

## Usulan Kebijakan Logistik Pengelolaan Sampah di Kota Padang: Lessons Learnt Penentuan Lokasi dan Rute Pengangkutan Sampah

Sabda Alfath<sup>1</sup>, Rika Ampuh Hadiguna<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Andalas  
Kampus Limau Manih, Padang, 25163  
Email: hadiguna@ft.unand.ac.id

(Received: 2 April 2015; Revised: 15 Juni 2015; Accepted: 27 Juni 2015)

### ABSTRAK

Pengelolaan sampah harus memperhatikan aliran sampah dan aliran informasi sebagai satu kesatuan. Konektivitas kedua aliran ini membentuk sebuah jaringan logistik persampahan. Di Kota Padang, Tempat Pengumpulan Sampah (TPS) belum optimal konektivitasnya dalam sebuah sistem transportasi sehingga berdampak terhadap pola pengangkutan sampah ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Tujuan studi ini adalah mengusulkan rancangan kebijakan jaringan logistik pengelolaan persampahan yang terdiri dari dua sasaran, yaitu: menentukan letak TPS pada setiap kelurahan di Kota Padang dan menentukan rute transportasi pengangkutan sampah dari TPS menuju ke TPA. Analytical Hierarchy Process (AHP) diterapkan sebagai metode yang digunakan untuk memilih lokasi TPS dan penentuan rute pengangkutan sampah menggunakan Vehicle Routing Problem (VRP) untuk rute dari TPS ke TPA. Hasil studi adalah model kebijakan logistik pengelolaan persampahan pada level operasional, taktikal dan strategis secara berjenjang. Pada level operasional, studi ini telah berhasil membangun formulasi matematik untuk penentuan rute pengangkutan sampah dari lokasi TPS menuju TPA. Level kebijakan taktikal adalah penentuan kebutuhan banyak truk, sedangkan kebijakan strategis adalah mengusulkan lokasi-lokasi TPS dengan pendekatan klaster wilayah pelayanan.

**Kata Kunci:** kebijakan, logistik, lokasi, pengangkutan, persampahan, rute

### ABSTRACT

*Rubbish management should manage the material and information flows as a whole. Connectivity both these streams was become a waste logistics network. In Padang, the Rubbish Collection Location (TPS) is not optimal in term of transportation connectivity that resulting impact the pattern of transporting rubbish to landfill (TPA). Study objective is propose the design of rubbish logistics network policy, namely: determining the TPS location in every village and determine the vehicle routing from TPS to the landfill. Analytical Hierarchy Process (AHP) is applied as the method be used to select the location of the polling stations and transportation routing is determined using the Vehicle Routing Problem (VRP) for the route from TPS to TPA. Sstudy results was a model of rubbish management logistics policy at the operational, tactical and strategic simultaneously. At the operational level, this study has proposed to build a mathematical formulation to determine transportation from the TPS location to the TPA landfill. Tactical policy level is to determine number of trucks, while the strategic policy is proposed locations of TPA with the cluster based service areas.*

**Keywords:** location, logistics, policy, routing, rubbish, transportation

---

#### Corresponding Author:

Rika Ampuh Hadiguna,  
Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik,  
Universitas Andalas,  
Email: hadiguna@ft.unand.ac.id

---

### Pendahuluan

Pengelolaan sampah sudah menjadi salah satu permasalahan yang harus dihadapi masyarakat perkotaan. Kegiatan utama pengelolaan sampah adalah memindahkan sampah dari sumber ke tempat pembuangan sampah yang telah ditetapkan. Penanganan ini membutuhkan sebuah sistem yang baik karena sampah bersifat massive dan ancaman bagi kesehatan

masyarakat umum. Sistem makro telah diatur dalam berbagai peraturan diantaranya UU Nomor 18 Tahun 2008 tentang pengelolaan sampah di Indonesia.

Permasalahan dalam pengelolaan sampah ini juga terjadi di Kota Padang. Sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku maka Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP) Kota Padang merupakan stakeholder kebersihan di Kota Padang. DKP memiliki tanggung jawab untuk menjaga kebersihan kota dengan luas wilayah mencapai 694.96 km<sup>2</sup>, luas wilayah

kota tersebut terdiri atas 11 Kecamatan yang didalamnya terdapat 104 Kelurahan. Pada kenyataannya hanya ada 4 kecamatan dari 11 kecamatan yang baru terlayani dengan baik. Hal ini mengindikasikan bahwa tanggung jawab DKP tersebut belum mampu dilaksanakan sepenuhnya, sehingga DKP hanya mampu memberikan pelayanan sebesar 62.98% dari seluruh masyarakat. Dengan kata lain, terdapat 37.02% masyarakat Kota Padang yang belum merasakan pelayanan dalam pengelolaan sampah tersebut.

Peningkatan pelayanan terhadap pengangkutan sampah adalah meningkatkan efektivitas transportasi dari daerah pemukiman ke tempat pembuangan akhir. Salah satu permasalahan adalah meningkatkan efektivitas logistik sampah. ini diperkirakan timbul karena belum maksimalnya fungsi TPS pada suatu tempat di suatu regional yang berdampak juga terhadap sistem transportasi sekarang. Keadaan ini terbentuk akibat pola penempatan TPS yang beroperasi saat ini yang perlu dievaluasi atau bahkan diganti. Untuk itu diperlukan sebuah kebijakan alternatif atau usulan dengan pendekatan manajemen logistik yang bertujuan merancang sebuah sistem logistik dan transportasi sampah di Kota Padang. Harapannya adalah kegiatan transportasi sampah dari TPS ke TPA dapat diterapkan pada seluruh wilayah Kota Padang dengan sebuah standarisasi yang lebih baik.

Tujuan studi adalah mengusulan rancangan kebijakan jejaring logistik sampah di Kota Padang, yang terdiri dari dua sasaran, yaitu: (1) menentukan letak TPS pada setiap kelurahan di Kota Padang; (2) membuat rute transportasi alat angkutan sampah dari TPS menuju ke TPA. Selain itu, studi ini juga menganalisis manfaat penerapan sistem baru terhadap sistem sekarang.

Pengelolaan persampahan merupakan bagian dari manajemen rantai pasok dan logistik *green*. Beberapa penelitian yang mengkaji permasalahan ini antara lain Huang et al. [5] dan Zhu et al. [8] telah melakukan kajian praktik rantai pasok *green* di Cina, sedangkan Lee et al. [6] membahas sektor industri elektronik di Korea. Zhu et al. [9] juga telah menganalisis praktik rantai pasok *green* terhadap power industries, chemical/petroleum, electrical/electronic dan automobile. Studi terhadap pengaruh praktik rantai pasok *green* terhadap kinerja perusahaan di US [4]. Eltayeb et al. [3] membahas prakarsa rantai pasok hijau di perusahaan-perusahaan Malaysia.

Disamping itu, strategi *green* tidak terlepas dari peran pemerintah. Sheu [7] membahas negosiasi *reverse logistics* untuk perjanjian kerjasama dibawah pengawasan pemerintah. Peran pemerintah untuk sukses praktik *green supply chain management* juga disarankan oleh Andiç et al. [1]. Chen et al. [2] telah mengusulkan beberapa strategi bisnis rantai pasok *green*. Berbagai penelitian rantai pasok *green* ini menunjukkan berbagai masalah pada level operasional, taktikal dan strategis.

