

Optimasi Pengalokasian Sampah Wilayah Ke Tempat Pembuangan Sementara dengan Model *Integer Linear Programming* (Studi Kasus Kota Surakarta)

I Wayan Suletra^{*}, Eko Liquiddanu, Sigit Bagus Pamungkas

Jurusan Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126, Telp/Fax. (0271) 632110

Abstract

This reserach proposes an integer linear programming model for the allocation of municipal solid waste to the optimal transfer station. This model involves trade-off between two kind of transportation cost, that is transportation cost from village to trasfer station and cost from transfer station to landfill/treatment center. Branch-and-bound method is used to find optimum decision, which transfer station should serve which village.

This model is applied to city of Surakarta that consist of 596 village and 62 transfer stations. From analysis we know that this model can reduce total transportation cost per day by 5,38% and balances the accumulated waste in all trasfer station

Key words: *municipal solid waste, Integer Linear Programming, transfer station, transportation cost.*

1. Pendahuluan

Sampah merupakan objek yang tidak berguna sehingga harus dibuang agar tidak mengganggu lingkungan. Menurut Bahar (1985: 7-8), sampah yang menumpuk dan dibiarkan begitu saja pada tempat terbuka, menyebabkan rendahnya nilai estetika di kawasan tersebut. Untuk itu, penanganan sampah seperti pembuangan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan dan pemusnahan sampah harus terlayani dengan baik.

Penelitian terapan yang berfokus pada manajemen sampah perkotaan (*municipal solid waste management*) sedang *booming* saat ini karena permasalahan sampah di kota-kota besar semakin kompleks. Bautista dan Pereira (2006) memodifikasi model dasar *set-covering problem* untuk menentukan lokasi *recycling plant* (TPA) terpisah masing-masing untuk sampah gelas, plastik, kertas dan material organik dan diterapkan di metropolitan area of Barcelona. Selanjutnya, Boffey et al. (2008) mengembangkan model multicriteria penentuan lokasi pembuangan sampah dengan empat fungsi tujuan yang semuanya bersifat minimasi. Permasalahan ini diformulasikan dengan *network model* dan diaplikasikan di district of Algarve, Portugal. Erkut et al.(2008) mengusulkan model *location-allocation problem* yang berbasis pada *multicriteria mix-interger linear programming* untuk manajemen sampah perkotaan di Central Macedonia. Ketiga model diatas berfokus pada pemilihan lokasi *treatment center* (TPA) maupun TPS dan belum mempertimbangkan penugasan (*assignment*) TPS ke wilayah padahal penentuan TPS mana melayani wilayah mana sangat menentukan total biaya pengangkutan. Penelitian ini ditujukan untuk mengembangkan suatu model untuk mengalokasikan RW ke TPS untuk meminimumkan total biaya transportasi. Total biaya transportasi merupakan fungsi dari

^{*} *Correspondence* : suletra@yahoo.com

biaya pengangkutan sampah yang berhubungan dengan jarak untuk sekali pengangkutan baik dengan menggunakan gerobak maupun truk sampah. Gerobak digunakan untuk pengumpulan sampah dari RW ke TPS, sedangkan truk sampah digunakan untuk pengangkutan sampah dari TPS ke TPA. Model yang dikembangkan ini diaplikasikan di kota Surakarta yang merupakan salah satu kota besar di Indonesia, mempunyai luas wilayah 44,04 km² dan jumlah penduduk pada tahun 2008 adalah 566.141 jiwa (Dinas Kependudukan dan Capil, 2008).

Biaya pengangkutan sampah terdiri dari biaya angkut dari wilayah (RW) ke lokasi TPS dan biaya angkut dari lokasi TPS ke lokasi TPA. Pengalokasian yang tidak tepat akan menyebabkan pembengkakan biaya. Model yang dikembangkan harus dapat mengalokasikan 596 RW ke salah satu dari 62 TPS yang ada di Kota Surakarta. *Trade-off* biaya pada model terjadi antara biaya angkut dengan gerobak (dari RW ke TPS) dan biaya angkut dengan truk (dari TPS ke TPA).

