

EFISIENSI PENGANGKUTAN SAMPAH KOTA DENGAN METODE SWEEPING HEURISTICS

EFFICIENCY CITY SOLID WASTE TRANSPORTATION WITH SWEEPING HEURISTICS METHOD

Sunarsih

Mahasiswa Program Doktor Ilmu Lingkungan
Program Studi Matematika FMIPA Universitas Diponegoro
Jalan Soedarto, Semarang 50275
Email: narsih_pdil@yahoo.com

Abstrak: Permasalahan pengangkutan sampah dapat diselesaikan dengan meminimalkan rute terpendek dari sumber sampah ke TPS dan TPA. Mengingat setiap harinya masih terdapat sisa timbulan sampah, maka untuk efisiensi hal ini dilakukan penghitungan jarak tempuh dan rute digunakan metode lintasan terpendek dan dilanjutkan dengan metode sweeping heuristik. Metode lintasan terpendek digunakan untuk menghitung rute terpendek antar TPS ke TPA dan metode sweeping heuristik digunakan untuk pengelompokan wilayah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi sistem manajemen sampah (solid waste management) sangat dipengaruhi oleh kegiatan pengangkutan. Berdasarkan data kepemilikan peralatan dump truck dengan volume angkutnya dapat dirumuskan rute terpendek angkutan sampah dengan meminimumkan jarak tempuh dari TPS ke TPA. Metode Sweeping Heuristic digunakan untuk membagi TPS di wilayah Semarang Timur menjadi sub wilayah pengangkutan sampah. Dengan menggunakan lintasan terpendek dilanjutkan dengan Metode Sweeping Heuristic dihasilkan 7 rute pengangkutan sampah yang menggunakan 7 truk berkapasitas 18 m^3 .

Kata kunci: efisiensi, pengangkutan sampah, pengelompokan wilayah, dan sweeping heuristic.

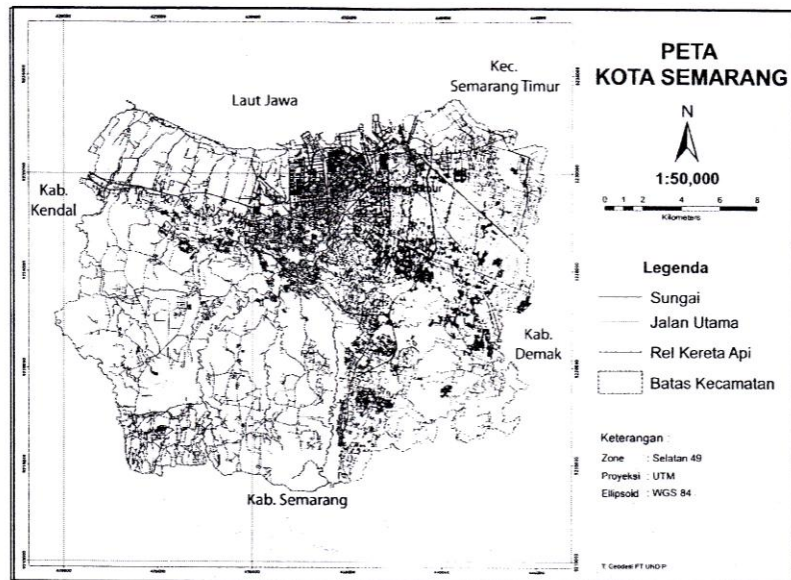
Abstract: Problems of solid waste transportation to be manage with a minimization. Shortest route from the waste source to station and landfill. There are still daily balance waste which couldn't be taken at once due the inefficient of the transportation. To resolve the problem, there are a system of the transportation which we need to change to management. It is a nice idea to reach the performance of efficiency with : calculate the shortest distance to reach to station from landfill transportation route and Sweeping Heuristic methods to clustering a suburb. The result of this research show us this solid waste management efficiency is mostly depend on transportation activity. Based on the number of dump truck and their hauling capacity can be used to define shortest route by minimizing hauling trip from transfer station to landfill. Sweeping heuristic method is employed to divide transfer station in East Semarang to be several sub-areas of solid waste transportation. It is produce 7 transportation route using seven 18 m^3 truck.