### Metode Penelitian

Objek dari penelitian ini adalah pengelolaan sampah dari masyarakat di Kota Padang. Pengumpulan

data melalui pengamatan langsung di lapangan, wawancara, dan diskusi dengan berbagai pihak yang berkompeten. Data ini terkait dengan keadaan jalan yang akan dilalui, jarak tempuh dari jalan yang dilalui, kandidat-kandidat lokasi yang dapat dijadikan TPS setiap kelurahan di Kota Padang dan data harga jual beberapa jenis sampah yang dapat didaur ulang. Data lainnya erkait dengan gambaran umum sistem pengelolaan sampah Kota Padang, data jumlah kendaraan angkutan sampah dan spesifikasinya, data jumlah penduduk setiap kelurahan di Kota Padang dan berbagai macam standarisasi yang terkait dengan pengelolaan sampah.

Beberapa metoda yang digunakan dalam penelitian ini adalah Analytical Hierarchy Process (AHP) yang digunakan untuk memilih lokasi TPS dari kandidat-kandidat lokasi yang telah ditentukan sebelumnya. Vehicle Routing Problem (VRP) untuk menentukan rute dari pengangkutan sampah. Analisis nilai-manfaat atau *benefit-cost analysis* (B/C analysis) yang digunakan untuk menganalisis kebijakan.

### Hasil dan Pembahasan

Pemilihan lokasi fasilitas TPS dilakukan dengan menggunakan teknik AHP. Tabel 1 dibawah ini adalah lokasi terpilih yang dijadikan TPS yang digunakan pada rancangan sistem logistik persampahan di Kota Padang.

Tabel 1. Lokasi TPS

No	Nama Fasilitas	Alamat
1	TPA	Jalan Air Dingin (TPA Air Dingin)
2	TPS 1	Di 300 m jalan Musi dari arah jalan Ir. Juanda
3	TPS 2	Di jalan Muaro (200 m sebelum LAPAS ke arah jalan Nipah)
4	TPS 3	Di perempatan jalan Bukit Kuranji dengan jalan Silungkang
5	TPS 4	Di 200 m jalan Banjir Kanal setelah jembatan lintas dekat Masjid Ar-Rahman ke arah Andalas
6	TPS 5	Di 300 m jalan Aur Duri Indah IX dari arah jalan Aur Duri Indah Raya
7	TPS 6	Di 300 m jalan Polonia dari arah jalan Tunggul Hitam
8	TPS 7	Di 150 m jalan Ujung Padang dari arah jalan Jhoni Anwar
9	TPS 8	Di 200 m jalan Gunung Sago dari Gajah Mada (tikungan ke-1 ke kanan)
10	TPS 9	Di 300 m jalan Perum Jondul Rawang dari arah jalan Sutan Syahrir
11	TPS 10	Di 50 m sebelum simpang jalan Batang Arau dengan jalan Kelenteng 1 dari arah Muaro
12	TPS 11	Di 500 m jalan Baru dari arah jalan Raya Padang-Solok
13	TPS 12	Di 3700 m jalan Baringin Tarantang dari arah jalan Bypass
14	TPS 13	Di 700 m jalan Raya Ulu Gadut setelah RSJ H.B Sa'anin dari arah jalan Raya Padang-Solok
15	TPS 14	Di perempatan ke-1 dari kampus UNAND ke arah Kota
16	TPS 15	Di 50 m jalan M. Hatta sebelum SMP 10 ke arah UNAND
17	TPS 16	Di 800 m jalan Karang Ganting dari arah jalan M.Yunus
18	TPS 17	Di 1100 m jalan Raya Kuranji sebelum akses masuk utama Perum
19	TPS 18	Di 300 m jalan perum Tarok dari jalan Raya Gunung Sarik
20	TPS 19	Di 2500 m jalan Berlian Raya dari arah simpang jalan Arai Pinang dengan jalan Bypass
21	TPS 20	Di 1700 m jalan Raya Pampangan dari arah jalan Bypass
22	TPS 21	Di 400 m jalan Piai Tengah dari arah jalan Bypass
23	TPS 22	Di 200 m jalan Aru dari gerbang utama UPI ke arah Marapalam
24	TPS 23	Di 3400 m jalan Raya Padang-Painan sebelum Stasiun Minyak milik Pertamina dari arah Kota
25	TPS 24	Di 2400 m jalan Raya Balai Gadang dari arah jalan Bypass
26	TPS 25	Di 300 m jalan Batipuh Panjang dari arah jalan Adinegoro
27	TPS 26	Di 600 m jalan Adinegoro Dalam dari arah jalan Adinegoro
28	TPS 27	Di 500 m jalan Bungo Pasang dari arah jalan Adinegoro
29	TPS 28	Di 200 m jalan Parupuk Tabing dari arah jalan Prof. Hamka
30	TPS 29	Di 50 m setelah perempatan jalan Pondok Kopi dengan jalan Wirasakti 1 dari arah Pasar Nanggalo (di area kompleks Kompi-C)
31	TPS 30	Di 100 m jalan Utama Arai Pinang setelah Kantor Lurah Tabing Banda Gadang dari arah jalan Penjernihan

Selanjutnya, rancangan jaringan logistik yang diusulkan membagi Kota Padang kedalam dua wilayah pelayanan yang dilayani oleh dua armada alat angkut sampah berbeda. Kota Padang dalam rancangan ini memiliki 30 fasilitas TPS tipe 1 dan 1 fasilitas TPA pada 31 lokasi yang berbeda. Sedangkan alat angkut sampah yang dibahas dalam penelitian ini terdiri atas dua jenis, yaitu dump truck dan armroll truck. Penelitian ini membagi dua jenis alat angkut sampah ini dalam dua wilayah pelayanan yang berbeda. Pembagian wilayah pelayanan berdasarkan alat angkut dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Kebijakan pembagian wilayah pelayanan berdasarkan jenis alat angkut sampah

No	Kapasitas Alat Angkut	Jumlah Kendaraan	Total Kapasitas Setiap Armada	Persentase dari Total Kapasitas Seluruh Armada	Jumlah Ideal Sampah yang Dapat Ditransportasikan	Alokasi Daerah Pelayanan	Jumlah Standar Timbulan Sampah	Jumlah TPS yang Harus Dilayani
1	6 m <sup>3</sup>	24	144	52,55%	1.350.893	Kecamatan Padang Barat	184,31	2
						Kecamatan Padang Timur	261,52	3
						Kecamatan Padang Utara	228,98	3
						Kecamatan Padang Selatan	190,04	2
						Kecamatan Lubuk Begalung	319,92	4
						Kecamatan Nanggalo	176,40	2
Jumlah							1.361,17	16
2	10 m <sup>3</sup>	13	130	47,45%	1.219.557	Kecamatan Koto Tengah	484,40	5
						Kecamatan Bungus Teluk Kabung	72,35	1
						Kecamatan Kuranji	360,93	4
						Kecamatan Pauh	161,01	2
						Kecamatan Lubuk Kilangan	130,60	2
Jumlah							1.209,28	14

