

APLIKASI METODE *VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOWS* UNTUK PENGANGKUTAN SAMPAH DI RAYON SURABAYA PUSAT

Nama Mahasiswa : Prasidya Tyanto
NRP : 33 10 100 087
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Yulina T. M.AppSc

ABSTRAK

Pengangkutan sampah di 31 kecamatan di Kota Surabaya baru mencapai 80% dari total timbulan sampah. Dalam melayani pemindahan dan pengangkutan sampah di Surabaya Pusat disediakan 21 LPS/Depo sampah dengan dua metode pengangkutan, yaitu metode *hauled container systems* (HCS) dan *stationary container system* (SCS). Penelitian ini dilakukan karena timbulan sampah belum seluruhnya terangkut. Penelitian ini bertujuan untuk meneliti tingkat pelayanan pengangkutan sampah di Surabaya Pusat dan merencanakan pelayanan untuk tahun 2019.

Pengukuran laju timbulan sampah dilakukan dengan metode proyeksi penduduk dan *weight-volume analysis*. Sedangkan rute pengangkutan sampah ditentukan dengan metode *vehicle routing problem with time windows* (VRPTW). Pengukuran waktu kerja dan waktu operasi kendaraan pengangkut dilakukan di 30% LPS yang dilayani oleh truk HCS, dan 30% LPS lainnya yang dilayani truk SCS. Pengambilan data dilakukan sebanyak 2x untuk masing-masing kendaraan.

Hasil penelitian menunjukkan estimasi pelayanan pengangkutan sampah di Surabaya Pusat pada tahun 2019 sebesar 79% dari total timbulan sampah. Kondisi tersebut disebabkan kurang sesuainya kondisi pengangkutan eksisting dengan ketentuan dari Kementerian Pekerjaan Umum. Dari aplikasi VRPTW didapatkan tingkat pelayanan pengangkutan 100% dengan biaya sebesar Rp 28.3 milyar.

Kata kunci: pengangkutan sampah, Surabaya Pusat, tingkat pelayanan, vrptw

APPLICATION METHOD OF VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOWS FOR THE TRANSPORT OF WASTE IN CENTRAL SURABAYA

Nama Mahasiswa : Prasidya Tyanto
NRP : 33 10 100 087
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Yulinah T. M.AppSc

ABSTRACT

The transport service of municipal solid waste (MSW) in 31 districts in Surabaya City has recently reached 85%. Twentyone transfer stations (TS) were provided for serving the transport of waste in Surabaya Center. It was supported by two MSW transport systems, namely hauled container systems (HCS) and stationary container system (SCS) methods. This research was conducted in Central Surabaya, considering that the MSW has not been completely transported. This study aims to examine MSW transportation service level in Central Surabaya, and to plan the service in 2019.

The MSW generation rate was measured using population projection method and weight-volume analysis. The MSW transportation route was determined using the vehicle routing problem with time windows (VRPTW) method. Working hours and operation time of the MSW transport were measured in 30% of TS which were served by HCS vehicles, and 30% of TS which were served by SCS vehicles. Data collection was done twice.

The results showed that the MSW transport in Central Surabaya was estimated at 79% from the total MSW generation in 2019. This condition did not meet the Ministry of Public Works guideline. Application of VRPTW method could achieve 100% of service level at a cost of Rp 28.3 billions.

Keywords: Central Surabaya, MSW transport, level of service, vrptw

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proyeksi Penduduk

Dalam pelayanan pengelolaan sampah, faktor penting yang mempengaruhi laju timbulan sampah adalah jumlah penduduk (Kementerian Pekerjaan Umum, 2013). Untuk menghitung timbulan sampah sesuai tahun perencanaan, maka diperlukan proyeksi jumlah penduduk pada tahun tersebut. Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2013), proyeksi penduduk dapat dihitung dengan menggunakan tiga metode, yaitu :

1. Metode Aritmatik

Metode aritmatik digunakan untuk daerah yang pertambahan penduduknya terjadi secara linier. Persamaan matematis yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$P_n = P_o + r (dn) \quad (2.1)$$

dimana,

P_n : Proyeksi Penduduk pada tahun ke $-n$

P_o : Jumlah penduduk pada tahun awal

r : rata-rata pertumbuhan penduduk setiap tahun

dn : kurun waktu proyeksi

2. Metode Geometrik

Metode geometrik digunakan untuk daerah yang pertambahan penduduknya terjadi secara eksponensial. Persamaan matematis yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$P_n = P_o (1 + r)^{dn} \quad (2.2)$$

