

PENENTUAN RUTE PENGAMBILAN SAMPAH DI KOTA MERAUKE DENGAN METODE SAVING HEURISTIC

Endah Wulan Perwitasari¹, Subanar²
Dosen Universitas Musamus Merauke
Jalan Kamizaun, Mopah Lama, Merauke
Pos-el: dek_endah@yahoo.com¹, subanar@yahoo.com²

Abstract: Waste distribution problem has the common characteristics of the poor of scheduling and poor establishing route of waste. The waste distribution problems cover several issues such as the selection the route for the vehicle and the minimizing the distribution cost. The waste collection route is modeled into Vehicle Routing Problem (VRP). VRP is the selection of which route used by the dump trucks. The purpose of VRP is to minimize the time, distance, and distribution cost. There are two methods to deal with the VRP problems, which are the exact and heuristic methods. The exact method aimed to the optimum result, whereas heuristic method put emphasis on near-to-optimum but with quicker computing time. The result obtained by this research is the combination between exact and heuristic method. This combination is successfully implemented and it is able to determine which route to fulfill the problems of waste distribution.

Keywords: Waste Collection Route, Algorithm, VRP, and Saving Heuristic

Abstrak : Permasalahan distribusi sampah mempunyai karakteristik diantaranya tidak ada penjadwalan ataupun pemilihan rute yang tepat untuk pengambilan sampah pada TPS. Permasalahan distribusi sampah melibatkan beberapa pertimbangan utama meliputi rute kendaraan, kendaraan sampai dengan minimasi ongkos distribusi. Permasalahan tersebut di modelkan dengan Vehicle Routing Problem (VRP). VRP adalah masalah penentuan rute yang digunakan oleh armada untuk memberikan pelayanan kepada konsumen. Dimana VRP mempunyai tujuan untuk minimasi waktu tempuh, jarak tempuh kendaraan dan minimasi ongkos distribusi. Terdapat dua macam metode untuk penyelesaian permasalahan VRP, yaitu metode eksak dan metode heuristic, dimana metode eksak lebih ditekankan pada hasil yang optimal, sedangkan pada metode heuristic hasil yang dicapai mendekati optimal namun mempunyai waktu komputasi yang cepat. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini adalah kombinasi antara metode eksak dan metode heuristic berhasil diimplementasikan dengan baik dan dapat membentuk rute yang memenuhi karakteristik permasalahan distribusi sampah.

Kata kunci: Rute Pengambilan Sampah, Algoritma, VRP, dan Saving Heuristic

1. PENDAHULUAN

Sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan proses alam yang berbentuk padat. Setiap individu pasti menghasilkan sampah dalam jumlah yang variatif setiap harinya. Jumlah timbunan sampah semakin meningkat seiring dengan peningkatan pertumbuhan penduduk kota. Peningkatan timbunan sampah merupakan konsekuensi dari peningkatan kualitas dan perubahan pola hidup masyarakat. Oleh karena itu, laju timbunan sampah harus diikuti oleh peningkatan kualitas pengelolaan

sampah untuk menghindari adanya dampak negatif yang mungkin ditimbulkan dari keberadaan sampah (Kristian dan Chaerul, 2010).

Pendistribusian sampah yang terkoordinasi dengan baik termasuk salah satu usaha peningkatan kualitas pengelolaan sampah. Pendistribusian sampah merupakan salah satu bagian penting dari kegiatan distribusi barang atau jasa yang dilakukan instansi pemerintah ataupun perusahaan tertentu.

Permasalahan distribusi sampah melibatkan beberapa pertimbangan utama

meliputi rute kendaraan, kendaraan sampai dengan minimasi ongkos distribusi, sehingga dapat memperluas wilayah pelayanan dari pengambilan sampah dengan armada yang terbatas (Ballou dan Ronald, 1999). Masalah yang berkaitan dengan pendistribusian sampah diantaranya membuat keputusan-keputusan mengenai rute pengambilan sampah. Pemilihan rute kendaraan akan menentukan total jarak perjalanan armada.