2. Pemodelan

Sampah yang dihasilkan dari wilayah (RW) berasal dari sumber sampah, seperti rumah tangga, pertokoan, fasilitas umum dan perkantoran. Sampah tersebut dibuang langsung ke tempat sampah yang diletakkan di depan rumah (sumber sampah) masing-masing tanpa melalui proses terlebih dahulu. Dari tempat sampah, sampah diambil oleh petugas pengumpul sampah dengan menggunakan gerobak yang kemudian dibuang ke TPS jika muatannya penuh. Sampah yang terkumpul di TPS atau pada *container* dimuat oleh petugas ke atas truk sampah untuk dibawa ke TPA. Jika muatan sampah sudah memenuhi kapasitas angkut, maka truk sampah akan menuju TPA untuk membongkar muatan sampah. Skema aliran proses yang terjadi dalam pengangkutan sampah dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Aliran Proses Pengangkutan Sampah

Sampah yang terangkut ke TPA ditumpahkan dari atas truk sampah, kemudian didorong, diratakan dan dipadatkan dengan alat-alat berat. Setelah itu, truk pengangkut sampah bergerak lagi menuju TPS untuk memuat sampah dan diangkat ke TPA jika muatannya sudah memenuhi kapasitas angkut. Setelah selesai truk kembali ke *pool* truk.

2.1 Biaya Pengangkutan Sampah

Biaya pengangkutan merupakan fungsi dari biaya pengangkutan sampah yang berhubungan dengan jarak untuk sekali pengangkutan. Biaya sekali angkut dari wilayah (RW) ke lokasi TPS dirumuskan pada persamaan (1), sedangkan biaya angkut dari lokasi TPS ke lokasi TPA dirumuskan pada persamaan (2).

$$c_{ij} = BAS_a \times d_{ij} \dots\dots\dots (1)$$

$$c_{j1} = BAS_b \times d_{j1} \dots\dots\dots (2)$$

dimana,

- c_{ij} = biaya pengangkutan untuk sekali angkut gerobak dari RW ke- i ke lokasi TPS ke- j (Rp/gerobak)
- c_{j1} = biaya pengangkutan untuk sekali angkut truk dari lokasi TPS ke- j ke lokasi TPA (Rp/truk)
- BAS_a = biaya angkut per meter dengan alat transportasi gerobak (Rp/m/gerobak)
- BAS_b = biaya angkut per kilometer dengan alat transportasi truk (Rp/km/truk)
- d_{ij} = jarak dari RW ke- i ke lokasi TPS ke- j (m)
- d_{j1} = jarak dari TPS ke- j ke lokasi TPA (km)
- i = nomor lokasi wilayah (RW)
- j = nomor lokasi TPS

2.2 Frekuensi Pengangkutan Sampah

Frekuensi pengangkutan merupakan banyaknya pengangkutan sampah dari wilayah (RW) ke TPS dengan alat angkut gerobak per hari. Beban setiap gerobak masing-masing wilayah (RW) diasumsikan sama. Perhitungan untuk frekuensi pengangkutan ini menggunakan persamaan (3).

$$f_i = \frac{v_i}{k_{ger}} \dots\dots\dots (3)$$

dimana,

- f_i = frekuensi angkut per hari dari RW ke- i ke lokasi TPS dengan alat angkut gerobak (gerobak/hari)
- v_i = volume sampah dari RW ke- i ke lokasi TPS per hari (liter/hari)
- k_{ger} = kapasitas maksimal sekali angkut alat transportasi gerobak (liter/gerobak)
- i = nomor lokasi wilayah (RW)