Keywords: efficiency, waste transportation, clustering suburb, and sweeping heuristic.

PENDAHULUAN

Permasalahan sampah merupakan masalah yang dihadapi di seluruh kota-kota di Indonesia. Perkembangan kota yang sangat pesat menyebabkan bertambahnya jumlah penduduk kota. Jumlah penduduk yang besar dengan tingkat pertumbuhan yang relatif tinggi membawa akibat bertambahnya volume sampah.

Sistem persampahan yang umum dilaksanakan di Indonesia adalah sistem yang harus secepatnya dikumpulkan, diangkut dan dibuang serta dijaga agar dampak lingkungan yang diakibatkannya dapat diminimalkan (Said, E.G., 1987; Ari S.D. & Widjadjakusuma J, 2005). Dinas pengelola sampah bertugas mengelola sampah agar dapat mengurangi masalah-masalah sampah yang dapat mengganggu tata lingkungan, serta meningkatkan kebersihan kota dengan cara mengumpulkan, mengangkut dan memusnahkan sampah produk masyarakat yang



Sumber: Teknik Geodesi FT UNDIP 2009.

Gambar 1. Peta kota Semarang.

Analisa Data

Tiga variabel memegang peranan dalam subsistem pengangkutan sampah, yaitu variabel volume sampah terangkut, jarak tempuh dari sumber sampah ke TPS dan TPA. Volume sampah dipengaruhi oleh keadaan armada pengangkut (*dump truk*) dan kondisi sampah yaitu yang melayani di TPS. Kondisi sampah akan berperan di dalam penentuan waktu muat (misalnya sampah yang berserakan akan menyebabkan petugas mengumpulkan sampah terlebih dahulu, lingkungan TPS dan lain-lain). Waktu tempuh dari TPS ke TPA dipengaruhi oleh kondisi lalu lintas pada saat itu yang merupakan variabel eksternal dari subsistem pengangkutan sampah. Model pengangkutan sampah menggunakan metode lintasan terpendek menggunakan algoritma Dijkstra yang dilanjutkan dengan metode *Sweep Heuristics*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aspek Teknik Operasional

Aspek teknis operasional dalam sistem pengelolaan persampahan sangat ditentukan volume sampah yang diangkut atau dibuang ke TPA. Kegiatan operasional persampahan tergantung pada pola-pola operasional yang digunakan (cara penyapuan, pengumpulan, pengangkutan dan pembuangan akhir) serta kapasitas peralatannya.

Untuk menangani sampah kampung/pemukiman, bekerjasama dengan lembaga kelurahan (LKMD/RW/RT) mengambil sampah dari rumah ke rumah dengan menggunakan becak sampah yang kemudian diangkut dan dibuang ke TP selanjutnya diangkut ke TPA oleh Kecamatan.

Produksi Timbunan Sampah dan Komposisi Sampah

Guna mengetahui besarnya produksi/timbunan sampah kota, maka terlebih dahulu perlu ditinjau sumber penghasilan sampah yang ada di kota Semarang disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Produksi/Timbunan sampah di kota Semarang tahun 2007.

No.	Sumber	Jumlah Timbunan perhari	(%)
1.	Pemukiman/Rumah Tangga	2.650 m ³	75,71 %
2.	Pasar	500 m ³	13,57 %
3.	Komersial (Pertokoan, restoran, hotel)	90 m ³	2,29 %
4.	Fasilitas Umum	65 m ³	2,00 %
5.	Sapuan Jalan	60 m ³	2,00 %
6.	Kawasan Industri (Non B.3)	125 m ³	3,57 %
7.	Saluran	30 m ³	0,86 %
Jumlah		3.500 m ³	100,00 %

Sumber: Dinas Kebersihan Kota Semarang, 2008.