Karakteristik permasalahan penentuan rute pengambilan sampah yaitu terdapat depo dimana kendaraan berangkat dan pulang, tiap konsumen tepat dilayani satu kali dalam sebuah rute, kapasitas yang diangkut dalam setiap rute tidak lebih dari kapasitas maksimal kendaraan pengangkut (Fitria dkk, 2009). Sehingga rute yang optimal adalah rute yang memenuhi karakteristik permasalahan penentuan rute pengambilan sampah.

Berdasarkan penelitian Asteria (2008) menyatakan, pada dasarnya, terdapat tiga macam penyelesaian optimasi. Yaitu metode eksak, heuristik dan metaheuristik. Pada solusi eksak (metode optimasi) dilakukan pendekatan dengan menghitung setiap solusi yang mungkin hingga menghasilkan jawaban terbaik (optimal). *Branch and bound* dan *branch and cut* merupakan contoh dari penyelesaian eksak. Metode heuristik memberikan suatu cara untuk menyelesaikan permasalahan optimasi yang lebih sulit dan dengan kualitas dan waktu penyelesaian yang lebih cepat daripada solusi eksak. Contoh metode heuristik antara lain: *Saving Based*, *Matching based*, *Multiroute improvement heuristic*, dan lain sebagainya.

Tipe masalah vehicle routing dapat digambarkan sebagai suatu kasus dengan tujuan mencari rute terpendek dari suatu depot menuju sekumpulan titik-titik tertentu. Pada umumnya solusi masalah vehicle routing diperoleh dengan metode heuristik, diantaranya menggunakan Metode Saving, Algoritma Sweep dan Algoritma Genetika yang berdasarkan pada mekanisme seleksi alam dan proses evolusi alam (Sarwadi dan Anjar, 2004). Berdasarkan uraian di atas permasalahan pada penelitian ini mempunyai karakteristik yang sama dengan Vehicle Routing Problem.

Penentuan rute pengambilan sampah merupakan salah satu permasalahan optimasi dimana terdapat beberapa metode untuk penyelesaiannya. Menggabungkan metode eksak dan metode heuristik diduga akan mampu membentuk rute dengan perubahan tingkat optimal dan waktu pembentukan rute.

Pengambilan sampah di kota Merauke saat ini dilakukan dengan dua cara, yaitu pengambilan dengan dump truck dan pengambilan dengan arm roll truck. Dimana pelanggan atau konsumen yang dilayani dengan dump truck lebih banyak jumlahnya. Belum dipisahkan antara sampah basah dan sampah kering sehingga konsumen meminta periode pengambilan sampah dilakukan setiap hari. Hal ini dikarenakan sampah cepat membusuk sehingga menimbulkan bau dan pemandangan yang mengganggu. Pada akhirnya sistem pengambilan sampah akan berpengaruh pada kesehatan dan segi keindahan kota.

Penelitian ini dilakukan pada cara pengambilan sampah dengan dump truck.

Karena pada cara tersebut terdapat jumlah konsumen terbanyak. Pada cara ini pengambilan sampah dapat dilakukan tiap hari mengingat kondisi sampah di kota Merauke belum dipisah antara sampah basah dan sampah kering. Pengambilan sampah dengan cara dump truck ini mempunyai tantangan penyesuaian kapasitas truk dengan kapasitas sampah yang diambil. Penentuan rute dilakukan dengan metode *saving heuristic* dimana metode ini yang paling banyak digunakan untuk mengkonstruksi rute (Salaki, 2009) dan dapat menghasilkan total jarak lebih kecil (Kartikasari, 2010).

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah: 1) Bagaimana mengimplementasikan kombinasi antara metode eksak dan metode *heuristic* untuk mendapatkan rute; 2) Bagaimana mendapatkan rute yang optimal pada pengambilan sampah dimana permasalahan tersebut dimodelkan dengan *vehicle routing problem*.