dimana,

P_n : Proyeksi Penduduk pada tahun ke $-n$

P_o : Jumlah penduduk pada tahun awal

r : rata-rata pertumbuhan penduduk setiap tahun

dn : kurun waktu proyeksi

3. Metode *Least Square*

Metode ini menggunakan garis regresi linier yang berarti bahwa data perkembangan penduduk masa lalu menggambarkan kecenderungan garis linier, meskipun perkembangan penduduk tidak selalu bertambah. Persamaan matematis yang digunakan adalah:

$$P_n = a + (bt) \quad (2.3)$$

dimana,

t = tambahan tahun terhitung dari tahun dasar

$$a = \{(\sum p)(\sum t^2) - (\sum t)(\sum p.t)\} / \{n(\sum t^2) - (\sum t)^2\}$$

$$b = \{n(\sum p.t) - (\sum t)(\sum p)\} / \{n(\sum t^2) - (\sum t)^2\}$$

Penentuan metode yang digunakan ditentukan dengan mencari nilai r terlebih dahulu. Metode yang memiliki nilai r mendekati satu akan digunakan untuk perhitungan proyeksi penduduk. Nilai r dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum y)(\sum x)}{\sqrt{\{n(\sum y^2) - (\sum y)^2\}\{n(\sum x^2) - (\sum x)^2\}}} \quad (2.4)$$

dimana,

n : jumlah data

x : tahun ke – x

y : selisih penduduk / jumlah penduduk

2.2 Timbulan Sampah

Menurut Damanhuri (1999), timbulan sampah adalah banyaknya sampah dalam satuan berat (kilogram/orang/hari) atau dalam satuan volume (L/orang/hari). Timbulan sampah akan mengalami peningkatan seiring perkembangan jumlah penduduk (Rizal, 2011). Menurut Belete (2002), timbulan sampah perkotaan 76% berasal dari sampah domestik, 6% dari penyapuan jalan, 9% dari sampah kawasan komersial, 5% berasal dari industri, 3% berasal dari hotel dan 1% dari rumah sakit.

Menurut Agustia (2013), timbulan sampah antara negara berkembang dan negara maju memiliki karakteristik yang berbeda. Karakteristik sampah di negara yang sedang berkembang

didominasi oleh sampah makanan yang mudah terdegradasi dan sampah kebun (Jha *et al.* dalam Agustia, 2013). Sedangkan sampah di negara maju, lebih banyak bersumber dari sampah kering. Timbulan sampah di kawasan permukiman berkisar antara 0.25 – 0.40 kg/hari (Agustia, 2013). Tingginya timbulan sampah ditentukan oleh 3 faktor, yaitu kegiatan 3R, sikap masyarakat dan aturan hukum serta kondisi fisik. Selain berpengaruh terhadap besarnya timbulan, 3 faktor tersebut berpengaruh terhadap komposisi (Tchobanoglous *et al.* 1993). Menurut Damanhuri dan Padmi (2010), timbulan sampah dapat diklasifikasikan menurut skala kota. Berikut adalah Tabel 2.1 yang berisikan klasifikasi kota dan timbulan sampah.

Tabel 2.1 Klasifikasi Kota dan Timbulan Sampah

No.	Klasifikasi Kota	Volume (L/orang/Hari)	Berat (Kg/Orang/Hari)
1	Kota Besar (500.000-1.000.000 jiwa)	2.75 – 3.25	0.70 – 0.80
2	Kota Sedang (100.000 – 500.000 jiwa)	2.75 – 3.25	0.70 – 0.80
3	Kota Kecil (20.000 – 100.000 jiwa)	2.50 – 2.75	0.625 – 0.70

Menurut Damanhuri dan Padmi (2010), metode pengukuran timbulan sampah yang dihasilkan dari suatu kota dapat diperoleh dengan survey pengukuran atau analisa langsung di lapangan. Metode tersebut antara lain :

1. Pengukuran langsung

Mengukur langsung satuan timbulan sampah dari sejumlah sampel (rumah tangga dan nonrumah tangga) yang ditentukan secara random-proporsional di sumber selama 8 hari berturut-turut (SNI-19-3964-1995 dan SNI 36-1991-03).

2. *Load-Count Analysis*

Didasarkan atas jumlah kendaraan pengangkutan yang masuk dilokasi Transfer Station atau Recycling Center atau TPA, bisa

berdasarkan jumlah, volume dan berat. Dengan melacak jumlah dan jenis penghasil sampah yang dilayani oleh gerobak yang mengumpulkan sampah tersebut, sehingga akan diperoleh satuan timbulan sampah per ekivalensi penduduk.