Lokasi-lokasi TPS dan alokasi pengangkutan menjadi bagian penting dalam perumusan model matematik penentuan rute pengangkutan sampah. Adapun variabel-variabel yang digunakan dalam model sebagai berikut:

$$x_i \begin{cases} 1 & ; supply > 0 \\ 0 & ; supply = 0 \end{cases} \quad (1)$$

$x_{ij}$  merupakan variabel keputusan dari formulasi matematis yang dirumuskan. Variabel keputusan ini juga diterjemahkan dalam bentuk bilangan biner. *Supply* merupakan jumlah timbulan sampah yang ada di fasilitas TPS sedangkan  $S'$  merupakan *supply* sampah untuk skema satu dan  $S''$  merupakan *supply* sampah untuk skema dua. Perhitungan  $S'$  dan  $S''$  mengikuti aturan berikut ini:

$$S' = \left\{ \text{int}, 0 \right\} \left( \frac{\text{supply}}{\text{kapasitas}} \right) \times \text{supply} \quad (2)$$

$$S'' = \text{supply} - S' \quad (3)$$

$Ak(a)$  merupakan jumlah isi bak alat angkut sampah saat berada pada suatu fasilitas TPS ( $a$ ).  $i, j$  dan  $k$  secara berturut-turut merupakan indeks yang digunakan untuk menyatakan truk, ritasi, dan fasilitas yang ada dalam rancangan untuk skema pengurangan timbulan sampah.  $i$  dan  $j$  secara berturut-turut merupakan indeks yang digunakan

untuk menyatakan asal dan tujuan sebuah alat angkut sampah yang ada dalam rancangan untuk skema manajemen pergerakan.  $d$  merupakan jarak tempuh untuk masing-masing fasilitas.  $M$  merupakan simbol yang menyatakan nilai dari kapasitas alat angkut sampah.

#### Model 1: Skema Pengurangan Timbulan Sampah

Skema pengurangan timbulan sampah bertujuan mengurangi jumlah timbulan sampah pada fasilitas TPS dengan menjamin bak alat angkutan sampah selalu terisi penuh ketika meninggalkan fasilitas TPS. Skema ini dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^p d_{ijk} \cdot x_{ijk} \quad (4)$$

Kendala pertama adalah semua alat angkut untuk setiap ritasi diharuskan menuju TPS, dan satu fasilitas TPS dapat dilayani oleh beberapa alat angkut sampah, secara matematis dapat dituliskan:

$$\sum_{k=1}^p x_{ijk} = 1 \quad i = 1, \dots, n ; j = 1, \dots, m \quad (5)$$

Kendala kedua adalah kendaraan yang ditugaskan dari *pool* kendaraan harus menuju ke fasilitas TPS yang berbeda untuk meminimalkan kesenjangan total jarak tempuh kendaraan dalam satu armada.

$$\sum_{k=1}^p x_{ijk} \leq 1 ; \quad i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, m \quad (6)$$

Kendala ketiga adalah kendaraan yang ditugaskan secara keseluruhan harus memiliki total angkatan sampah yang lebih besar dibandingkan dengan *supply* sampah yang ada sehingga seluruh potensi timbulan sampah pada suatu fasilitas TPS dapat terangkat seluruhnya, secara matematis dapat dituliskan:

$$M \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ijk} \geq S'_k ; \quad k = 1, \dots, p \quad (7)$$

Kendala keempat adalah seluruh timbulan sampah yang dihasilkan oleh masyarakat kota Padang setiap harinya harus diangkat oleh seluruh kendaraan yang ditugaskan dari *pool*. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sum_{k=1}^p S'_k \leq M \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^p x_{ijk} \quad (8)$$

#### Model 2: Pergerakan Alat Angkut Sampah

Skema ini bertujuan mengangkut seluruh timbulan sampah yang ada pada fasilitas TPS. Orientasi pada skema ini adalah fasilitas TPS yang dikunjungi alat angkut sampah tidak memiliki timbulan sampah lagi ketika alat angkut sampah

tersebut meninggalkan fasilitas TPS. Maka dari itu, skema ini menimbulkan akibat yang berupa kemungkinan bak alat angkut sampah tidak terisi penuh ketika meninggalkan fasilitas TPS yang harus dilayani karena jumlah timbulan sampah kecil dari kapasitas bak *truck*. Disamping itu juga, skema ini juga menimbulkan kemungkinan bagi alat angkut sampah untuk melayani fasilitas TPS lain dalam satu ritasi dari fasilitas TPA ke fasilitas TPA kembali, karena bak alat angkut sampah masih dapat mengangkat sisa timbulan sampah yang terdapat di fasilitas TPS lain yang bukan merupakan tujuan pertama dari fasilitas TPA. Secara matematis dapat dituliskan:

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d_{ij} \cdot x_{ij} \quad (9)$$

Kendala pertama adalah mensyaratkan setiap alat angkut sampah mengunjungi suatu fasilitas dari berbagai fasilitas didalam sistem, secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j = 1, \dots, n \quad (10)$$

Kendala kedua adalah mensyaratkan setiap alat angkut sampah meninggalkan suatu fasilitas untuk mengunjungi berbagai fasilitas didalam sistem, secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1 \quad \forall i = 1, \dots, m \quad (11)$$

Notasi  $A_k$  menjadi parameter akumulasi isi bak kendaraan yang dibawa oleh sebuah alat angkut sampah dalam 1 ritasi pada skema manajemen pergerakan. Secara teoritis,  $A_k$  akan selalu lebih kecil atau sama dengan kapasitas alat angkut sampah, secara matematis dapat dituliskan:

$$A_k(a) \leq M \quad (12)$$

Secara matematis, akumulasi isi bak kendaraan ini dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\left( \sum_{i=1}^n A_{kij} - \sum_{i=1}^n A_{kji} \right) = S''(a) \quad \forall j = 1, \dots, m \quad (13)$$

Persamaan (12) memberikan kemungkinan semua fasilitas dapat dilayani oleh setiap alat angkut sampah. Untuk mengetahui jumlah akumulasi kendaraan pada sebuah fasilitas dan mengakomodasi persamaan (12) yang menyatakan jumlah akumulasi terbesar adalah kapasitas, maka jumlah  $A_k$  alat angkut sampah pada suatu fasilitas secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$A_{kij} \leq M * (x_{ij}) \quad \forall i = 1, \dots, n; \quad \forall j = 1, \dots, m \quad (14)$$

Setiap kendaraan hanya dapat melayani fasilitas yang belum dilayani oleh alat angkut sampah yang lain. Dari kondisi ini akan terbentuk sebuah lintasan yang tidak terdapat perulangan kendaraan melayani tempat yang sama. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^n x_{i1} = \sum_{j=1}^m x_{1j} \quad (15)$$

Model yang dijelaskan berperan sebagai *tool* untuk menganalisis berbagai kebijakan logistik pengelolaan sampah yang diusulkan. Hasil penerapan model penentuan rute transportasi yang harus dilalui oleh setiap alat angkut sampah setiap harinya. Sistem yang dirancang ini merupakan sistem yang deterministik dan sangat kaku dari segi fleksibilitas dinamika sistem yang sebenarnya. Interpretasi hasil ini bersifat membantu teknis pelaksanaan rancangan sistem tetapi tidak dapat mengurangi kekakuan sistem. Tabel 3 hingga Tabel 6 secara berturut-turut merupakan interpretasi hasil skema pengurangan timbulan sampah kendaraan armroll truck, interpretasi hasil skema manajemen kendaraan armroll truck, interpretasi hasil skema pengurangan timbulan sampah kendaraan dump truck dan interpretasi hasil skema manajemen kendaraan dump truck secara berturut-turut.