Dalam penelitian ini permasalahan dibatasi pada: 1) Pembentukan rute dilakukan pada area pelayanan dinas Cipta Karya kota Merauke; 2) Pencarian rute optimal yaitu setiap konsumen tepat dilayani satu kali, dan total volume yang diangkut tidak melebihi kapasitas maksimal truk pengangkut sampah serta tidak melebihi jarak maksimal yang diperbolehkan truk pengangkut sampah; 3) Truk pengangkut sampah mempunyai kapasitas yang sama.; 4) Semua konsumen/TPS harus dilayani setiap hari sehingga tidak ada pembobotan prioritas pada tiap-tiap konsumen/TPS; 5) Nilai pinalti akan dihitung berdasarkan jumlah pelanggaran terhadap batasan-batasan yang sudah ditentukan; 6) Kejadian tak terduga seperti jalan yang

semula dapat dilewati menjadi tidak dapat dilewati, kendaraan yang tiba-tiba tidak dapat dioperasikan ataupun permintaan musiman tidak diperhitungkan dalam penelitian ini

Tujuan Penelitian adalah 1) Mengimplementasikan algoritma *Dijkstra* yang dikombinasikan dengan metode *saving heuristic* yang dapat memenuhi karakteristik permasalahan penentuan rute pengambilan sampah; 2) Membuktikan dugaan bahwa kombinasi metode eksak dan metode heuristik dapat membentuk rute yang memenuhi karakteristik permasalahan penentuan rute pengambilan sampah.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: penelitian dilakukan pada area pelayanan pengambilan sampah yang dilakukan oleh dinas cipta karya dikota kota Merauke.

Pada penelitian ini yang menjadi sampel data adalah: 1) Jumlah kendaraan atau armada pengangkut sampah; 2) Kapasitas kendaraan atau armada pengangkut sampah; 3) Jumlah konsumen atau tempat pembuangan sementara sampah; 4) Jumlah permintaan konsumen atau volume tempat pembuangan sementara sampah.; 5) Lokasi konsumen atau tempat pembuangan sementara sampah; 6) Lokasi tempat pembuangan akhir sampah; 7) Biaya transportasi yaitu berupa ongkos bahan bakar.

Tahapan penelitian sebagai berikut:

1) Prosedur Penelitian

- a) Pengkajian metode *saving heuristic* untuk menyelesaikan permasalahan penentuan rute pengambilan sampah.
- b) Pengumpulan data. Data-data penelitian didapat dari dinas cipta karya kabupaten Merauke.
- c) Pemodelan *saving heuristic*:
 - i) Menentukan jarak antar konsumen yang berhubungan secara langsung;
 - ii) Dengan menggunakan algoritma *Dijkstra* mencari jarak terpendek antara tiap-tiap titik dan terhadap depo;
 - iii) Mencari nilai *saving* dari masing-masing koordinat;
 - iv) Mengurutkan nilai *saving* mulai dari nilai *saving* terbesar sampai terkecil secara urut;
 - v) Pembentukan rute berdasarkan urutan nilai *saving*;
 - vi) Menghitung total volume terangkut, menghitung waktu eksekusi yang dilakukan oleh sistem hingga membentuk rute, menghitung total jarak tempuh masing-masing rute yang terbentuk, menghitung nilai pinalti, dan menghitung nilai penghematan biaya operasional kendaraan.
- 2) Implementasi

Tahapan menterjemahkan hasil desain ke dalam bahasa pemrograman php dengan data-base MySQL.
- 3) Pengujian

Pengujian digunakan untuk mencapai tujuan penelitian, yaitu membuktikan dugaan bahwa kombinasi metode eksak dan metode heuristik dapat membentuk rute yang memenuhi karakteristik permasalahan penentuan rute pengambilan sampah. Untuk

mencapai tujuan penelitian ini akan menggunakan data dari instansi yang digunakan sebagai model guna perbandingan dengan sistem yang dihasilkan oleh penelitian.