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa sumber terbesar sampah berasal dari sampah permukiman/rumah tangga yaitu 2.650 m³ (75,71%). Sedangkan komposisi sampah kota dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Komposisi sampah di kota Semarang.

No.	Komposisi	Prosentase
1.	Organik	61,95 %
2.	Non Organik	
	a. Kertas	12,26 %
	b. Kaca	1,72 %
	c. Plastik	13,39 %
	d. Logam	1,80 %
	e. Kain	1,55 %
	f. Karet	0,50 %
	g. Lain-lain	6,83 %
Jumlah		100,00 %

Sumber : Dinas Kebersihan Kota Semarang, 2008.

Pada tabel 2 komposisi sampah yang berasal dari sampah organik sebesar 61,95%. Untuk mendukung pengangkutan sampah Kota Semarang berbagai sarana penampungan sementara dan peralatan pengangkutan yang dipunyai adalah sebagai tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Sarana tempat penampungan sementara.

No.	TPS	Jumlah	Keterangan
1.	Kontainer	335 buah	
2.	Bak	35 buah	
3.	Depo	133 buah	

Sumber: Dinas Kebersihan Kota Semarang, 2008.

No.	TPS	Jumlah	Keterangan
1.	Truck hidrolik/Arm Roll	87	
2.	Dump Truck Sampah	15	
3.	Road Sweeper	2	
4.	Gerobak Sampah	5	
5.	Truck Tinja	2	
6.	Crane	1	
7.	Wheel Loader	3	
8.	Swamp Dozer	1	
9.	Shoovel Loader	1	
10.	Excavator/Back Hoe	2	
11.	Trailler Urinoir	2	
12.	Becak Sampah	198	
13.	Tong Sampah	1585	
14.	Kontainer Sampah	446	

Sumber: Dinas Kebersihan Kota Semarang, 2008.

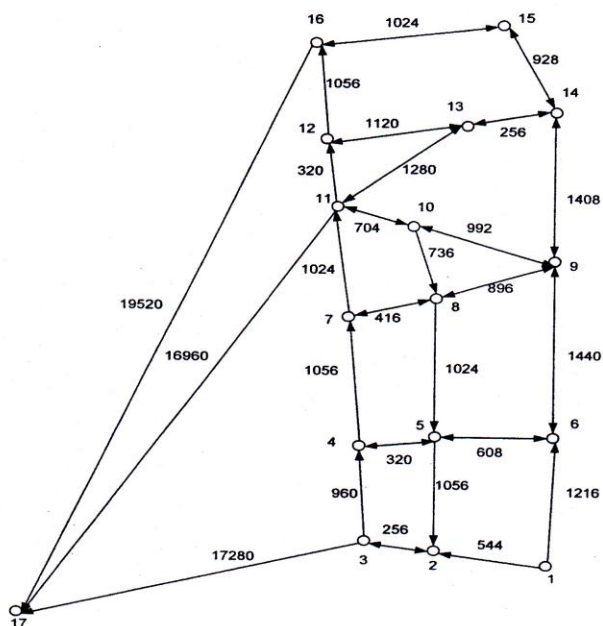
Model Pengangkutan Sampah

Asumsi yang digunakan adalah (1) Node 1 (TPS 1) merupakan titik awal keberangkatan semua truk dan sampah di TPS 1 hanya diangkut oleh truk yang melalui rute 1; (2) TPS terletak diujung persimpangan jalan; dan (3) Kapasitas sampah pada daerah padat penduduk dan berdekatan dengan pasar diasumsikan sebanyak 12 m³ per hari sedangkan untuk daerah yang tidak padat penduduk diasumsikan kapasitas sampah per harinya sebanyak 6 m³.