Tabel 3. Rute skema pengurangan timbulan sampah kendaraan ke 1 dari jenis *Armroll Truck*

Truk ke-	Trip	Tujuan	Rute
1	Trip 1	TPS 2	TPA - jalan TPA Air Dingin - jalan Raya Balai Gadang - Jalan Raya Lubuk Minturun - jalan Bypass - jalan Raya Siteba - jalan Gajah Mada - jalan Jati - jalan Kis Mangunsarkoro - jalan Ujung Gurun - jalan Veteran - jalan Olo Ladang - jalan Samudra - jalan Muaro - TPS 2
	Trip 2	TPS 21	TPA - jalan TPA Air Dingin - jalan Raya Balai Gadang - jalan Lubuk Minturun - jalan Bypass - jalan Raya Ribo Datar - jalan Piai Tengah - TPS 21
	Trip 3	TPS 1	TPA - jalan TPA Air Dingin - jalan Raya Balai Gadang - Jalan Raya Lubuk Minturun - jalan Bypass - jalan Raya Kampung Kalawi - jalan K.H Dahlan - jalan Raden Saleh - jalan Rimbo Kaluang - jalan Musi - TPS 1
	Trip 4	TPS 8	TPA - jalan TPA Air Dingin - jalan Raya Balai Gadang - jalan Lubuk Minturun - jalan Bypass - jalan Raya Ampang - jalan Gajah Mada - jalan Gunung Sago - TPS 8
	Trip 5	TPS 29	TPA - jalan TPA Air Dingin - jalan Raya Balai Gadang - Jalan Raya Lubuk Minturun - jalan Bypass - jalan Raya Siteba - jalan Pondok Kopi - TPS 29

Tabel 4. Rute skema manajemen pergerakan kendaraan ke 1 dari jenis *Armroll Truck*

Truk ke-	Asal	Tujuan	Rute
1	TPA	TPS 1	TPA - jalan TPA Air Dingin - jalan Raya Balai Gadang - Jalan Raya Lubuk Minturun - jalan Bypass - jalan Raya Kampung Kalawi - jalan K.H Dahlan - jalan Raden Saleh - jalan Rimbo Kaluang - jalan Musi - TPS 1
	TPS 1	TPS 3	TPS 1 - jalan Musi - jalan Rimbo Kaluang - jalan Batang Kampar - jalan Rasuna Said - jalan Kis Mangunsarkoro - jalan Bukit Kuranji - TPS 3
	TPS 3	TPA	TPS 3 - jalan Bukit Kuranji - jalan Kis Mangunsarkoro - jalan Jati - jalan Gajah Mada - jalan Raya Siteba - jalan Bypass - Jalan Raya Lubuk Minturun - jalan Raya Balai Gadang - jalan TPA Air Dingin - TPA

Tabel 5. Rute skema pengurangan timbulan sampah kendaraan ke 1 dari jenis *dump truck*

Truk ke-	Trip	Tujuan	Rute
1	Trip 1	TPS 13	TPA - jalan TPA Air Dingin - jalan Raya Balai Gadang - jalan Lubuk Minturun - jalan Bypass - jalan Raya Indarung - jalan Raya Ulu Gadut - TPS 13
	Trip 2	TPS 26	TPA - jalan TPA Air Dingin - jalan Raya Balai Gadang - jalan Raya Parak Buruk - jalan Bypass - jalan Anak Air - jalan Adinegoro - jalan Adinegoro Dalam - TPS 26

Langkah berikutnya adalah menganalisis beberapa alternatif kebijakan strategis untuk mencapai tingkat efektivitas dari penentuan rute pengangkutan sampah. Penelitian ini merumuskan kebijakan untuk menjamin efektivitas rute transportasi pengangkutan sampah. Analisis kebijakan menerapkan benefit cost ratio. Langkah-langkah benefit-cost analysis yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Mendefinisikan alternatif yang dapat diimplementasikan
2. Menentukan biaya yang harus dikeluarkan untuk masing-masing alternatif
3. Mendefinisikan sistem nyata sebagai alternatif pembanding
4. Menentukan horizon perencanaan dari proyek
5. Menentukan indikator-indikator moneter yang digunakan
6. Menghitung nilai keuntungan dari sampah yang dikelola dengan baik
7. Menghitung biaya-biaya lain yang timbul akibat penerapan sistem
8. Menghitung benefit-cost ratio

Tabel 6. Rute skema manajemen pergerakan kendaraan ke 1 dari jenis *dump truck*

Truk ke-	Asal	Tujuan	Rute
1	TPA	TPS 13	TPA - jalan TPA Air Dingin - jalan Raya Balai Gadang - jalan Lubuk Minturun - jalan Bypass - jalan Raya Indarung - jalan Raya Ulu Gadut - TPS 13
	TPS 13	TPS 11	TPS 13 - jalan raya Ulu Gadut - jalan raya Indarung - jalan Baru PT.SP - TPS 11
	TPS 11	TPA	TPS 11 - jalan Baru PT. SP - jalan Raya Indarung - jalan Bypass - jalan Lubuk Minturun - jalan Raya Balai Gadang - jalan TPA Air Dingin - TPA
	TPA	TPS 13	TPA - jalan TPA Air Dingin - jalan Raya Balai Gadang - jalan Lubuk Minturun - jalan Bypass - jalan Raya Indarung - jalan Raya Ulu Gadut - TPS 13

Penelitian ini mengembangkan lima alternatif yang terdiri dari satu sistem sekarang dan empat alternatif yang memerlukan investasi tambahan karena sering kali terdapat banyak alternatif untuk menyelesaikan suatu masalah, begitu juga pada penyelesaian masalah ini. Alternatif-alternatif tersebut adalah:

1. Kapasitas daya alat angkut sampah tidak diubah, hanya penerapan dari sistem sekarang yang diatur kembali.
2. Menambah kapasitas daya alat angkut sampah dengan membeli alat angkut sampah yang baru.

3. Menambah kapasitas daya alat angkut sampah dengan mengontrak kendaraan dari pihak lain untuk dijadikan alat angkut sampah.
4. Menambah kapasitas daya alat angkut sampah dengan mengontrak kendaraan dari pihak lain dan membeli kendaraan baru untuk dijadikan alat angkut sampah.