2.1 Teori Graf

Graf adalah kumpulan dari titik (*node*) dan garis dimana pasangan-pasangan titik (*node*) tersebut dihubungkan oleh segmen garis. *Node* ini biasa disebut simpul (*verteks*) dan segmen garis disebut ruas (*edge*). Simpul dan ruas dalam *graf* dapat diperluas dengan penambahan informasi. Sebagai contoh, simpul bisa diberi nomor atau label dan ruas dapat diberi nilai juga. Perluasan dengan pemberian informasi ini sangat berguna dalam penggunaan graph untuk banyak aplikasi komputer (Chartrand, 1985). Contoh, *graf* dengan simpul yang merepresentasikan kota dan ruas merepresentasikan jarak yang ditempuh diantara kota-kota tersebut (atau harga tiket pesawat antara kota-kota tersebut), dapat digunakan sebagai “*transportation network*” untuk mempelajari total jarak (atau harga) dari suatu perjalanan dengan banyak kota pemberhentian. Satu kemungkinan pertanyaan yang bisa muncul adalah “Jalur mana yang terpendek dengan satu atau lebih tempat pemberhentian, yang menghubungkan kota tertentu menuju kota tertentu lainnya dalam *transportation network* tersebut?”.

2.2 Lintasan dan Sirkuit Hamilton

Lintasan Hamilton adalah lintasan yang melalui tiap simpul di dalam *graf* tepat satu kali. Sirkuit Hamilton adalah sirkuit yang melalui tiap simpul di dalam *graf* tepat satu kali, kecuali simpul asal (sekaligus simpul akhir) yang dilalui dua kali. *Graf* yang memiliki sirkuit Hamilton dinamakan *graf* Hamilton, sedangkan *graf* yang hanya memiliki lintasan Hamilton disebut *graf* semi-Hamilton (Weisstein, 2010).

Syarat lintasan dan sirkuit Hamilton (Weisstein, 2010):

- 1) Syarat cukup (jadi bukan syarat perlu) supaya *graf* sederhana G dengan n (≥ 3) buah simpul adalah *graf* Hamilton ialah bila derajat tiap simpul paling sedikit $n/2$ (yaitu, $d(v) \geq n/2$ untuk setiap simpul v di G).
- 2) Setiap *graf* lengkap adalah *graf* Hamilton.
- 3) Di dalam *graf* lengkap G dengan n buah simpul ($n \geq 3$), terdapat $(n - 1)!/2$ buah sirkuit Hamilton.
- 4) Di dalam *graf* lengkap G dengan n buah simpul ($n \geq 3$ dan n ganjil), terdapat $(n - 1)/2$ buah sirkuit Hamilton yang saling lepas (tidak ada sisi yang beririsan). Jika n genap dan $n \geq 4$, maka di dalam G terdapat $(n - 2)/2$ buah sirkuit Hamilton yang saling lepas.

2.3 Travelling Salesman Problem

Travelling Salesman problem (TSP) merupakan salah satu terapan dari teori *graf* yang diilhami oleh permasalahan seorang pedagang yang mengunjungi sejumlah kota

dengan berawal dan berakhir dari tempat asalnya. Masalah ini pertama kali dirumuskan sebagai masalah matematika pada tahun 1930 dan merupakan salah satu masalah yang paling intensif dalam mempelajari masalah optimasi, dan digunakan sebagai patokan bagi banyak metode optimasi dalam jumlah besar dengan cara yang tepat, dan metode yang mudah untuk diketahui, sehingga beberapa kasus dengan puluhan ribu kota dapat diselesaikan dengan baik (Sutapa dan Widyadana, 2008).