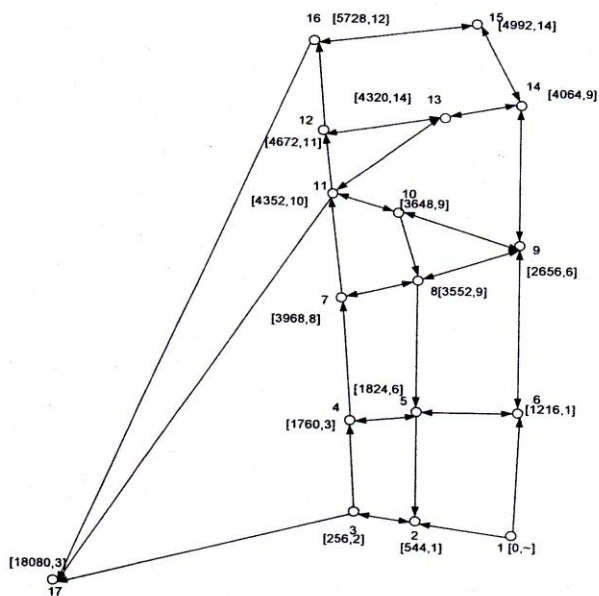
Menurut Wiranto S.E. & Siswanto R, 2008, masalah pembentukan rute dapat diselesaikan dengan dua jenis algoritma yaitu algoritma eksak dan algoritma heuristik. Algoritma heuristik memiliki keunggulan dalam hal waktu penghitungan dibandingkan metode eksak. Model pengangkutan sampah menggunakan metode lintasan terpendek yang kemudian dilanjutkan dengan metode *Sweep Heuristics*.

Model pengangkutan sampah menggunakan metode *Sweep Heuristics* yaitu suatu metode untuk mengelompokkan suatu wilayah menjadi sub wilayah/kluster dengan tiap kluster membentuk satu rute (Chris Caplice, 2006). Lokasi TPS dibagi menjadi beberapa sub wilayah pengangkutan sampah. Bila lokasi TPS yang dikunjungi telah diketahui, maka rute pengangkutan dapat diperoleh dengan menggunakan penyelesaian masalah lintasan terpendek antara dua buah lokasi yang melalui beberapa lokasi tertentu. Untuk menghitung rute terpendek digunakan algoritma Dijkstra.

Dengan menggunakan langkah-langkah metode *Sweep Heuristics*, maka digambarkan node untuk semua TPS dalam bentuk grafik. Node 1 (TPS 1) merupakan titik awal keberangkatan semua truk pengangkut sampah.



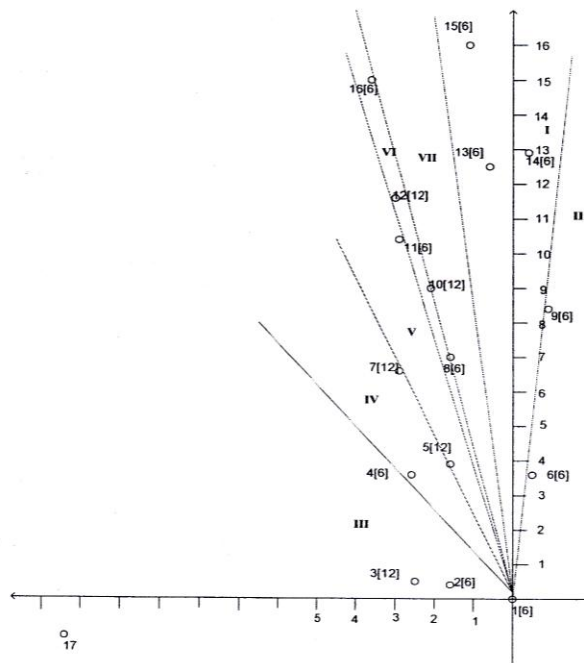
Gambar 2. Semua TPS dalam grafik.



