1\}; \quad \forall k = 1, 2, 3 \quad (1.14)$$

$$x_{i,j}^k \in \{0,1\}; \quad \forall k = 1, 2, 3 \\ \forall i, j = 1, 2, \dots, 25 \quad (1.15)$$

Fungsi objektif (1.1) pada model di atas adalah meminimumkan banyak kendaraan yang digunakan dan meminimumkan jarak tempuh kendaraan.

Fungsi objektif tersebut dihadapkan pada kendala-kendala, sebagai berikut: pada kendala (1.2) dan (1.3) dipastikan bahwa setiap konsumen yang ada akan dilayani oleh tepat satu kendaraan. Kendala (1.4) dan (1.5) akan memastikan tersedianya kendaraan untuk melayani rute yang ada dan juga untuk memastikan kendaraan pergi dan kembali dari depot. Pada kendala (1.6) akan dipastikan kontinuitas rute kendaraan artinya memastikan bahwa kendaraan yang masuk ke suatu kota harus meninggalkan kota tersebut, sedangkan kendala (1.7) menggambarkan bahwa jumlah permintaan untuk satu rute tidak melebihi kapasitas kendaraan yang beroperasi.

Selanjutnya, pada kendala (1.8) dipastikan bahwa tidak akan ada konsumen yang dilayani oleh kendaraan yang tidak aktif. Kendala (1.9) memperlihatkan hubungan antara jarak, kecepatan dan waktu tempuh kendaraan, jarak dan waktu tempuh berbanding lurus. Kendala (1.10) menunjukkan bahwa jarak dari i ke j sama dengan jarak dari j ke i , sedangkan kendala (1.11) memastikan tidak ada sub-tour pada formulasi yang ada. Berikutnya, kendala (1.12) dan (1.13) berkaitan dengan waktu pelayanan.

Pada kendala (1.12) dipastikan waktu kedatangan kendaraan di tempat konsumen berada di antara waktu buka dan tutup gudang, sedangkan pada kendala (1.13) memastikan kendaraan akan berada di j pada saat kendaraan berangkat dari i ditambah dengan waktu service pada i dan waktu tempuh dari i ke j .

Setelah mendapatkan informasi yang dibutuhkan, penelitian dilanjutkan dengan menggunakan program ILOG *Dispatcher* versi 2.1 dan ILOG *Solver* versi 4.4, yang dijalankan dalam *Microsoft Visual C++* versi 6.0, sebagai alat untuk mencari solusi dari formulasi VRP yang dihadapi. Data yang diperoleh dari kegiatan tersebut, antara lain: letak konsumen, permintaan konsumen dan waktu bongkar - muat di tempat konsumen. Sedangkan diasumsikan kecepatan kendaraan konstan, waktu buka - tutup gudang konsumen seragam yakni pada pukul 06.00 sampai dengan pukul 16.00, dimana pukul 06.00 dimisalkan sebagai 0 dan pukul 16.00 sebagai 540 dan kendaraan mampu memuat hingga 200 *crate*.

Langkah pertama adalah menentukan letak setiap konsumen dan mengetahui jarak dari setiap konsumen. Nilai jarak setiap tempat didapat dengan melakukan estimasi, menggunakan bantuan peta dan benang kemudian akan diambil jarak terdekat setiap tempat.

Langkah berikutnya, matriks jarak yang didapat akan dikonversi menjadi koordinat Cartesian dengan menggunakan metode *multidimensional scaling* (MDS). Setelah didapat letak dari setiap titik, data tersebut menjadi input untuk program ILOG

bersama dengan data permintaan dan waktu bongkar-muat di setiap tempat. Penggunaan metode *sweep heuristic* dengan alat bantu ILOG akan digunakan sebagai langkah terakhir.