2.4 Vehicle Routing Problem

VRP adalah salah satu bentuk permasalahan transportasi yang melibatkan pendistribusian barang maupun orang kepada pelanggan dengan menggunakan kendaraan dan bertujuan untuk meminimasi beberapa tujuan distribusi

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. Rute yang dibentuk harus dimulai dan diakhiri di suatu tempat yang disebut depot. Setiap pelanggan dikunjungi hanya satu kali dan total permintaan semua pelanggan dalam satu rute tidak melebihi kapasitas kendaraan yang melayani rute tersebut. *VRP* menjadi *TSP* pada saat hanya terdapat satu alat angkut yang kapasitasnya tak hingga (Kallehauge dan Marsen, 2001).

2.5 Algoritma *Dijkstra*

Algoritma *Dijkstra* diterapkan untuk mencari lintasan terpendek pada *graf* berarah. Namun, algoritma ini juga benar untuk *graf* tak berarah. Algoritma *Dijkstra* mencari lintasan terpendek dalam sejumlah langkah. Algoritma ini menggunakan prinsip *greedy*. Prinsip *greedy* pada algoritma *Dijkstra* menyatakan bahwa pada setiap langkah kita memilih sisi yang berbobot minimum dan memasukkannya dalam himpunan solusi.

2.6 *Heuristic*

Metode heuristik merupakan salah satu metode penentuan solusi optimal dari permasalahan optimasi kombinatorial. Berbeda dengan solusi eksak yang menentukan nilai solusi secara tepat, metode ini menghampiri solusi permasalahan utama dengan cara mencari nilai optimal suatu bagian tertentu atau irisan dari masalah utamanya. Dalam hal ini, perolehan solusi fisibel secara cepat dari segi komputasi lebih ditekankan meskipun tidak menjamin solusi tersebut optimal.

Menurut Laporte (2010), metode heuristik untuk menyelesaikan *VRP* dapat dikategorikan dalam tiga kelompok,

- 1) Heuristik konstruktif (*constructive heuristic*). Secara berurutan atau gradual membentuk solusi yang layak dengan memperhatikan biaya solusi, akan tetapi tidak terdapat fase perbaikan atau peningkatan.
- 2) Heuristik dua fase (*two phase heuristic*)

Dalam menyelesaikan masalahnya metode ini dipecah menjadi dua komponen yaitu mengelompokkan (*clustering*) permasalahan ke dalam rute yang layak dan baru dilakukan pembuatan rute (*routing*), sehingga cara tersebut dapat dinyatakan dengan: *cluster-first route-second* dan *route first _cluster second*.

- 3) Metode perbaikan (Improvement methods)
Metode ini mencoba mencari setiap solusi yang layak dengan melakukan pertukaran urutan *node*, baik didalam rute itu sendiri (*intra route exchange*) maupun di luar rute yang sudah terbentuk.

Berdasarkan penelitian Asteria (2008) menyatakan, pada dasarnya, terdapat tiga macam penyelesaian *VRP*:

- 1) *Solusi Eksak*.
Pada solusi eksak (metode optimasi) dilakukan pendekatan dengan menghitung setiap solusi yang mungkin hingga menghasilkan jawaban terbaik (optimal) dari persoalan *Branch and bound* dan *branch and cut* merupakan contoh dari penyelesaian eksak.
- 2) Heuristik.
Metode Heuristik memberikan suatu cara untuk menyelesaikan permasalahan optimasi yang lebih sulit dan dengan kualitas dan waktu penyelesaian yang lebih cepat daripada solusi eksak. Contoh metode heuristik antara lain: *Saving Based*, *Matching based*, *Multiroute improvement heuristic*, dan lain sebagainya.
- 3) Metaheuristik.

Metaheuristik, adalah suatu metode untuk melakukan eksplorasi yang lebih dalam pada daerah yang menjanjikan dari ruang solusi yang ada. Kualitas solusi yang dihasilkan dari metode ini jauh lebih baik daripada yang didapat heuristik klasik. Contoh metaheuristik adalah *genetic algorithm*, *simulated annealing*, *tabu search*, *ant colony system* dan sebagainya.