3. *Weight–Volume Analysis*

Pengukuran langsung pada kendaraan pengangkut, bisa berdasarkan berat, atau volume. Bila tersedia jembatan timbang, maka jumlah sampah yang masuk ke fasilitas penerima sampah akan dapat diketahui dengan mudah dari waktu ke waktu. Jumlah sampah harian kemudian digabung dengan perkiraan area layanan, dimana data penduduk dan sarana umum terlayani dapat dicari, maka akan diperoleh satuan timbulan sampah per jumlah penduduk.

4. *Material balance analysis*

Merupakan analisa yang lebih mendasar, dengan menganalisa secara cermat aliran bahan masuk, aliran bahan yang hilang dalam system, dan aliran bahan yang menjadi sampah dari sebuah sistem yang ditentukan batas-batasnya (*system boundary*).

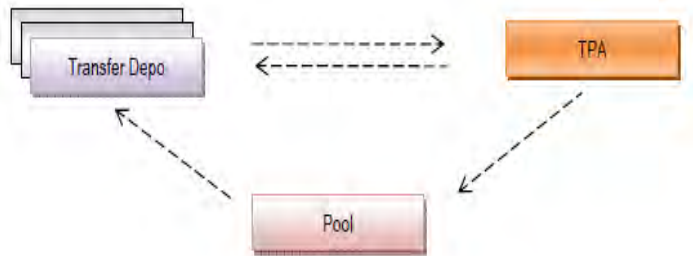
2.3 Pengangkutan Sampah

Pengangkutan sampah adalah sub-sistem yang bersasaran membawa sampah dari lokasi pemindahan atau sumber sampah secara langsung menuju tempat pemrosesan akhir atau TPA (Damanhuri dan Padmi, 2010). Menurut Damanhuri dan Padmi (2010), Pengangkutan sampah merupakan salah satu komponen penting dalam mengoptimalkan waktu angkut yang diperlukan. Hal tersebut disebabkan, pengangkutan sampah memiliki andil sebesar 40 – 60 % dalam biaya pengelolaan sampah.

2.3.1 Pola Pengangkutan

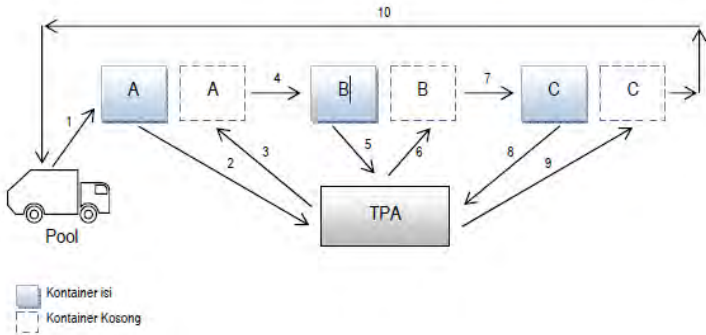
Dalam pelaksanaannya, pengangkutan sampah memiliki beberapa pola pengangkutan. Menurut BSN (2002), pola pengangkutan sampah dapat dibagi dalam 3 jenis yaitu :

1. Pengumpulan sampah langsung dari setiap sumber sampah (*door to door*) dan diangkut langsung ke TPA tanpa melalui proses pemindahan.
2. Pengumpulan sampah yang dilakukan dengan sistem pemindahan (*Transfer Depo*), proses pengangkutan dilakukan dengan cara:
 - Dari pool, alat pengangkut keluar langsung menuju lokasi pemindahan untuk mengangkut sampah langsung ke tempat pembuangan akhir (TPA).
 - Dari tempat pembuangan akhir (TPA), alat pengangkut kembali ke transfer depo untuk pengambilan rit berikutnya.



Gambar 2.1 Pola Pengangkutan Sistem Transfer Depo
(Sumber : Badan Standard Nasional, 2002)

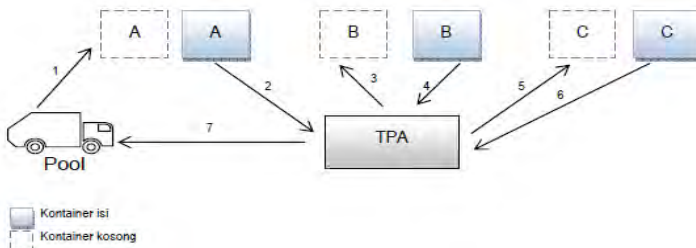
3. Pengumpulan dengan sistem kontainer, dilakukan proses pengangkutan sebagai berikut:
 - a. Sistem kontainer yang diangkat
 - Kendaraan dari pool menuju kontainer pertama untuk mengangkut sampah ke TPA.
 - Kontainer kosong dikembalikan ke tempat semula.
 - Menuju kontainer isi di tempat berikutnya untuk diangkut ke TPA