2.3 Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan pada model yang dikembangkan adalah meminimasi biaya pengangkutan sampah yang terdiri dari biaya angkut dari wilayah (RW) menuju ke lokasi TPS (suku ke-1) dan biaya angkut dari lokasi TPS menuju ke lokasi TPA (suku ke-2). Fungsi tujuan ini didefinisikan dengan persamaan (4).

$$Minimize \quad TC = \underbrace{\left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^3 c_{ij} \times f_i \times x_{ij} \right)}_1 + \underbrace{\left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{j1} \times f_{j1} \times x_{ij} \right)}_2 \dots\dots\dots (4)$$

2.4 Variabel Keputusan

Variabel keputusan yang dicari dalam formulasi matematis pada persamaan (4) adalah:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{jika sampah dari wilayah (RW) ke - } i \text{ dialokasikan ke lokasi TPS ke - } j, \\ 0 & \text{jika tidak} \end{cases}$$

pada model ini setiap RW hanya diberikan tiga alternatif TPS terdekat sebagai pilihan tempat menampung sampah. Melalui proses optimisasi akan dipilih satu TPS yang optimum untuk

setiap RW. *Trade-off* antara biaya angkut dari RW ke TPS dan biaya angkut dari TPS ke TPA menjamin bahwa masalah ini bukan masalah yang trivial (setiap RW memilih TPS terdekat).

2.5 Batasan-batasan

Kriteria-kriteria yang menjadi kendala pada formulasi matematis diatas, adalah sebagai berikut :

1. Setiap lokasi TPS ke- j tidak dapat menerima sampah dari wilayah (RW) melebihi kapasitas yang dapat ditampung

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq K_j \quad \text{untuk } j = 1, 2, 3, \dots, n$$

2. Satu wilayah (RW) hanya dapat membuang sampah pada satu lokasi TPS

$$\sum_{j=1}^3 x_{ij} = 1 \quad \text{untuk } i = 1, 2, 3, \dots, m$$

3. Variabel keputusan, x_{ij} merupakan bilangan biner

$$x_{ij} \in \{0,1\}$$

4. Frekuensi pengangkutan sampah dari TPS menuju TPA merupakan bilangan integer dengan pembulatan ke atas

$$f_{j1} \in \text{int.}$$

$$\sum_{i=1}^m v_i \times x_{ij} \leq f_{j1} \times k_{truk} \quad \text{untuk } j = 1, 2, 3, \dots, n$$

dimana,

TC	= total biaya pengangkutan sampah (Rp/hari)
c_{ij}	= biaya pengangkutan untuk sekali angkut gerobak dari RW ke- i ke lokasi TPS ke- j (Rp/gerobak)
c_{j1}	= biaya pengangkutan untuk sekali angkut truk dari lokasi TPS ke- j ke lokasi TPA (Rp/truk)
f_i	= frekuensi angkut per hari dari RW ke- i ke TPS dengan alat angkut gerobak (gerobak/hari)
f_{j1}	= frekuensi angkut per hari dari TPS ke- j ke TPA dengan alat angkut truk (truk/hari)
x_{ij}	= keputusan mengalokasikan sampah dari RW ke- i ke lokasi TPS ke- j
v_i	= volume sampah dari RW ke- i ke lokasi TPS per hari (liter/hari)
K_j	= kapasitas TPS ke- j
k_{truk}	= kapasitas sekali angkut alat transportasi truk (liter/truk)
i	= nomor lokasi wilayah (RW)
j	= nomor lokasi TPS
m	= jumlah wilayah (RW)
n	= jumlah lokasi TPS

3. Pengolahan Data

Parameter-parameter yang digunakan untuk mengaplikasikan model ini di Kota Surakarta adalah sebagai berikut:

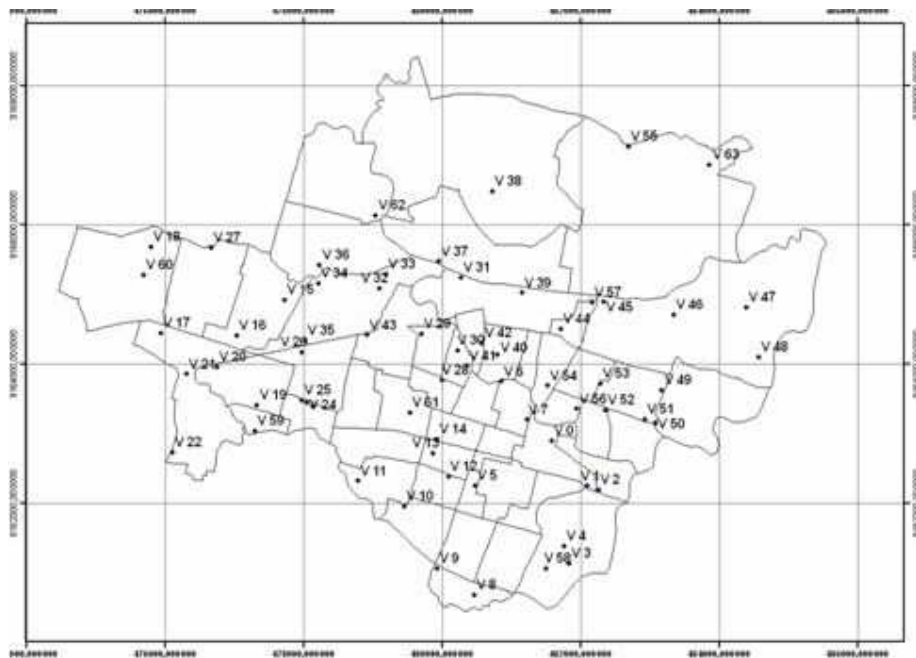
1. Kapasitas gerobak, $k_{ger} = 1 \text{ m}^3$ ($1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ liter}$).
2. Kapasitas truk, $k_{truk} = 8 \text{ m}^3$
3. Kapasitas TPS, $K_j = 8 \text{ m}^3$
4. Jumlah lokasi TPS, $n = 62$
5. Jumlah wilayah/RW, $m = 596$

Volume sampah per hari pada tiap RW dihitung berdasarkan jumlah penduduk dengan ketentuan 3 liter/jiwa/hari berpedoman pada Revisi SNI 03-3242-1994 tentang tata cara pengelolaan sampah di permukiman. Sementara nilai BAS_a dan BAS_b dihitung dengan mempertimbangkan biaya bahan bakar, upah petugas/sopir, biaya *maintenance* truk dan gerobak, biaya depresiasi truk dan gerobak sehingga diperoleh nilai sebagai berikut:

$$BAS_a = \text{Rp. } 3,13 / \text{meter}$$

$$BAS_b = \text{Rp. } 4.776,11 / \text{kilometer}$$

Selanjutnya, parameter biaya satuan dari RW ke TPS (c_{ij}) dan biaya satuan dari TPS ke TPA (c_{jl}) dihitung dari nilai BAS_a dan BAS_b di atas dengan mempertimbangkan jarak tempuh riil dari RW ke TPS dan jarak tempuh riil TPS ke TPA yang diukur dengan GPS kemudian diolah dengan *software* ArcGIS. Sebaran lokasi 62 TPS dan satu TPA digambarkan pada gambar 2.



Gambar 2. Peta Lokasi TPS dan TPA

Sumber: DKP Kota Surakarta, Desember 2008

Keterangan :

- V0 : pool truk
- V1-V62 : Tempat Pembuangan Sementara (TPS)
- V63 : Tempat Pembuangan Akhir (TPA)

Variabel keputusan yang optimal (global), yaitu RW mana membuang sampah ke TPS mana dapat diperoleh dengan metode *branch-and-bound* dengan bantuan *software* Lingo 8.0. Dari hasil optimasi didapatkan usulan alokasi sampah wilayah (RW) ke TPS tahun 2009 dengan biaya pengangkutan sampah yang minimum seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Usulan Alokasi Sampah Wilayah (RW) ke TPS tahun 2009