2.7 Saving Heuristic

Metode *saving* disebut juga metode *Clarke-Wright* karena diperkenalkan oleh Clarke dan Wright pada tahun 1964. Metode ini merupakan metode heuristik yang paling banyak digunakan untuk mengkonstruksi rute. Metode ini diawali dengan suatu solusi yang setiap pelanggannya dilayani secara individu oleh satu rute secara terpisah menghasilkan penghematan (*saving*) berupa jarak tempuh sebesar $s_{ij}=c_{i0}+c_{0j}-c_{ij}$ dengan c_{ij} = jarak dari pelanggan i ke pelanggan j .

3. HASIL

Penelitian penentuan rute pembuangan sampah di kota Merauke dengan metode *saving* heuristik menghasilkan 3 rute.

Tabel 1. Rute yang terbentuk

Nomor	Rute
1	Depo- Sesate-Gak-Onggatmit-jl.Kelinci II-jl Kelinci I-Asmat – Ermasu-Prajurit-TMP-Bakti-Brawijaya-Ampera I-Ampera III-Ali Arkam-Ampera IV-Ampera II-Paulus Napi-Kimam-jl.Trikora-Yobar-Seringgu-G.Kangguru-Kamp.Timor-Jl.Tomor-G.Aru-Depo

2	Depo-Jl.Mandala-Sumatra-Angkasa-Parako-Missi-Pendidikan-Martadinata-Biak-G.Nusantara-Natuna-Jl.Jawa-Noari-Kalimantan-Nusabarong-Depo
3	Depo-Spadem-Depo

Setelah rute terbentuk kita dapat menghitung total volume yang terangkut dengan mengakumulasi volume sampah pada tiap titik-titik TPS pada tiap rute.

Tabel 2. Total volume terangkut

Rute	volume terangkut
1	5,26 m ³
2	5,97 m ³
3	0,09 m ³
Total volume	11,32 m³

Lama proses pembentukan rute ini terdiri dari lama penentuan jarak terpendek dengan menggunakan *Dijkstra*, waktu mencari nilai *saving* dan mengurutkannya berdasarkan ranking, dan lama proses pembentukan rute.

Tabel 3. Waktu proses

Banyak Jalan	<i>Saving</i> Heuristik
40	4.126
50	9.118
60	17.76
70	32.357
80	51.567

Kombinasi antara metode eksak dan metode heuristik yang pada penelitian ini menggunakan *Dijkstra* dan *saving heuristic* berpengaruh terhadap waktu proses.

Setelah rute terbentuk, kita dapat mencari total jarak yang dilalui oleh kendaraan pengangkut pada setiap rutenya. Dalam penelitian ini, jarak terpendek belum tentu jarak yang optimal, karena adanya batasan lain dalam penentuan optimasi, yaitu kapasitas kendaraan.

Tabel 4. Jarak Tempuh

Rute	Jarak tempuh
1	26.81 km
2	19.25 km
3	1.24 km
Total jarak	47,3 km

3.1 Pembahasan

Pembahasan dilakukan dengan membandingkan data yang diperoleh dari dinas Cipta Karya kota Merauke dengan hasil dari sistem. Yang akan dibandingkan adalah volume terangkut, jarak tempuh dan waktu yang diperlukan sistem untuk membentuk rute.

3.1.1 Total Volume Terangkut

Berdasarkan data yang diperoleh dari kantor Cipta Karya Merauke pada tabel 5, rute yang berjalan saat ini jika dihitung total volume terangkut per rute adalah berkisar 1 m³ hingga 4,21 m³. Perhari mejalani 2 rute yang dilakukan oleh 2 kendaraan. Sehingga 1 rute dilakukan oleh 1 kendaraan dengan volume terangkut 50% sampai dengan 70% dari kapasitas maksimal kendaraan 6m³.