Gambar 2.2 Pola Pengangkutan Sistem Kontainer yang Diangkat
(Sumber : Badan Standard Nasional, 2002)

b. Sistem kontainer yang diganti

- Kendaraan dari pool dengan kontainer kosong ke lokasi pertama, lalu kontainer kosong diturunkan, kemudian membawa kontainer yang berisi sampah ke TPA.
- Dari TPA, kendaraan dengan kontainer kosong ke lokasi II, untuk menurunkan kontainer kosong dan membawa kontainer berisi sampah ke TPA.
- Demikian seterusnya sampai batas rit terakhir.
- Pada rit terakhir dengan kontainer kosong dari TPA menuju Pool.



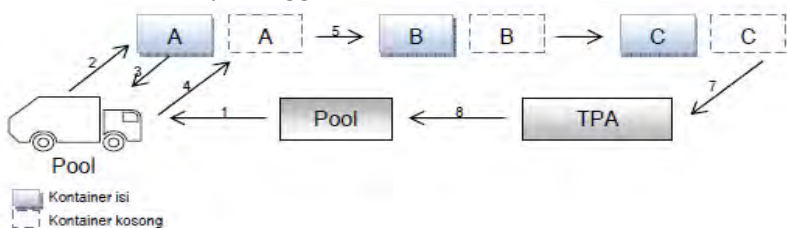
Gambar 2.3 Pola Pengangkutan Sistem Kontainer yang Diganti
(Sumber : Badan Standard Nasional, 2002)

c. Sistem kontainer tetap

Sistem kontainer tetap biasanya untuk kontainer kecil dengan alat angkut berupa truk pemadat.

- Kendaraan angkut dari pool menuju kontainer pertama, sampah dituangkan ke dalam truk pemadat dan meletakkannya kembali pada lokasi semula dalam kondisi kosong.
- Kendaraan ke lokasi kontainer berikutnya hingga truk penuh yang kemudian dibawa ke TPA.

Demikian seterusnya hingga rit terakhir.



Gambar 2.4 Pola Pengangkutan Sistem Kontainer Tetap
(Sumber : Badan Standard Nasional, 2002)

2.3.2 Alat Angkut

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2013), komponen biaya terbesar dalam pengelolaan sampah adalah penyediaan dan pengoperasian alat-alat berat dan alat-alat angkut persampahan mulai dari biaya pembelian hingga pemeliharaan. Oleh karena itu, pemilihan alat angkut sampah yang digunakan harus diperhatikan. Faktor yang menentukan pemilihan alat angkut adalah sebagai berikut :

- Banyaknya timbulan dan jenis sampah yang akan ditangani
- Pola pengumpulan, pemindahan dan pengangkutan
- Jenis, lebar, serta kondisi kualitas jalan yang akan dilalui
- Tipe dan ukuran dari fasilitas LPS
- Fasilitas yang dimiliki LPS
- Dana yang tersedia yang berhubungan dengan Harga Unit Alat Angkut (Tabel 2.2)
- Rencana pengelolaan persampahan jangka panjang

Tabel 2.2 Harga Unit Alat Angkut

ALAT ANGKUT	PERKIRAAN HARGA (Rp)**
<i>Armroll</i> 6m ³	412.500.000
<i>Armroll</i> 10m ³	720.500.000
<i>Dump</i> Truk HCS 6 m ³	357.500.000
<i>Dump</i> Truk SCS 10 m ³	676.500.000
<i>Compactor</i> Truk HCS 6 Roda	792.000.000
<i>Compactor</i> Truk SCS 10 Roda	1.006.500.000

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum 2013

** : Harga Off The Road Jakarta 2010

Menurut Damanhuri dan Padmi (2010), persyaratan alat pengangkut sampah memenuhi poin-poin berikut :

- Alat pengangkut sampah harus dilengkapi penutup, minimal dengan jaring
- Tinggi bak maksimum 1.6 m.
- Sebaiknya ada alat ungkit.
- Kapasitas disesuaikan dengan kondisi/kelas jalan yang akan dilalui
- Bak truk/dasar container sebaiknya dilengkapi pengaman air sampah