No.	Nama TPS	Wilayah (RW) yang dilayani
1	Sampangan Barat	Pasar kliwon RW : 1, 2, 3, 4 Kedung lumbu RW : 1 Semanggi RW : 16, 17, 19, 20, 21
2	Sampangan Timur	Sangkrah RW : 8, 9, 10 Semanggi RW : 1, 2, 3, 22
3	Silir	Semanggi RW : 4, 5, 6, 10
4	Semanggi	Joyosuran RW : 2 Pasar kliwon RW : 12 Semanggi RW : 12, 13, 14, 15, 18
5	Hadijayan	Baluwanti RW : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 Gajahan RW : 1, 2, 3, 4, 9 Joyosuran RW : 1 Pasar kliwon RW : 6, 7, 8, 9, 10, 11 Danukusuman RW : 2, 3, 4
6	Sadinu	Keprabon RW : 1, 2, 3, 4, 5, 6 Setabelan RW : 7, 8, 9 Kampung baru RW : 1, 3, 4, 5 Kauman RW : 1, 3 Kemlayan RW : 1
7	Balai Kota	Kampung baru RW : 6 Kauman RW : 4, 5, 6 Kedung lumbu RW : 2, 4, 5, 6, 8 Pasar kliwon RW : 5
8	Joyotakan	Joyosuran RW : 5, 7, 9, 10, 11, 12 Joyotakan RW : 2, 3, 4, 5, 6
9	Dawung	Joyosuran RW : 6 Danukusuman RW : 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 Joyotakan RW : 1 Serengan RW : 11, 14, 15
10	Makam Bergolo	Serengan RW : 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13 Tipes RW : 10, 11
11	Tipes	Panularan RW : 2, 4 Tipes RW : 4, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15
12	Mugen Lepas	Gajahan RW : 5, 6, 7, 8 Danukusuman RW : 1 Jayengan RW : 9 Kratonan RW : 1, 2, 4, 5, 6 Serengan RW : 1, 2, 3, 4 Tipes RW : 5
13	Kartopuran	Panularan RW : 6, 8 Jayengan RW : 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 Kratonan RW : 3 Tipes RW : 1, 3
14	Mugono	Sriwedari RW : 2 Kauman RW : 2 Jayengan RW : 1 Kemlayan RW : 2, 3, 4, 5
15	SPSA	Manahan RW : 13 Jajar RW : 1 Kerten RW : 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
16	Panti Waluyo	Kerten RW : 1, 13 Pajang RW : 10, 11, 12
17	Norowangan	Karangasem RW : 1, 2 Pajang RW : 13, 16
18	Perum Becak	Karangasem RW : 3, 5, 6, 9

Lanjutan Tabel 1.