Biaya-biaya yang ditimbulkan akibat penerapan sistem untuk keseluruhan alternatif dihitung berdasarkan total investasi tambahan. Secara umum, alternatif-alternatif yang disebutkan diatas dapat dibagi kedalam 2 kategori. Kategori pertama adalah alternatif yang tidak perlu investasi tambahan untuk melaksanakan sistem tersebut atau dengan kata lain, total investasi tambahan yang diberikan bernilai nol. Sedangkan kategori kedua adalah alternatif yang perlu investasi tambahan untuk melaksanakan sistem tersebut. Alternatif 1 digolongkan kepada kategori pertama dan alternatif 2, 3 dan 4 digolongkan pada kategori kedua. Karena alternatif 2, 3 dan 4 yang digolongkan dalam kategori 2 memiliki perbedaan total nilai investasi, maka perlu dihitung terlebih dahulu nilai investasi yang diberikan dan manfaat yang didapatkan sebelum ditentukan solusi dari kategori ini. Perbedaan tersebut terletak pada total nilai investasi yang harus diberikan untuk mendapatkan kekurangan alat angkut sampah. Perhitungan nilai investasi pengadaan alat angkut sampah dari masing-masing alternatif ini meliputi beberapa hal, seperti harga pengadaan, tipe kendaraan, serta beberapa komponen biaya yang relevan dengan masalah ini.

Tabel 7. Alternatif 1 berdasarkan proyeksi timbulan sampah

No	Nama Fasilitas	Jarak dari TPA (m)	Beban Timbulan Sampah (m <sup>3</sup> )	Alokasi Kendaraan Untuk Mengangkut Timbulan Sampah	Sisa Timbulan Sampah (m <sup>3</sup> )	Keterangan	Total Jarak Tempuh Kendaraan (m)
1	TPS 6	14,500	76.33	12 Ritasi	4.33	TPS buffer sepenuhnya, jarak dari pool kendaraan 12000 m	327,000
2	TPS 29	15,300	88.20	14 Ritasi	4.20	TPS buffer untuk 12 ritasi pertama, jarak dari pool kendaraan 10200 m	376,200
3	TPS 3	16,400	87.17	14 Ritasi	3.17		468,200
4	TPS 8	16,700	76.33	12 Ritasi	4.33		409,800
5	TPS 7	17,200	76.33	12 Ritasi	4.33		421,800
6	TPS 1	17,400	92.16	15 Ritasi	2.16		531,000
7	TPS 4	17,900	87.17	14 Ritasi	3.17		510,200
8	TPS 9	17,900	95.02	15 Ritasi	5.02		546,000
9	TPS 22	18,100	79.98	12 Ritasi	7.98		443,400
10	TPS 21	18,800	79.98	0 Ritasi	79.98		0
11	TPS 30	19,400	88.20	0 Ritasi	88.20		0
12	TPS 2	22,800	92.16	0 Ritasi	92.16		0
13	TPS 5	23,000	87.17	0 Ritasi	87.17		0
14	TPS 19	24,300	79.98	0 Ritasi	79.98		0
15	TPS 20	25,700	79.98	0 Ritasi	79.98		0
16	TPS 10	27,300	95.02	0 Ritasi	95.02		0
Total				120 Ritasi	641.17		4,033,600
17	TPS 24	4,600	96.88	9 Ritasi	6.88	TPS buffer sepenuhnya, jarak dari pool kendaraan 5500 m	99,900
18	TPS 25	9,200	96.88	9 Ritasi	6.88	TPS buffer sepenuhnya, jarak dari pool kendaraan 6200 m	147,600
19	TPS 27	9,800	96.88	8 Ritasi	16.88		165,800
20	TPS 26	11,700	96.88	0 Ritasi	96.88		0
21	TPS 17	12,900	90.23	0 Ritasi	90.23		0
22	TPS 18	13,800	90.23	0 Ritasi	90.23		0
23	TPS 28	17,200	96.88	0 Ritasi	96.88		0
24	TPS 15	17,700	90.23	0 Ritasi	90.23		0
25	TPS 16	17,900	90.23	0 Ritasi	90.23		0
26	TPS 14	20,700	80.50	0 Ritasi	80.50		0
27	TPS 12	22,500	65.30	0 Ritasi	65.30		0
28	TPS 13	26,400	80.50	0 Ritasi	80.50		0
29	TPS 11	28,700	65.30	0 Ritasi	65.30		0
30	TPS 23	38,300	72.35	0 Ritasi	72.35		0
Total				26 Ritasi	949.28		413,300

Armada 6 m<sup>3</sup>      Armada 10 m<sup>3</sup>

Alternatif 1 merupakan rancangan yang menggunakan sumber daya alat angkut sampah yang ada pada sistem sekarang. Alternatif 1 ini secara otomatis langsung menjadi solusi untuk rancangan jejaring logistik ini. Penerapan alternatif 1 sepenuhnya menggunakan sumber daya alat angkut yang ada sekarang ini, yaitu 24 unit armroll truck dengan kapasitas 6 m<sup>3</sup> dan 13 unit dump truck dengan kapasitas 10 m<sup>3</sup>. Penelitian ini mengatur kembali sistem pemindahan sampah menggunakan sumber daya tersedia dengan memperhatikan hal-hal berikut:

1. Semua alat angkut sampah berada pertama kali di pool kendaraan yang berjarak 9 km dari TPA sebelum ditugaskan untuk pertama kali
2. Fasilitas TPS yang ritasinya berasal dari pool kendaraan dinamakan sebagai TPS buffer
3. Jumlah ritasi yang ditetapkan untuk masing-masing kendaraan sama untuk seluruh alternatif, yaitu 5 ritasi/hari untuk armada armroll truck dan 2 ritasi/hari untuk armada dump truck
4. Sampah yang diangkat oleh alat angkut sampah harus sesuai dengan spesifikasi kapasitas kendaraan yang telah ditetapkan

Usulan pelaksanaan terhadap alternatif ini adalah menugaskan kendaraan mengunjungi fasilitas TPS yang paling dekat dari pool kendaraan untuk penugasan yang pertama dan mengunjungi fasilitas yang terdekat dari TPA pada penugasan lanjutan hingga fasilitas TPS tersebut memiliki timbulan sampah yang lebih kecil dari kapasitas kendaraan dan kembali lagi ke pool kendaraan dalam keadaan bak kendaraan yang kosong setelah penugasan terakhir. Algoritma ini bertujuan untuk mengoptimalkan total sampah yang dapat dipindahkan dengan jarak perpindahan terkecil. Tabel 7 memperlihatkan solusi untuk kategori yang tidak memerlukan investasi tambahan untuk memindahkan sampah dari fasilitas TPS ke fasilitas TPA berdasarkan rancangan sistem yang telah dibuat.

Horison perencanaan waktu adalah 15 tahun, jangka waktu ini didasarkan dari perkiraan umur pakai fasilitas TPA yang hanya tersisa 15 tahun lagi setelah mempertimbangkan laju pertumbuhan penduduk dan teknologi pengolahan sampah diasumsikan sama seperti sekarang ini. Penelitian ini juga menetapkan horison tambahan dana anggaran dari pemerintah sebesar 7,5 miliar rupiah/tahun. Karena jejaring logistik yang dirancang dalam penelitian ini diproyeksikan dapat berjalan baik hingga tahun 2025 dengan beberapa penyesuaian yang harus dilakukan.

Indikator moneter yang ditetapkan pada penelitian ini adalah tingkat suku bunga yang digunakan sebesar 6% untuk menghitung nilai

sekarang serta bunga tabungan dan 10% untuk menghitung laju kenaikan harga-harga komoditas dimasa depan. Indikator-indikator moneter lain seperti laju inflasi, kerjasama dengan pihak swasta melalui mekanisme pasar saham dan kebijakan menggunakan obligasi tidak digunakan dalam penelitian ini.