Menurut Damanhuri dan Padmi (2010), untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi pengoperasian sarana angkutan sampah, sebaiknya digunakan stasiun atau depo container. Sehingga akan berdampak pada :

- Usia pakai kendaraan (*lifetime*) minimal 5 – 7 tahun
- Volume muat sampah minimal 6 – 8 m³ atau 3 – 5 ton.
- Ritasi truk angkutan per hari 4 – 5 kali untuk jarak tempuh 20 Km dan 2 – 4 kali untuk jarak tempuh 20 – 30 Km

Pada Tabel 2.3 akan dijelaskan beberapa jenis dan kapasitas pelayanan kendaraan pengangkut sampah. Tabel tersebut bersumber dari Badan Standard Nasional (2002).

Tabel 2.3 Jenis dan Kapasitas Pelayanan Kendaraan Pengangkut

No	Jenis Peralatan	Kapasitas Pelayanan			Umur Teknis (Tahun)
		Volume	KK	Jiwa	
1	Gerobak sampah/sejenis	1 m ³	140	800	2 – 3
2	Truk Kecil	2 m ³	500	3000	5
3	Truk 3.5 ton	7 - 10 m ³	1000	10000	5
4	Arm-roll <i>truck</i>	6 m ³		8250	5

Sumber : Badan Standard Nasional, 2002

2.3.3 Metode Pengangkutan HCS

Pengangkutan HCS adalah pengangkutan dengan cara mengangkat wadah pengumpul menuju TPA (Damanhuri dan Padmi, 2010). Menurut Tchobanoglous *et al.*(1993), metode pengangkutan SCS dapat ditentukan dengan perhitungan berikut :

$$Thcs = (Phcs + s + h) \quad (2.1)$$

$$Phcs = pc + uc + dbc \quad (2.2)$$

Keterangan :

Tscs = waktu per ritasi (jam/rit)

Pscs = waktu pengambilan (jam/rit)

S = waktu di tempat (LPS atau TPA) (jam / rit)

a = jam/ritasi

b = jam/jarak

x = jarak pulang pergi (Km)

pc = waktu untuk mengangkat kontainer isi (jam/rit)

uc = waktu untuk mengosongkan kontainer

dbc = waktu untuk menempuh jarak dari kontainer ke kontainer lain (jam/rit)

Jumlah ritasi per kendaraan per hari dapat dibandingkan dengan jumlah sampah yang terkumpul/hari

$$Nd = \frac{Vd}{c.f} \quad (2.5)$$

Keterangan :

Nd = Jumlah ritasi/hari

Vd = Jumlah sampah terkumpul (volume/hari)

c = ukuran rata-rata kontainer (volume/hari)

f = faktor penggunaan kontainer

Waktu kerja dapat dihitung dengan rumus :

$$H = \left[\frac{(t1+t2)+Nd.Thcs}{(1-w)} \right] \quad (2.6)$$

Keterangan =

H = waktu kerja (jam/hari)

w = faktor *off route*

t1= waktu yang diperlukan dari Pool ke LPS pertama

t2 = waktu yang diperlukan dari TPA ke Pool

Nd = jumlah ritasi per hari

Thcs = waktu per ritasi

2.3.4 Metode Pengangkutan SCS

Pengangkutan SCS adalah pengangkutan yang wadah pengumpulnya tidak dibawa berpindah-pindah (tetap) (Damanhuri dan Padmi, 2010). Menurut Tchobanoglous *et al.*(1993), metode pengangkutan SCS dapat ditentukan dengan perhitungan berikut :

$$Tscs = (Pscs + s + a + bx) \quad (2.7)$$

$$Pscs = Ct (Uc) + (np - 1)(dbc) \quad (2.8)$$

Keterangan :

Tscs = waktu per ritasi (jam/rit)

Pscs = waktu pengambilan (jam/rit)

S = waktu di tempat (LPS atau TPA) (jam / rit)

a = jam/ritasi

b = jam/jarak

x = jarak pulang pergi (Km)

C_T = jumlah kontainer yang dikosongkan/rit (kontainer /rit)

uc = waktu pengosongan kontainer (jam/rit)

Np = jumlah lokasi kontainer yang diambil per rit (lokasi/rit)

Dbc = waktu berpindah dari satu lokasi ke lokasi lain (jam/rit)

Untuk menghitung C_T , dapat digunakan rumus berikut :

$$Ct = \frac{V.r}{c.f} \quad (2.9)$$

Keterangan :

C_T = jumlah kontainer yang dikosongkan/rit (kontainer /rit)

V = volume kendaraan pengumpul (m^3 /rit)

R = rasio kompaksi

C = volume kontainer (m^3 /kontainer)

F = faktor penggunaan kontainer.