19	Sondakan Kuburan	Sondakan RW : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 15
20	Sondakan I	Sondakan RW : 9, 10, 11, 12, 13, 14
21	Pajang Rel	Pajang RW : 5, 6, 7, 8, 14
22	Pajang Gentan	Pajang RW : 1, 2, 3, 4
23	Mangkuyudan I	Bumi RW : 5, 6 Panularan RW : 1 Penumping RW : 4, 5 Purwosari RW : 1
24	Mangkuyudan II	Purwosari RW : 2, 4, 8
25	Mangkuyudan III	Bumi RW : 1, 2, 3, 4, 7 Purwosari RW : 3, 5, 6, 7
26	Brengosan	Purwosari RW : 9, 10, 11, 12, 13, 14 Sondakan RW : 1
27	Samsat	Jajar RW : 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 Karangasem RW : 4
28	Pramuka	Ketelan RW : 7, 8 Mangkubumen RW : 12, 13, 14 Punggawan RW : 5 Timuran RW : 1, 2, 3, 4, 5 Sriwedari RW : 4
29	Kreteg Bang	Mangkubumen RW : 3, 7 Punggawan RW : 2, 3, 4, 6
30	Sambeng	Gilingan RW : 1, 2, 3, 4, 7 Manahan RW : 1 Mangkubumen RW : 1, 2, 8
31	Tirtonadi	Gilingan RW : 5, 13, 14, 15 Nusukan RW : 18, 19
32	Depok	Manahan RW : 4, 5, 6, 7, 8
33	Dr. Yeni	Manahan RW : 2, 3 Nusukan RW : 6, 7, 8, 10 Sumber RW : 2, 3, 4
34	Manahan Jam	Sumber RW : 5, 6, 7, 8, 12
35	SSS	Manahan RW : 10, 11, 12
36	Sumber BK	Banyuanyar RW : 4, 5, 6, 9, 12 Sumber RW : 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17
37	Minapadi	Kadipiro RW : 16, 17 Nusukan RW : 1, 2, 3, 4, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17
38	Bonoloyo	Kadipiro RW : 4, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 22, 23, 24, 25, 26
39	Ngemplak	Gilingan RW : 17 Kadipiro RW : 18, 19, 20 Nusukan RW : 20, 21, 22, 24
40	BKIA	Gilingan RW : 12 Setabelan RW : 1, 2, 3, 4, 5, 6 Kepatihhan Kulon RW : 1, 2
41	Hotel DS	Kestalan RW : 1 Ketelan RW : 4, 5, 6, 9
42	Marconi	Gilingan RW : 6, 8, 9, 10, 11 Kestalan RW : 2, 3, 4, 5, 6 Ketelan RW : 1, 2, 3 Punggawan RW : 1
43	Turisari	Manahan RW : 9 Mangkubumen RW : 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11 Penumping RW : 1
44	Ringin Semar	Gilingan RW : 16, 18, 19, 20 Jebres RW : 1, 2, 3, 4, 30 Tegalharjo RW : 2, 3, 4, 5, 6

Lanjutan Tabel 1.

45	RC	Jebres RW : 28, 29, 32 Mojosongo RW : 2, 7, 8, 9, 35
46	UNS Cargo	Jebres RW : 5, 6, 9, 10, 11, 12, 23, 24, 25, 26, 27, 28
47	UNS	Jebres RW : 17, 18, 19, 20, 21, 22
48	Jurug	Jebres RW : 14, 15, 16, 36
49	Sariwarna	Jagalan RW : 8, 9, 10, 11, 12 Jebres RW : 7, 8, 13 Pucangsawit RW : 2, 3, 11, 14, 15
50	Jurnasan	Pucangsawit RW : 1, 9, 10
51	Nlipakan	Jagalan RW : 14, 15 Pucangsawit RW : 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13 Sewu RW : 1, 2, 3, 5, 6
52	Tanggul	Gandekan RW : 1, 3, 9 Jagalan RW : 13 Sewu RW : 4, 7, 8, 9 Sangkrah RW : 1, 2, 6, 7, 11, 12, 13
53	Batoar	Jagalan RW : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Purwodiningratan RW : 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
54	PT. King	Kepatihan wetan RW : 1, 2 Kepatihan kulon RW : 3 Purwodiningratan RW : 2, 3 Sudiroprajan RW : 6, 7, 8, 9 Kampung baru RW : 2
55	Mojosongo	Kadipiro RW : 21, 27 Mojosongo RW : 12, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 27, 31, 32
56	Kerkop	Gandekan RW : 2, 4, 5, 6, 7, 8 Purwodiningratan RW : 1 Sudiroprajan RW : 1, 2, 3, 4, 5 Kedung lumbu RW : 3, 7 Sangkrah RW : 3, 4, 5
57	Panti Kosala	Gilingan RW : 21 Nusukan RW : 23 Jebres RW : 31, 33, 34, 35 Mojosongo RW : 1, 3, 4, 5, 6 Tegalharjo RW : 1
58	Silir Baru	Joyosuran RW : 3, 4, 8 Semanggi RW : 7, 8, 9, 11, 23 Joyosuran RW : 9
59	Sondakan II	Laweyan RW : 1, 2, 3 Pajang RW : 9, 15
60	Ken Dedes	Karangasem RW : 7, 8
61	Sriwedari	Panularan RW : 3, 5, 7 Penumping RW : 2, 3, 6 Sriwedari RW : 1, 3, 5, 6 Kemlayan RW : 6 Tipen RW : 2
62	Komplang	Banyuanyar RW : 1, 2, 3, 7, 8, 10, 11 Kadipiro RW : 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9 Nusukan RW : 5 Sumber RW : 1
63	TPA Putri Cempo	Mojosongo RW : 10, 11, 16, 17, 18, 19, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 33, 34