Gambar 3. Jaringan pengangkutan sampah dengan Label Tetap (ttp).

Selanjutnya adalah menentukan pembagian wilayah pengangkutan sampah dengan menggunakan metode *Sweep Heuristic* dan menentukan panjang rute dari masing-masing wilayah dengan algoritma Dijkstra.

Untuk mendapatkan hasil *scanning* yang optimal akan dibuat garis yang berpusat di node 1 (node sumber) baik horizontal maupun vertikal. *Scanning* dilakukan kearah Utara, Selatan, Barat, Timur dengan ayunan (*sweep*) searah maupun berlawanan dengan arah jarum jam. Kemudian untuk mencari rute tiap kluster akan digunakan algoritma Dijkstra. Sebagai contoh *scanning* dari arah utara atau searah jarum jam disajikan pada gambar 4.



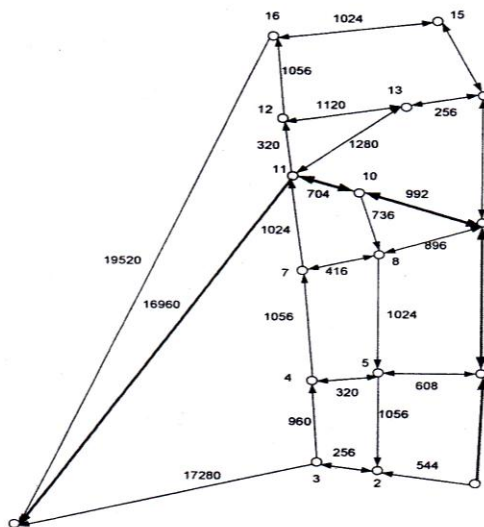
Gambar 4. Pembagian wilayah pengangkutan sampah dengan menggunakan metode *Sweep Heuristic* searah jarum jam.

- Rute 1: 1 → 14 → 15 → 13 → 17 (kapasitas sampah 18 m³). Panjang rute 24,416 km.
 Rute 2: 1 → 6 → 9 → 17 (kapasitas sampah 18 m³). Panjang rute 21,312 km.
 Rute 3: 1 → 2 → 3 → 17 (kapasitas sampah 18 m³). Panjang rute 18,08 km.
 Rute 4: 1 → 4 → 7 → 17 (kapasitas sampah 18 m³). Panjang rute 20,8 km.
 Rute 5: 1 → 5 → 11 → 17 (kapasitas sampah 18 m³). Panjang rute 21,184 km.
 Rute 6: 1 → 12 → 16 → 17 (kapasitas sampah 18 m³). Panjang rute 25,248 km.
 Rute 7: 1 → 10 → 8 → 17 (kapasitas sampah 18 m³). Panjang rute 22,784 km.

Analog untuk penghitungan rute arah Selatan, Barat, Timur dengan ayunan (*sweep*) searah maupun berlawanan dengan arah jarum jam.

Dari hasil *sweeping* diatas ternyata semuanya menghasilkan 7 buah rute dan pembagian wilayah serta panjang rute yang dihasilkan sama. Rute yang dihasilkan dapat digambarkan sebagai berikut:

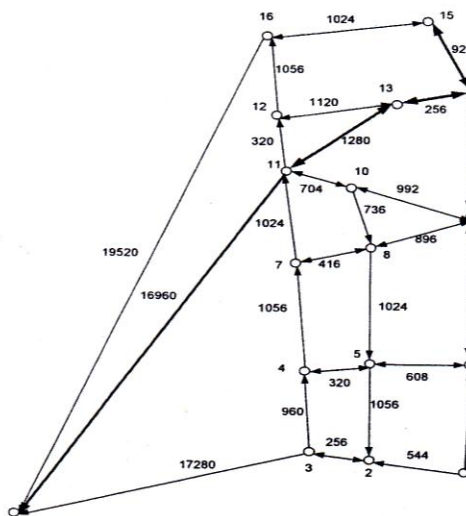
a. **Rute 1**



Gambar 5. Rute pengangkutan sampah 1 berdasarkan *Sweeping Heuristic*.