Untuk menghitung jumlah ritasi perhari :

$$Nd = \frac{Vd}{V.r}$$

Keterangan :

Vd = jumlah sampah yang dikumpulkan (m^3 /hari)

Untuk menghitung waktu yang diperlukan per hari :

$$H = \left[\frac{(t1+t2)+Nd(Tscs)}{(1-w)} \right] \quad (2.10)$$

Keterangan :

H = waktu jam kerja (jam/hari)

t1 = waktu yang diperlukan dari Pool ke LPS pertama

t2 = waktu yang diperlukan dari TPA ke Pool

Nd = jumlah ritasi per hari

Tscs = waktu per ritasi

w = faktor hambatan

2.4 Vehicle Routing Problem with Time Windows

Menurut Johansson (2006), penentuan rute, jumlah kendaraan dan jumlah LPS dapat ditentukan dengan persamaan algoritma. Menurut Golden *et al.* dalam Wy *et al.* (2013), VRP dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pengangkutan sampah. VRP merupakan pemodelan yang memanfaatkan fungsi algoritma untuk menyelesaikan

permasalahan dalam transportasi (Johansson, 2006). Sedangkan VRP dengan Time Windows, merupakan salah satu pengembangan dari pemodelan VRP dengan batasan masalah waktu. Menurut Buhrkal *et al.* (2012), logika algoritma untuk pemodelan VRPTW adalah sebagai berikut :

$$\min \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} \sum_{l \in K} x_{ijl} \quad (2.11)$$

$$\sum_{j \in V} x_{0jl} = 1 \quad (2.12)$$

$$\sum_{i \in V} x_{i0'l} = 1 \quad (2.13)$$

$$\sum_{i \in V} \sum_{l \in K} x_{ijl} = 1 \quad (2.14)$$

$$\sum_{i \in V} x_{ijl} = \sum_{i \in V} x_{jil} \quad (2.15)$$

$$a_i \leq w_{il} \leq b_i \quad (2.16)$$

$$w_{il} + s_i + t_{ij} \leq w_{jl} + (1 - x_{ijl})M \quad (2.17)$$

$$\sum_{i \in \{0,0'\}} d_{il} = 0 \quad (2.18)$$

$$d_{il} + q_i \leq d_{jl} + (1 - x_{ijl})M \quad (2.19)$$

$$d_{il} \leq C \quad (2.20)$$

$$d_{il} > 0 \quad (2.21)$$

$$x_{ijl} \in \{0,1\} \quad (2.22)$$

Keterangan :

i dan j = LPS

0 dan $0'$ = Pool

l = kendaraan

c = biaya

x = jarak tempuh

a = waktu mulai bekerja

b = waktu akhir bekerja

w = waktu operasi

s = waktu di LPS

t = waktu tempuh antar LPS

M = angka besar (9999)

d = timbunan yang diangkut

q = timbunan di LPS

C = kapasitas kendaraan

Fungsi objektif yang digunakan adalah (2.11) meminimalkan biaya transportasi dengan beberapa batasan. Kendaraan

pengangkut harus keluar dari pool (2.12) dan kembali ke pool (2.13). Setiap LPS dilayani sehari pada satu hari (2.14). Jumlah LPS yang ada harus terlayani semua (2.15). Waktu pengangkutan dibatasi oleh waktu operasi (2.16), waktu di LPS serta waktu dari antar LPS (2.17). Kendaraan pengangkut harus dalam keadaan kosong saat meninggalkan dan kembali ke depot (2.18). Total timbunan sampah yang harus diangkut ditunjukkan oleh persamaan (2.19). Kapasitas kendaraan ditunjukkan oleh persamaan (2.20). Persamaan (2.21) menunjukkan kapasitas tidak boleh negatif, sedangkan persamaan (2.22) menunjukkan persamaan dalam bilangan biner.