Tabel 5. Rute yang ada

Rute	Cipta Karya	
	Volume Terangkut (m ³)	Jarak Tempuh (km)
1	4.10	19.12
2	1.21	11.35
3	3.96	14.04
4	2.25	26.16
5	4.21	29.92
6	2.32	22.84
7	2.63	11.87
8	1	20.34
9	3.22	22.84
Total	37.17	240.56

Dari data yang didapat, dapat dilihat sangat tidak efisien nya salah satu rute yang

terbentuk. Yaitu mengangkut volume dibawah 50% kapasitas kendaraan atau kurang dari 3m³ pada setiap rute ke dua.

Sedang pada penelitian pembentukan rute menggunakan metode *saving* heuristik pada tabel 6 menunjukkan total volume terangkut tiap rute menunjukkan mendekati 100% kapasitas kendaraan kecuali pada rute ke tiga.

Tabel 6. Rute Hasil Sistem

Rute	<i>Dijkstra + saving heuristic</i>			
	Volume Terangkut (m ³)	Jarak Tempuh (km)	Waktu Sistem (detik)	Pinalti
1	5.26	26.81		177
2	5.97	19.25		195
3	0.09	1.24		1
	11.32*6 = 67,92	47.3*6 = 283,8	4,3617	

Tabel 7. Rute Pembanding Sistem

Rute	<i>Brute force + saving heuristic</i>			
	Volume Terangkut (m ³)	Jarak Tempuh (km)	Waktu Sistem (detik)	Pinalti
1	3.78	38.16		97
2	3.49	19.27		79
3	3.96	3.86		6
4	0.09	1.24		1
	11.32*6 = 67,92	62.53*6 = = 375.18	2,71	

Dari tabel 6 dan tabel 7 dapat dilihat bahwa total volume terangkut antara *Dijkstra* yang dikombinasikan dengan *saving heuristic* dengan *brute force* yang dikombinasikan dengan *saving heuristic* tidak ada perbedaan, namun pada total jarak tempuh pada *Dijkstra* yang dikombinasikan dengan *saving heuristic* mempunyai nilai yang lebih kecil. Sedangkan pada nilai pinalti, algoritma pembanding menghasilkan nilai pinalti yang lebih kecil.

Karena pada penelitian ini lebih menekankan pada nilai saving atau penghematan total ongkos maka kombinasi *Dijkstra* dengan

saving heuristic yang dipilih. Karena semakin kecil total jarak tempuh akan semakin kecil total ongkos.

3.1.2 Pinalti

Pada tabel 6 dan 7 menunjukkan pinalti pada algoritma pembanding mempunyai total nilai yang lebih kecil dari pada nilai pinalti rute yang dihasilkan oleh sistem. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma pembanding memberikan jumlah pelanggaran yang lebih sedikit pada batasan-batasan yang sudah ditentukan. Namun karena pada penelitian ini menekankan pada penghematan (*saving*) total ongkos, maka metode yang menghasilkan jarak terpendeklah yang dapat memenuhi kriteria.

3.1.3 Total Jarak

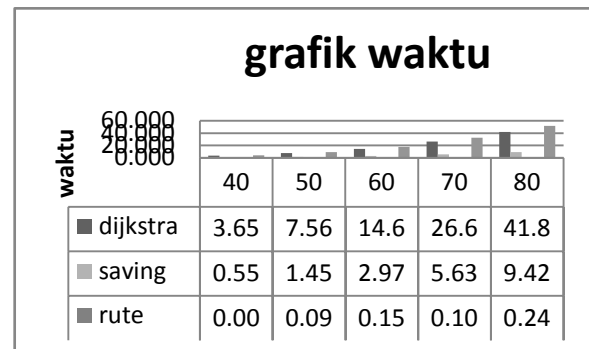
Berdasar tabel 6 dan tabel 7, pada perhitungan penghematan, akan dipengaruhi oleh total jarak tempuh harian dari tiap-tiap rute pengambilan sampah. Total jarak yang dihasilkan dengan sistem pada penelitian akan dibandingkan dengan data pada tabel 5.