Keuntungan yang dapat diambil dari pengelolaan sampah yang baik pada penelitian ini adalah keuntungan ekonomis dari sampah daur ulang dan sisa investasi diujung horison perencanaan. Harga patokan yang ditetapkan untuk sampah daur ulang adalah harga jual produk yang tidak memerlukan biaya untuk berproduksi, atau nilai keuntungan yang didapat setelah proses produksi per unit satuannya. Penjelasan tentang besaran nilai ekonomis dari setiap alternatif pada kategori 2 mempunyai beberapa perbedaan jika ditinjau dari komponen yang harus dihitung untuk mendapatkan sebuah nominal nilai ekonomis dari alternatif tersebut. Hasil dari analisis adalah kebutuhan aktual kendaraan armroll truck sebagaimana terdapat pada Tabel 7.

Tabel 7. Kebutuhan aktual mobil *armroll truck* untuk memindahkan seluruh timbulan sampah

No	Tahun	Proyeksi Timbulan Sampah (m <sup>3</sup> /hari)	Selisih Timbulan Sampah dengan Tahun 2008 (m <sup>3</sup> /hari)	Kebutuhan Tambahan <i>Armroll Truck</i> dari tahun 2008 (unit)	Pembulatan (unit)	Kebutuhan Tambahan Aktual <i>Armroll Truck</i> (unit)
1	2011	2,737.47	166.97	5.57	6	26
2	2012	2,795.51	225.01	7.50	8	28
3	2013	2,854.77	284.27	9.48	10	30
4	2014	2,915.29	344.79	11.49	12	32
5	2015	2,977.10	406.60	13.55	14	34
6	2016	3,040.21	469.71	15.66	16	36
7	2017	3,104.67	534.17	17.81	18	38
8	2018	3,170.48	599.98	20.00	20	40
9	2019	3,237.70	667.20	22.24	23	43
10	2020	3,306.34	735.84	24.53	25	45
11	2021	3,376.43	805.93	26.86	27	47
12	2022	3,448.01	877.51	29.25	30	50
13	2023	3,521.11	950.61	31.69	32	52
14	2024	3,595.76	1,025.26	34.18	35	55
15	2025	3,671.99	1,101.49	36.72	37	57

Setelah melakukan proyeksi terhadap kebutuhan dan jumlah alat angkut sampah yang didapatkan sesuai dengan horison perencanaan yang telah ditetapkan. Penelitian ini juga melakukan perhitungan terhadap estimasi dari keuntungan yang bisa didapatkan dari tahun ke tahun yang bertujuan untuk menghitung nilai ekonomis manfaat-manfaat yang terangkum dalam solusi yang ditawarkan.

Tentunya setiap kebijakan alternatif tersebut mempunyai keunggulan dan keterbatasan. Keunggulan dari Alternatif-1 adalah tidak memerlukan investasi tambahan dalam penerapan sistem, tidak memerlukan aspek legal hukum yang baru terkait dengan tender pengadaan barang, tidak memerlukan sistem penunjang yang berfungsi untuk memindahkan sampah dari sumber sampah ke TPS. Kerugiannya adalah berkemungkinan besar

kontainer sampah memiliki tumpukan sampah yang sangat banyak dalam waktu yang relatif lama, potensi kerusakan asset yang digunakan untuk memindahkan sampah menjadi sangat besar karena sifat korosif dari air lindi sampah, dan *overcapacity* yang selalu terjadi setiap pemindahan sampah dilakukan, terjadinya dampak-dampak sosial pada masyarakat disekitar TPS, seperti bau yang tidak sedap, air lindi yang dihasilkan sampah, dan pandangan mata yang tidak menyenangkan.

Keunggulan dari Alternatif 2, 3 dan 4 adalah semua TPS berada pada tempat yang tetap sehingga memudahkan perencanaan dan pelaksanaan pemindahan sampah, menghilangkan atau paling tidak dapat meminimalkan jumlah tumpukan sampah, potensi kerusakan asset, dan dampak sosial yang ditimbulkan pada masyarakat. Kerugiannya adalah memerlukan investasi tambahan untuk menjalankan sistem ini, memerlukan sistem penunjang untuk memindahkan sampah dari sumber sampah ke TPS.

Penelitian ini juga mengidentifikasi terdapat alternatif lain yang masih mungkin untuk dilakukan tetapi tidak dirancang sebagai alternatif 5, yaitu menyeragamkan alat angkut sampah menjadi 1 spesifikasi kapasitas saja. Penyeragaman hanya dapat dilakukan untuk kendaraan yang mempunyai dimensi kecil, manuver, dan rancangan TPS yang berupa kumpulan-kumpulan kontainer saja. Hal ini disebabkan oleh daerah perkotaan tidak mempunyai banyak tempat untuk menampung sampah walaupun timbulan sampah sebagian besar berasal dari daerah kota. Berdasarkan kondisi saat sekarang, maka kendaraan *armroll truck* merupakan alat angkut sampah yang dapat diseragamkan keberadaannya untuk mengangkat sampah yang ada di fasilitas-fasilitas TPS di Kota Padang dengan cara menghilangkan peran *dump truck* sebagai salah satu alat angkut sampah di Kota Padang. Tabel 8 menjelaskan beberapa informasi yang dimiliki oleh alternatif-alternatif sebelumnya. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan pada alternatif sebelumnya, maka usulan penelitian ini terhadap pengadaan kekurangan alat angkut sampah untuk alternatif 5 menggunakan cara beli kendaraan yang baru.

Tabel 8. Analisis alternatif 5

No	Jenis	Kekurangan	Cara Pengadaan	Harga Pengadaan (Rp / Unit)	Tipe Kendaraan	Umur Operasional (tahun)	Nilai Sisa (Rp / Unit)
1	Armroll Truck	61	Beli	263,000,000	Dutro 130 HD Mixer 6 Roda (6.8)	5	84,712,826
			Kontrak	91,250,000	FE 745 125PS 6 Ban	1	0

Selanjutnya, *B/C ratio* dihitung setelah perhitungan estimasi terhadap keuntungan setiap tahun yang didasarkan pada perhitungan proyeksi dari perencanaan rancangan jejaring logistik ini hingga tahun 2025 dilakukan. Masing-masing

kategori alternatif dibandingkan menggunakan metode pemilihan berdasarkan *benefit-cost ratio*. Perbandingan yang memiliki rasio terbesar akan menjadi solusi dari rancangan jejaring logistik dari penelitian ini. Sedangkan alternatif pada kategori yang sama dipilih menggunakan nilai perbandingan antara nilai sekarang dari keuntungan atau dikenal istilah dengan *net present value* (NPV) dengan total investasi yang harus dikeluarkan untuk memperoleh keuntungan tersebut. Rekapitulasi hasil-hasil perhitungan yang disebutkan diatas dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan alternatif dan skenario usulan