Rute: 1 → 6 → 9 → 10 → 11 → 17 (kapasitas sampah 18 m³). Panjang rute 21.312 m atau 21,312 km.

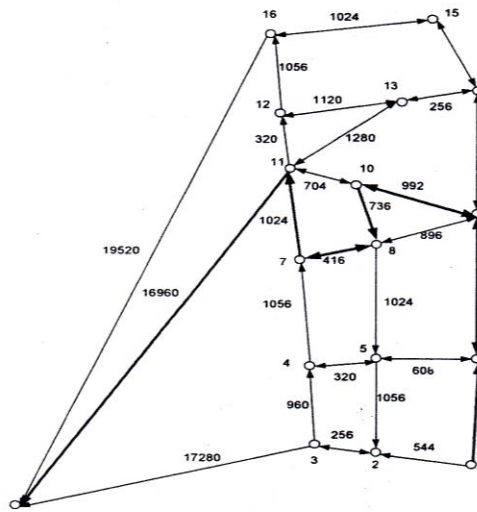
b. **Rute 2**



Gambar 6. Rute pengangkutan sampah 2 berdasarkan *Sweeping Heuristic*.

Rute: → 6 → 9 → 14 → 15 → 14 → 13 → 11 → 17 (kapasitas sampah 18 m³). Panjang rute 24.416 m atau 24,416 km.

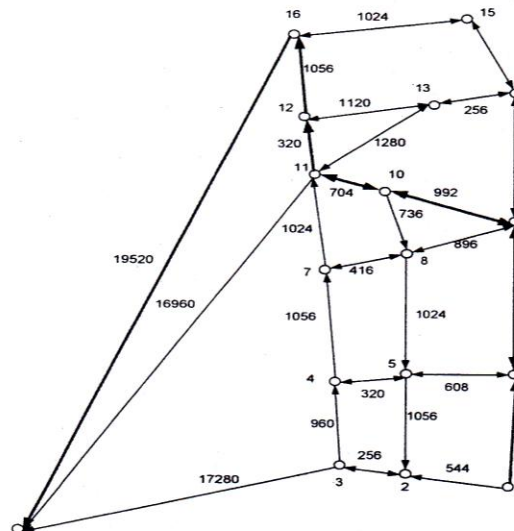
c. Rute 3



Gambar 7. Rute pengangkutan sampah 3 berdasarkan *Sweeping Heuristic*.

Rute : 1 → 6 → 9 → 10 → 8 → 7 → 11 → 17 (kapasitas sampah 18 m³). Panjang rute 22.784 m atau 22,784 km.

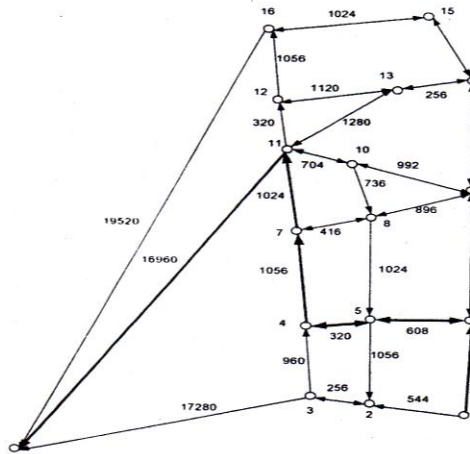
d. Rute 4



Gambar 8. Rute pengangkutan sampah 4 berdasarkan *Sweeping Heuristic*.

Rute : 1 → 6 → 9 → 10 → 11 → 12 → 16 → 17 (kapasitas sampah 18 m³). Panjang rute 25.248 m atau 25,248 km.