Dari hasil *running* optimasi *software Lingo 8.0* di atas, didapatkan total biaya pengangkutan sampah dari rumah tangga (wilayah/RW) sampai TPA sebesar Rp. 18.080.030,00/hari. Sementara kebijakan alokasi sekarang yang berdasarkan kelurahan menghasilkan biaya Rp. 19.107.310,53/hari.

4. Kesimpulan Dan Saran

Model alokasi sampah dari wilayah (RW) ke TPS di kota Surakarta dengan menggunakan *integer linear programming* mampu meminimasi biaya pengangkutan sampah menjadi sebesar Rp. 18.080.030,00/hari dari biaya pengangkutan sampah sekarang sebesar Rp. 19.107.310,53/hari dengan penghematan sebesar Rp. 1.027.280,53/hari atau 5,38%. Selain itu, dengan model ini, beban sampah setiap TPS menjadi lebih merata dan tidak melebihi kapasitasnya dengan rata-rata persentase utilitas sebesar 84,19% dengan simpangan baku 22% sementara sistem sekarang memiliki simpangan baku 59% (sangat tidak merata beban setiap TPS).

Penelitian ini berasumsi bahwa truk mengangkut sampah dari satu TPS langsung menuju TPA dan akan kembali lagi ke TPS tersebut jika sampah masih tersisa tanpa singgah ke TPS lain. Untuk penelitian lebih lanjut dapat dikembangkan model yang mengintegrasikan penentuan alokasi dan *routing* pengangkutannya sehingga biaya pengangkutan dapat lebih diminimumkan lagi.

Daftar Pustaka

- Bahar, Yul H. (1985). *Teknologi Penanganan dan Pemanfaatan Sampah*. Jakarta : PT. Waca Utama Pramesti.
- Bautista, J. and Pereira, J. (2006). Modeling the problem of locating collection areas for urban waste management: an application to the metropolitan area of Barcelona. *Omega*, 34, 617-629.
- Boffey, T.B., Mesa, J.A. and Rodrigues, J.I. (2008). Locating a low-level waste disposal site. *Computers&Operations Research*, 35, 701-716.
- BSN. (2005). "Revisi SNI 03-3242-1994." *Tata Cara Pengelolaan Sampah di Permukiman*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Dinas Kependudukan dan Capil. (2008). *Laporan Monografi Dinamis Kota Surakarta*. Surakarta : Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil.
- DKP. (2008). *Laporan Pekerjaan Inventarisasi Timbulan Sampah Kota Surakarta Tahun Anggaran 2008*. Surakarta : Dinas Kebersihan dan Pertamanan.
- Erkut, E., Karagiannidis, A., Perkoulidis, G. and Tjandra, S.A. (2008). A multicriteria facility location model for municipal solid waste management in North Greece. *European Journal of Operational Research*, 187,1402 – 1421.
- Winston, W.L. (2004). *Operation Research:application and algorithms*, 4th edition. Brooks/cole-Thomson Learning, Belmont, California.