	Total Tambahan Investasi Selama 15 Tahun (Rp)	Nilai Manfaat Brutto Selama 15 Tahun Berdasarkan Nilai Sekarang (Rp)	Biaya Manfaat Negatif (Rp)	Sisa Investasi di Ujung Horison Perencanaan (Rp)	Keuntungan Netto Selama 15 Tahun Berdasarkan Nilai Sekarang (Rp)	Ratio Perbandingan Antara Investasi dan Keuntungan (NPV)	B/C Ratio
Alternatif 1	0	961,985,156,152	0	0	961,985,156,152	Alternatif Pembanding	Alternatif Pembanding
Alternatif 2							
Skenario 1	149,412,211,477	2,830,964,901,374	81,500,000,000	0	2,749,464,901,374	18.40	11.96
Skenario 2	112,500,000,000	2,621,382,445,263	81,500,000,000	538,217,212	2,540,420,662,475	22.58	14.03
Skenario 3	149,785,500,000	2,747,443,349,672	81,500,000,000	159,629	2,665,943,509,301	17.80	11.38
Alternatif 3							
Skenario 1	286,233,553,601	2,830,964,901,374	81,500,000,000	0	2,749,464,901,374	9.61	6.24
Skenario 2	112,500,000,000	2,109,027,989,456	81,500,000,000	60,200,865	2,027,588,190,321	18.02	9.47
Skenario 3	252,367,500,000	2,830,964,901,374	81,500,000,000	1,915,299	2,749,466,816,673	10.89	7.08
Alternatif 4							
Skenario 1	112,500,000,000	2,646,229,122,611	81,500,000,000	50,099,357	2,564,779,221,967	22.80	14.25
Skenario 2							
Skenario 3							

Rancangan jejaring logistik ini memiliki kesamaan dalam penentuan lokasi fasilitas yang terdiri atas 30 fasilitas TPS dan satu fasilitas TPA dan formulasi yang dibentuk pada sistem transportasi pengangkutan sampah. Disamping kesamaan tersebut, penelitian ini menawarkan beberapa alternatif untuk dijadikan sebagai solusi dalam pemecahan masalah kekurangan alat angkut sampah pada rancangan jaringan logistik ini. Alternatif yang ditawarkan terdiri dari dua kategori yang berbeda pada nilai investasi yang diberikan, walaupun demikian seluruh alternatif ini dapat diimplementasikan pada sistem nyata. Kategori pertama adalah alternatif yang tidak perlu investasi tambahan untuk melakukannya, solusi dari kategori ini adalah alternatif 1 karena kategori ini hanya punya satu alternatif.

Sementara itu, alternatif yang membutuhkan investasi tambahan untuk menjalankan sistem yang dirancang digolongkan pada kategori 2. Kategori ini memiliki empat alternatif yang semuanya dapat dijadikan solusi, tetapi hanya tiga diantaranya yang dihitung untuk dijadikan solusi pada rancangan jejaring logistik dalam penelitian ini. Hal dikarenakan alternatif 5 dianggap sudah tidak sesuai lagi dengan rancangan jejaring logistik ini akibat dari usulan penyeragaman kapasitas dan moda alat angkut sampah yang berarti menghilangkan landed TPS yang merupakan 1 dari 2 karakteristik fasilitas TPS yang ada pada rancangan sistem jejaring logistik dalam penelitian ini. Alternatif 5

ditampilkan dalam penelitian ini sebagai sebuah kemungkinan untuk memberikan gambaran pengembangan sistem dimasa depan.

Seperti layaknya kategori 1 yang memiliki empat asumsi dalam usulan teknis pelaksanaannya, asumsi juga diberikan untuk usulan teknis pelaksanaan rancangan yang telah dijabarkan dalam bentuk formulasi matematis dan interpretasi hasil perhitungan tersebut bagi seluruh alternatif pada kategori 2, asumsi tersebut adalah:

1. Semua alat angkut sampah berada pertama kali di pool kendaraan
2. Pool kendaraan berada di fasilitas TPA atau sebuah fasilitas yang jarak yang dapat dianggap sama dengan jarak fasilitas TPA ke seluruh lokasi fasilitas TPS
3. Jumlah ritasi yang ditetapkan untuk masing-masing kendaraan sama untuk seluruh alternatif, yaitu 5 ritasi/hari untuk armada armroll truck dan 2 ritasi/hari untuk armada dump truck
4. Sampah yang diangkat oleh alat angkut sampah harus sesuai dengan spesifikasi kapasitas kendaraan yang telah ditetapkan

Selain itu juga, terdapat asumsi umum yang ditimbulkan oleh kesamaan lokasi fasilitas yang terdiri atas 30 fasilitas TPS dan 1 fasilitas TPA pada 31 lokasi berbeda yang dimiliki oleh seluruh alternatif dari semua kategori. Asumsi tersebut adalah, untuk mendapatkan nilai manfaat dari hilangnya dampak sosial yang ditimbulkan oleh sampah harus mengikuti aturan bahwa biaya pengimplementasian sistem penunjang untuk seluruh sistem sama dengan biaya akibat dampak sosial yang ditimbulkan sampah.

Aturan diatas dan asumsi bahwa nilai anggaran tahunan yang diberikan selama ini mampu menjalankan sistem yang ada sekarang. Maka perhitungan proyeksi tahunan sudah dapat dibandingkan secara sejajar antara kategori atau alternatif dalam kategori atau sesama alternatif. Indikator yang digunakan untuk pemilihan alternatif dalam kategori adalah nilai net present value (NVP) alternatif tersebut. Sedangkan indikator pemilihan solusi rancangan dari alternatif solusi masing-masing kategori menggunakan metode B/C analysis dengan B/C ratio sebagai indikator utama. Hasilnya adalah alternatif 1 menjadi alternatif solusi dari kategori 1 karena alternatif 1 adalah alternatif tunggal, dan alternatif 4 menjadi alternatif solusi dari kategori 2 karena memiliki nilai NVP terbesar. Berdasarkan perhitungan, didapatkan nilai B/C ratio terbesar dimiliki oleh alternatif 4 yang relatif terhadap alternatif 1. Rasio ini membuat alternatif 4 menjadi solusi untuk mengatasi masalah kekurangan alat angkut sampah pada rancangan ini.

Asumsi-asumsi diatas didasarkan pada perkiraan keuntungan dari sistem penunjang jika berhasil diimplementasikan dan rancangan sistem

secara keseluruhan juga sudah berhasil dilakukan dengan sempurna, dapat menghilangkan seluruh dampak sosial yang ditimbulkan oleh sampah kepada masyarakat. Dengan kata lain, biaya yang harus ditanggung pemerintah sebagai penanggungjawab sampah perkotaan terhadap dampak sosial yang ditimbulkan sampah pada masyarakat akan ekuivalen dengan total investasi yang harus dikeluarkan pemerintah untuk membangun sebuah sistem penunjang rancangan jejaring logistik sampah dengan tujuan tata kelola sampah yang baik.

Akibat dari aturan yang digunakan adalah alternatif pembanding tidak bisa menjadi solusi rancangan karena terdapat nilai-nilai ekonomis pembeda antar alternatif yang dihilangkan dari perhitungan, sekalipun rasio perbandingan nilai ekonomis yang diberikan akan lebih tinggi apabila alternatif pembanding dibandingkan terhadap alternatif lain. Fenomena ini terjadi karena asumsi yang diberikan untuk menghilangkan ketidakcukupan data yang diperlukan membuat perbedaan terhadap biaya manfaat menjadi tidak seimbang, tetapi bila asumsi ini tidak ada maka perbandingan alternatif yang ada dalam rancangan ini akan sulit diterima. Sehingga penelitian ini memberi istilah "layak tanpa-manfaat secara nilai ekonomis" bila alternatif pembanding dibandingkan dengan alternatif lain.