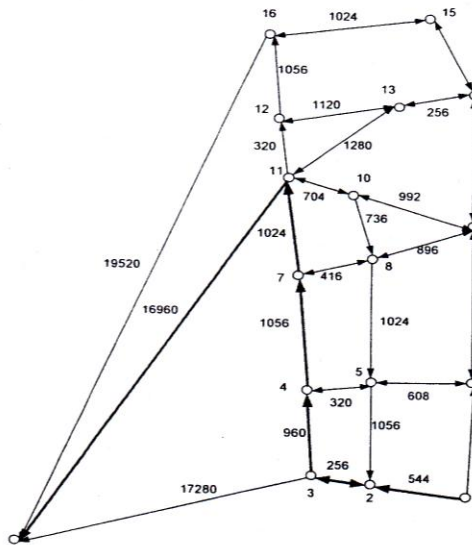
e. **Rute 5**



Gambar 9. Rute pengangkutan sampah 5 berdasarkan *Sweeping Heuristic*.

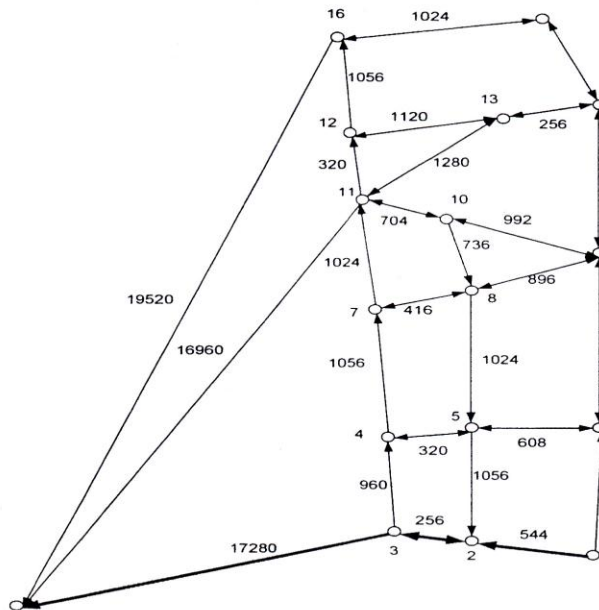
Rute : 1 → 6 → 5 → 4 → 7 → 11 → 17 (kapasitas sampah 18 m³). Panjang rute 21.184 m atau 21,184 km.

f. **Rute 6**



Gambar 10. Rute pengangkutan sampah 6 berdasarkan *Sweeping Heuristic*.

Rute : 1 → 2 → 3 → 4 → 7 → 11 → 17 (kapasitas sampah 18 m³). Panjang rute 20.800 m atau 20,8 km.



Gambar 11. Rute pengangkutan sampah 7 berdasarkan *Sweeping Heuristic*.

Rute : 1 → 2 → 3 → 17 (kapasitas sampah 18 m³). Panjang rute 18.080 m atau 18,08 km.

Panjang rute pengangkutan total dari ketujuh rute diatas adalah (21.312 + 24.416 + 22.784 + 25.248 + 21.184 + 20.800 + 18.080) m = 153.824 m = 153,824 km.

Dengan asumsi bahwa kecepatan rata-rata kendaraan sama yaitu 60 km/jam dan jalan yang dilalui kondisinya baik serta lalu lintasnya lancar, maka dapat dihitung waktu yang diperlukan oleh masing-masing *dump truck* untuk mengangkut sampah sepanjang rutenya masing-masing sebagai berikut :

- Rute 1 sepanjang 21,312 km. Waktu yang diperlukan adalah 0,36 jam atau 21,3 menit.
- Rute 2 sepanjang 24,416 km. Waktu yang diperlukan adalah 0,41 jam atau 24,4 menit.
- Rute 3 sepanjang 22,784 km. Waktu yang diperlukan adalah 0,38 jam atau 22,8 menit.
- Rute 4 sepanjang 25,248 km. Waktu yang diperlukan adalah 0,42 jam atau 25,2 menit.
- Rute 5 sepanjang 21,184 km. Waktu yang diperlukan adalah 0,35 jam atau 21,2 menit.
- Rute 6 sepanjang 20,8 km. Waktu yang diperlukan adalah 0,35 jam atau 20,8 menit.
- Rute 7 sepanjang 18,080 km. Waktu yang diperlukan adalah 0,30 jam atau 18,1 menit.