Metode *sweep heuristic* membangun rute dengan cara menelusuri sekitar depot. Jika kapasitas kendaraan atau *time windows* telah dicapai maka kendaraan tersebut harus kembali ke depot. Kemudian jalankan kendaraan berikutnya dengan aturan yang sama seperti kendaraan pertama, sampai seluruh lokasi dikunjungi oleh kendaraan yang tersedia di depot. Algoritmanya sebagai berikut:

- 1) Misalkan O merupakan verteks dimana kendaraan memulai perjalanan (depot) dan A merupakan verteks lainnya yang dilayani (pelanggan),
- 2) Mengurutkan semua verteks S pada rencana pembuatan rute dengan cara menambah sudut AOS . Letakkan hasilnya pada *list L*,
- 3) Kendaraan yang akan dialokasikan untuk mengunjungi verteks-verteks pada L harus memenuhi semua kendala,
- 4) Jika semua kendaraan telah digunakan dan telah mengunjungi semua verteks maka selesai.(ILOG, 2002).

3. SIMULASI

Pada subbab ini akan diperlihatkan hasil simulasi dari masalah yang diteliti. Kemudian hasil tersebut akan dibandingkan dengan keadaan yang terjadi di lapangan saat ini. Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3 merupakan hasil simulasi dari masalah penentuan rute yang dihadapi.

Tabel 1 Hasil simulasi untuk kendaraan pertama

Kode	Nama	Jarak tempuh (kilometer)	Permintaan (crate)
0	Depot	0	0
2	Konsumen 2	14,683	3
11	Konsumen 11	19.0865	37
13	Konsumen 13	24.2227	12
12	Konsumen 12	25.7425	16
3	Konsumen 3	37.1912	7
5	Konsumen 5	39.7679	8
1	Konsumen 1	44.2116	17
4	Konsumen 4	46.1992	17
7	Konsumen 7	48.7993	19
8	Konsumen 8	49.1173	17
0	Depot	62.4713	0

Tabel 2 Hasil simulasi untuk kendaraan kedua

Kode	Nama	Jarak tempuh (kilometer)	Permintaan (<i>crate</i>)
0	Depot	0	0
15	Konsumen 15	21	15
9	Konsumen 9	28.8073	2
6	Konsumen 6	29.973	12
10	Konsumen 10	32.2756	19
14	Konsumen 14	33.7682	22
22	Konsumen 22	40.2406	18
23	Konsumen 23	40.9586	25
16	Konsumen 16	43.7521	9
17	Konsumen 17	45.8376	4
24	Konsumen 24	46.8795	18
21	Konsumen 21	47.2529	37
0	Depot	68.903	0

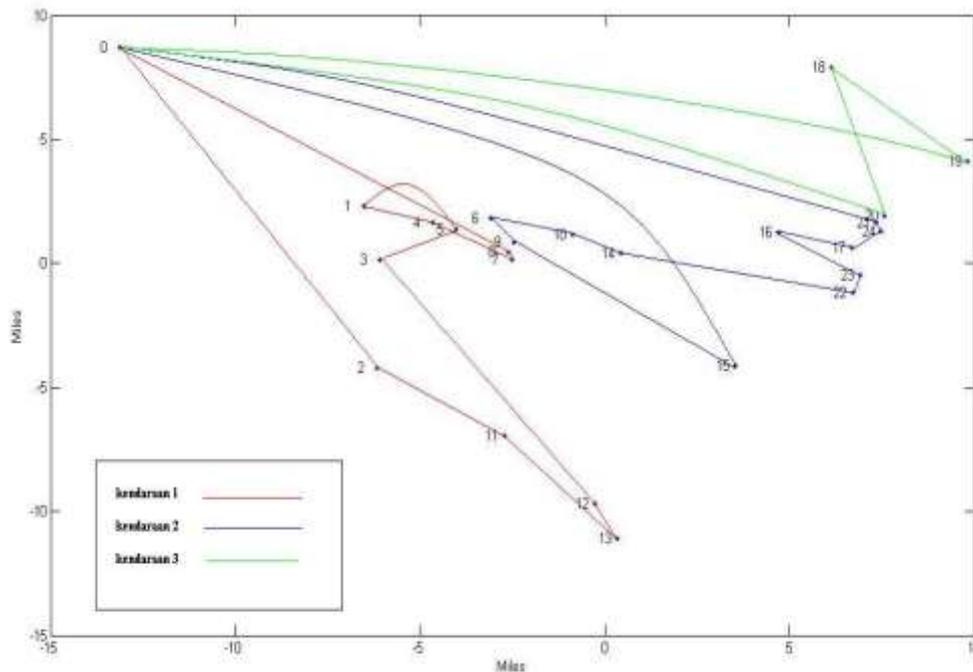
Tabel 3 Hasil simulasi untuk kendaraan ketiga