Berdasar hasil penelitian biaya operasional membutuhkan ongkos sebesar Rp. 606.000,-. Sehingga biaya yang telah dianggarkan dapat dilakukan penghematan sebesar Rp.1.794.000,- didasarkan hasil penelitian.

3.1.4 Pengaruh Pertambahan Jumlah Jalan Terhadap Waktu

Kombinasi antara metode eksak dan metode heuristik yang pada penelitian ini menggunakan *Dijkstra* dan *saving* heuristik berpengaruh pada waktu proses. Dari table 3

didapatkan grafik waktu proses seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Grafik waktu

Metode eksak menghasilkan waktu perhitungan lebih lama dibandingkan metode heuristik. Meskipun proses *saving* dan penentuan rute sangat cepat, namun pada akhirnya akan menambah total proses dalam pembentukan rute pembuangan sampah ini. Untuk setiap penambahan sebanyak 10 jalan (dengan banyak konsumen) akan memerlukan lama proses 2 kali lebih lama dari proses sebelum penambahan jalan.

4. SIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya, maka diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut: 1) Algoritma *Dijkstra* dapat dikombinasikan dengan metode *saving heuristic* dan menghasilkan rute pengambilan pengambilan sampah di kota Merauke; 2) Metode *saving heuristic* yang dikombinasikan dengan metode eksak yaitu algoritma *Dijkstra* ataupun algoritma *brute force* akan menghasilkan waktu perhitungan yang lebih cepat daripada metode eksak; 3) Kombinasi antara metode eksak yaitu

algoritma *Dijkstra* dengan metode *heuristic* yaitu *Saving Heuristic* dapat menghasilkan rute yang memenuhi kriteria permasalahan penentuan rute pengambilan sampah, yaitu terdapat depot dimana kendaraan berangkat dan pulang, tiap konsumen tepat dilayani satu kali dalam sebuah rute, kapasitas yang diangkut dalam setiap rute tidak lebih dari kapasitas maksimal kendaraan pengangkut.

DAFTAR RUJUKAN

- Asteria, C. 2008. *Penentuan Distribusi Dengan Algoritma Tabu Search Untuk VRP Dengan Time Windows*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Ballou dan Ronald, H. 1999. *Business Logistics Management*. Prentice Hall. Upper Saddle River N.J.
- Chartrand, G, 1985. *Introductory Graph Theory*. Dover Publ. Inc. New York.
- Fitria, L., Susanty, S. dan Suprayogi. 2009. *Penentuan Rute Pengambilan dan Pengangkutan Sampah di Bandung*. Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Kallehauge, B., J. Larsen, dan O.B.G. Marsen. 2001. *Lagrangian Duality Applied on Vehicle Routing with Time Windows*. Technical Report, IMM, Technical University of Denmark.
- Kartikasari, Y. 2010. *Implementasi Clarke-Wright Saving Method pada Layanan Taksi Berbasis VOIP*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Kristian, Y. dan Chaerul, M. 2010. *Analisis Awal Implementasi Tempat Pengolahan Sampah Terpadu*. Skripsi, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, ITB. Bandung.
- Laporte, G. 2010. *Fifty Years of Vehicle Routing*. Canada Research Chair in Distribution Management. HEC Montreal.
- Sarwadi dan Anjar K.S.W. 2004. *Algoritma Genetika Untuk Penyelesaian Masalah Vehicle Routing*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Sutapa, I.N. dan Widyadana, I.G.A. 2003. *Studi Tentang Travelling Salesman dan Vehicle Routing Problem dengan Time Windows*, Universitas Kristen Petra. Surabaya.
- Salaki, T.D. 2009. *Penyelesaian Vehicle Routing Problem Menggunakan Beberapa Metode Heuristik Konstruktif*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Weisstein, E.W. 2010. *Hamiltonian Graph*. From MathWorld --A Wolfram Web Resource, (Online), (<http://mathworld.wolfram.com/HamiltonianGraph.html>, diakses tanggal 13 Februari 2012).