Asumsi juga berdampak pada nilai investasi lain yang diperlukan untuk menjalankan rancangan sistem tapi tidak dihitung dalam penelitian ini, seperti investasi terhadap pembuatan bangunan fisik fasilitas TPS, penerapan sistem yang memindahkan sampah dari sumber sampah ke fasilitas TPS, ongkos tenaga kerja tambahan dan investasi lain yang dianggap perlu dalam penerapan rancangan diasumsikan sebagai konstanta yang bernilai sama besar untuk semua alternatif, akibatnya seluruh alternatif tidak mengalami perbedaan nilai investasi yang dibutuhkan kecuali pada investasi terhadap kekurangan kendaraan. Dengan kata lain, semua alternatif yang ditawarkan diasumsikan sudah memiliki sistem penunjang yang berfungsi untuk menjalankan rancangan ini.

Sedangkan asumsi terhadap nilai anggaran yang selama ini telah diberikan untuk sistem eksisting mampu mempertahankan segala bentuk kebutuhan dari sumber daya alat angkut sampah yang ada, bertujuan untuk memberi penegasan terhadap total nilai investasi yang diberikan pada perhitungan proyeksi rancangan hingga 2025 hanya ditujukan untuk pemeliharaan dan pengadaan kekurangan alat angkut sampah pada sistem jejaring logistik yang dirancang.

Pemerintahan Kecamatan merupakan salah satu stakeholder yang harus terintegrasi kedalam rancangan ini karena pemerintah Kecamatan yang

memiliki kewenangan terhadap truk sampah kecamatan dan memiliki hak untuk menyertakan pihak swasta dalam melakukan kegiatan pengumpulan dan pewadahan sampah dari sumber sampah ke fasilitas TPS. Kegagalan untuk mendistribusikan secara merata beban timbulan sampah ke setiap fasilitas TPS pada setiap kecamatan akan berakibat pada penugasan dan penentuan rute perjalanan kendaraan yang harus ditentukan ulang yang disebabkan oleh model deterministik yang dikembangkan pada rancangan jejaring logistik ini. Pemerataan distribusi beban timbulan sampah pada setiap fasilitas TPS di Kecamatan ini adalah fungsi dari sistem penunjang rancangan jejaring logistik ini. Karena rancangan sistem penunjang tidak dibahas dalam penelitian ini tetapi dilain pihak sistem penunjang memiliki peranan yang besar dalam menentukan keberhasilan dari rancangan sistem jejaring logistik pada penelitian ini. Maka penelitian lanjutan terhadap kajian pewadahan dan pemindahan sampah dari sumber sampah ke fasilitas TPS sangat diperlukan dengan fokus penelitian pada pemerataan beban timbulan sampah di fasilitas TPS yang ada di setiap kecamatan.

Pengembangan sistem di masa datang merupakan alasan lain yang berkaitan dengan jumlah TPS yang harus dilayani oleh masing-masing armada. Berdasarkan rencana tata ruang wilayah Kota Padang, fasilitas yang harus dilayani armada armroll truck yang berada pada kluster luar pusat Kota untuk Kecamatan Padang Timur, Padang Barat, Padang Utara dan Padang Selatan berjumlah sepuluh fasilitas TPS sedangkan enam fasilitas TPS berada pada wilayah pengembangan pusat Kota yang secara administratif berada pada wilayah Kecamatan Nanggalo dan Lubuk Begalung. Wilayah yang harus dilayani oleh armada dump truck terdiri dari 14 fasilitas TPS berada pada kluster industri, pemukiman, pendidikan, dan pelabuhan yang masih memiliki banyak lahan untuk dikembangkan untuk berbagai keperluan.

### Kesimpulan

Sistem logistik pengelolaan persampahan ditentukan oleh konektivitas antar lokasi dan penentuan rute pengangkutan. Penelitian ini telah berhasil menetapkan lokasi untuk 31 fasilitas yang terdiri dari 30 fasilitas TPS dan satu fasilitas TPA. Khusus untuk fasilitas TPA rancangan jejaring logistik menggunakan lokasi fasilitas yang telah sebelumnya. Disamping itu, model penentuan rute pengangkutan sampah sebagai konektivitas antar lokasi sudah diformulasikan dengan menerapkan VRP. Total jarak pengangkutan sampah adalah 13.215,1 km/hari dengan rata-rata jarak tempuh

sebesar 194,6 km/hari untuk armada armroll truck dan 68,5 km/hari untuk armada dump truck.

Penelitian ini telah berhasil untuk menentukan cara terbaik untuk mendapatkan keuntungan atau manfaat yang terbesar dari rancangan jejaring logistik yang diproyeksikan dapat berfungsi hingga 2025. Dengan rasio perbandingan manfaat sebesar 14,25 jika dibandingkan dengan jaringan logistik yang telah ada sebelumnya.

### Daftar Pustaka

- [1] Andiç, E., Yurt, O. and Baltacıoğlu, T., Green Supply Chains: Efforts and Potential Applications for The Turkish Market, *Resources, Conservation and Recycling*, 58, 2012, pp. 50–68.
- [2] Chen, C. C., Shih, H. S., Shyr, H. J. and Wu, K. S., A Business Strategy Selection of Green Supply Chain Management via Analytic Network Process, *Computers and Mathematics with Applications*, 64, 2012, pp. 2544–2557.
- [3] Eltayeb, T. K., Zailani, S. and Ramayah, T., Green supply chain initiatives among certified companies in Malaysia and environmental sustainability: Investigating the outcomes, *Resources, Conservation and Recycling*, 55, 2011, pp. 495–506.
- [4] Green Jr, K. W., Zelbst, P. J., Meacham, J., and Bhadauria, V. S., Green Supply Chain Management Practices: Impact on Performance, *Supply Chain Management: An International Journal*, 17(3), 2012, pp. 290–305.
- [5] Huang, X., Tan, B. L. and Ding, X., Green Supply Chain Management Practices: A Sectoral Investigation Into Manufacturing SMEs in China, *2012 International Conference on Economics, Business and Marketing Management*, 29, 2012, pp. 147–151.
- [6] Lee, S. M., Kim, S. T. and Choi, D., Green Supply Chain Management and Organizational Performance, *Industrial Management & Data Systems*, 112(8), 2012, pp. 1148-1180.
- [7] Sheu, J.-B., Bargaining Framework for Competitive Green Supply Chains under Governmental Financial Intervention, *Transportation Research Part E*, 47, 2011, pp. 573–592.
- [8] Zhu, Q., Sarkis, J. and Geng, Y., Green Supply Chain Management in China: Pressures, Practices and Performance, *International Journal of Operations & Production Management*, 25(5), 2005, pp. 449-468.
- [9] Zhu, Q., Sarkis, J. and Lai, K., Green Supply Chain Management Implications for “Closing The Loop”, *Transportation Research Part E*, 44, 2008, pp. 1–18.