Kode	Nama	Jarak tempuh (kilometer)	Permintaan (<i>crate</i>)
0	Depot	0	0
20	Konsumen 20	22	18
18	Konsumen 18	24.2517	11
19	Konsumen 19	27.9449	18
0	Depot	51.3523	0

Dari ketiga tabel di atas, terlihat bahwa dibutuhkan tiga kendaraan untuk melayani seluruh konsumen. Pada kendaraan pertama rute yang dilalui meliputi depot, konsumen ke-2, konsumen ke-11, konsumen ke-13, konsumen ke-12, konsumen ke-3, konsumen ke-5, konsumen ke-1, konsumen ke-4, konsumen ke-7, konsumen ke-8 dan kembali ke depot, dengan total jarak yang ditempuh sepanjang 62.4713 kilometer dan banyaknya produk yang dibawa sebanyak 153 *crate*.

Sedangkan pada kendaraan kedua, rute yang ditempuh meliputi depot, konsumen ke-15, konsumen ke-9, konsumen ke-6, konsumen ke-10, konsumen ke-14, konsumen ke-22, konsumen ke-23, konsumen ke-16, konsumen ke-17, konsumen ke-24, konsumen ke-21 dan kembali ke depot. Kendaraan kedua menempuh 68.903 kilometer dan memuat sebanyak 181 *crate* pada pengirimannya.

Lain halnya dengan kendaraan ketiga, kendaraan ini menempuh perjalanan sepanjang 51.3523 kilometer untuk menyelesaikan satu rute yang dijadwalkan. Rute tersebut meliputi depot, konsumen ke-20, konsumen ke-18, konsumen ke-19 dan kembali ke depot, dengan membawa 47 *crate* dari maksimum 200 *crate* yang dapat dibawa dalam satu kali pengiriman. Gambar 1 berikut merupakan ilustrasi dari ketiga tabel di atas:



Gambar 1. Ilustrasi Tabel 1, 2, dan 3.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain:

1. formulasi VRPTW dalam matematika dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah penentuan rute distribusi,
2. penggunaan formulasi VRPTW dengan metode heuristik memastikan semua konsumen dilayani permintaannya dan tidak ada keterlambatan dalam pengirimannya,
3. dibutuhkan minimal tiga kendaraan untuk menangani 24 konsumen dengan memenuhi semua syarat yang berlaku,
4. lebih banyak konsumen yang dikunjungi dalam satu rute sehingga dapat memaksimalkan barang yang dibawa oleh kendaraan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DIKTI yang telah membiayai penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada PT. NIC yang telah menyediakan data untuk penelitian. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih

kepada Dra. Farida Hanum, M.Si. yang telah membimbing penulis dalam melakukan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Kritikos MN, Ioannou G.** 2004. A synthesis of assignment and heuristic solutions for vehicle routing with *time windows*. *Journal of the Operational Research Society* (2004) 55, 2–11.
- Kyung HK, Byung KL, Yoon HL, Young HL.** 2008. A Heuristic for The Vehicle Routing Problem with Due Times. *Computers and Industrial Engineering* 54: 421-431.
- Raditya A.** 2009. Penggunaan Metode Heuristik Dalam Vehicle Routing Problem Untuk Meminimumkan Jumlah Dan Jarak Tempuh Kendaraan (Implementasi Di PT. Nippon Indosari Corpindo) [skripsi]. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Winston WL.** 2004. *Operation Research Application and Algorithm*. Brooks/Cole-Thompson Learning.