2.5 Analisis Ekonomi Teknik

2.5.1 Ongkos Tetap dan Ongkos Variabel

Menurut Pujawan (2012), analisis ekonomi teknik ditujukan untuk mengevaluasi dan membandingkan performansi finansial dari masing-masing alternatif proyek investasi teknik. Dalam analisis ini, dikenal istilah ongkos tetap dan ongkos variabel. Ongkos tetap adalah ongkos yang tidak dipengaruhi oleh volume produksi dalam jangka waktu tertentu. Sedangkan ongkos variabel adalah ongkos yang nilainya dipengaruhi oleh volume produksi. Ongkos total dari kedua variabel ini dapat dihitung dengan persamaan 2.22 :

$$TC(x) = FC + VC(x) \quad (2.22)$$

dimana,

$TC(x)$ = Ongkos total untuk membuat produk sejumlah x

FC = Ongkos tetap

$VC(x)$ = jumlah ongkos variabel untuk membuat x produk

2.5.2 Depresiasi

Depresiasi adalah penurunan nilai suatu properti atau aset karena waktu dan pemakaian (Pujawan, 2012). Menurut Pujawan (2012), besarnya depresiasi bisa dikatakan sebagai pengeluaran bukan tunai yang mempengaruhi aliran kas melalui pajak pendapatan. Untuk menentukan nilai depresiasi diperlukan data-

data yang berkaitan dengan ongkos awal, umur ekonomis dan nilai sisa dari properti tersebut. Metode perhitungan depresiasi yang digunakan adalah metode *straight line* (SL) atau metode garis lurus. Besarnya nilai suatu properti di akhir tahun dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.23 berikut :

$$D_t = \frac{(P-S)}{N} \quad (2.23)$$

$$BV_T = P - \left[\frac{P-S}{N} \right] t \quad (2.24)$$

dimana,

BV_t = nilai sisa pada tahun ke-t

P = ongkos awal

S = nilai sisa pada tahun ke-N

N = masa (umur) pakai dari aset (tahun)

t = durasi pemakaian aset

D_t = besarnya depresiasi pada tahun ke - t

BAB 3

METODE PENELITIAN

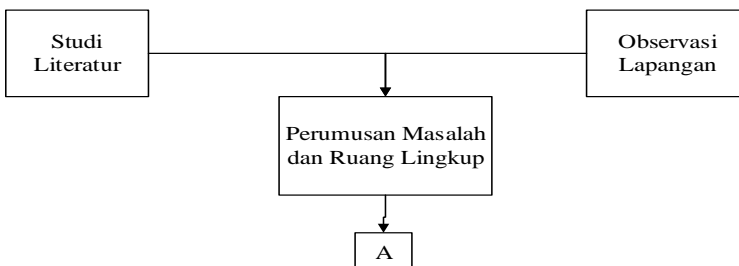
3.1 Umum

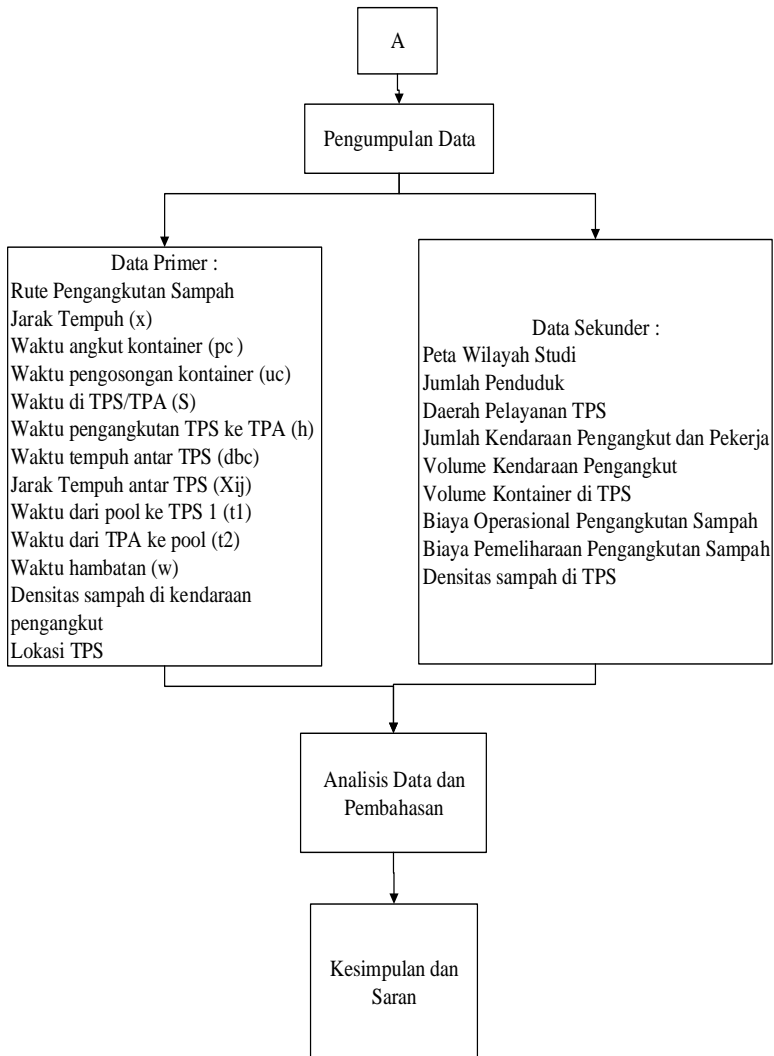
Dalam melakukan perencanaan pengangkutan sampah di Surabaya Pusat, diperlukan analisis yang baik untuk mendapatkan data-data perencanaan. Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai kerangka penelitian serta langkah-langkah dalam melakukan penelitian.