Dari ketujuh *Dump Truck*, total waktu tempuh yang diperlukan untuk melaksanakan seluruh rute adalah 153,8 menit atau 2 jam 33,8 menit.

Secara keseluruhan panjang rute, kapasitas sampah yang terangkut dan waktu yang diperlukan untuk menempuh masing-masing rute berdasarkan metode lintasan terpendek dapat disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 5. Panjang rute, kapasitas sampah terangkut dan waktu.

Rute Pengangkutan ke :	Panjang Rute (km)	Waktu Tempuh (menit)	Kapasitas Terangkut (m ³)
1	21,312	21,3	18
2	24,416	24,4	18
3	22,784	22,8	18
4	25,248	25,2	18
5	21,184	21,2	18
6	20,800	20,8	18
7	18,080	18,1	18
Total	153,824	153,8	126

KESIMPULAN

Dengan menggunakan lintasan terpendek yang dilanjutkan dengan Metode *Sweeping Heuristic* dihasilkan 7 rute pengangkutan sampah dengan menggunakan 7 truk berkapasitas 18 m³. Metode *Sweeping Heuristic* digunakan untuk membagi TPS di wilayah Semarang Timur menjadi subwilayah pengangkutan sampah yang lebih efisien. Apabila pengangkutan dijadwalkan satu kali sehari dengan 7 truk dengan total jarak 153,824 km dengan volume sampah yang diangkut 126 m³ membutuhkan waktu tempuh 153,8 menit.

Saran

Untuk meningkatkan pelayanan pengelolaan kebersihan di wilayah Kota Semarang, maka perlu pada setiap klasifikasi wilayah kecamatan dibuat klastering menjadi sub-sub wilayah pengangkutan sampah agar lebih efisien dalam pengangkutan.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bayu Surarso dan Siti Khabibah dosen Program Studi Matematika FMIPA UNDIP atas bantuan pengumpulan data dan terselesainya penelitian ini dan ijin yang diberikan.

Daftar Pustaka

- Chris Caplice. 2006. Transportation Management Vehicle Routing. (ESD 260/15.770/1.260). Download <http://www.google.com>. September 2008.
- Cointreau, S.J. "Environmental Management of Urban Solid Wastes in Developing Countries." A Project Guide. World Bank, Urban Development Technical, (1982)
- Dinas Kebersihan Kota Semarang. "Profil Dinas Kebersihan Kota Semarang." Pemda Semarang, (2007)
- Dinas Kebersihan Kota Semarang. "Manajemen Pengolahan Sampah dan Upaya Pengelolaan Sampah Berbasis R di Kota Semarang." Pemda Semarang, (2008)
- Said, E.G. *Sampah Masalah Kita Bersama*. Jakarta: Penerbit PT. Mediyatama Sarana Perkasa, 1987.
- Suryanto A. Doddy, dan J. Widjadjakusuma. Seminar Nasional PESAT 2005. *Kajian Sistem Pengangkutan Sampah Kota Depok*. *Proceeding*. ISSN: 18582559. Jakarta 23-24 Agustus: Universitas Gunadarma, 2005.
- Wiranto S.E. dan Siswanto R. "Perancangan Rute dan Penjadwalan kendaraan dengan Menggunakan Algoritma Perbaikan Simulated Annealing. Research Report Teknik Industri (17/01/2008)." <http://digilib.its.ac.id/detil.php?id=1675 & q=heuristic>. (acesed 11 Desember 2009), (2008)