3.2 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam perencanaan. Kerangka penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1. Gambar tersebut menyajikan kerangka penelitian dalam bentuk alur yang akan dilakukan. Kerangka penelitian ini bertujuan :

1. Sebagai gambaran awal tahapan penelitian sehingga dapat memudahkan penelitian dan penulisan laporan.
2. Dapat menentukan hal-hal yang berkaitan dengan penelitian agar tujuan penelitian tercapai dan memudahkan pembaca dalam memahami penelitian yang dilakukan.
3. Sebagai pedoman awal dalam pelaksanaan penelitian sehingga kesalahan yang berisiko dapat diperkecil.





Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.3 Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan untuk mendapatkan kondisi ideal terhadap permasalahan. Studi Literatur diperoleh dari SNI, penelitian terdahulu serta *text book*. Literatur yang dibutuhkan mengenai :

- Perhitungan timbulan dan densitas sampah
- Dasar-dasar pelayanan pemindahan dan pengangkutan sampah.
- Dasar-dasar pengangkutan sampah
- Dasar-dasar pembuatan rute pengangkutan sampah

3.4 Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan untuk mendapatkan kondisi terkini dari pelayanan pemindahan dan pengangkutan sampah. Observasi lapangan dilakukan pada wilayah studi yang terdapat pada Gambar 3.2. Kegiatan observasi lapangan akan mendapatkan data antara lain kondisi LPS serta kondisi kendaraan pengangkut. LPS yang dipilih pada Gambar 3.2, merupakan LPS yang dilayani DKP dan mencakup kendaraan pengangkut metode HCS serta SCS.

3.5 Perumusan Masalah dan Ruang Lingkup

Perumusan masalah merupakan dasar pembuatan tujuan perencanaan, sedangkan ruang lingkup adalah batasan yang ditentukan dalam penelitian. Rumusan masalah dan ruang lingkup bertujuan untuk memfokuskan pengambilan data yang diperlukan untuk tahap perancangan. Rumusan masalah didapatkan dari hasil observasi lapangan yang telah dievaluasi dengan studi Literatur. Rumusan masalah yang didapat adalah pengangkutan yang ada kurang efisien ditinjau dari timbulan sampah di LPS yang dilayani tidak semua terangkut.

3.6 Pengumpulan Data

Pengumpulan data bertujuan untuk mendapatkan data yang diperlukan dalam perancangan. Data yang tersebut dibagi menjadi dua kategori yaitu data primer dan data sekunder.

3.6.1 Data Primer

Data Primer adalah data yang didapatkan berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan langsung oleh peneliti. Sumber data primer berasal dari kendaraan pengangkut sampah. Dalam penelitian ini, jumlah kendaraan pengangkut sampah diberi batasan 30% dari kendaraan pengangkut tipe HCS dan 30% dari kendaraan pengangkut tipe SCS. Pengambilan data primer dilakukan sejumlah 2 kali untuk masing-masing kendaraan pengangkut. Untuk mempermudah pengambilan data, maka disiapkan form studi yang dapat dilihat pada Lampiran A. Data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Rute Pengangkutan Sampah

Rute pengangkutan sampah adalah rute yang dilalui oleh kendaraan pengangkut dari LPS menuju LPS lain/TPA. Rute pengangkutan eksisting akan digunakan sebagai pembanding rute yang sudah dibuat. Rute pengangkutan didapatkan dengan mengikuti kendaraan pengangkut sampah dimulai dari pool hingga kembali ke pool. Dalam pengambilan data rute pengangkutan, alat yang dibutuhkan adalah aplikasi My Tracks pada telepon genggam. Aplikasi My Tracks merupakan pengganti GPS yang akan digunakan untuk menentukan lokasi LPS serta rute yang dilalui. Aplikasi tersebut dapat memunculkan data rute yang dilalui, waktu tempuh, kecepatan rata-rata serta jarak tempuh.

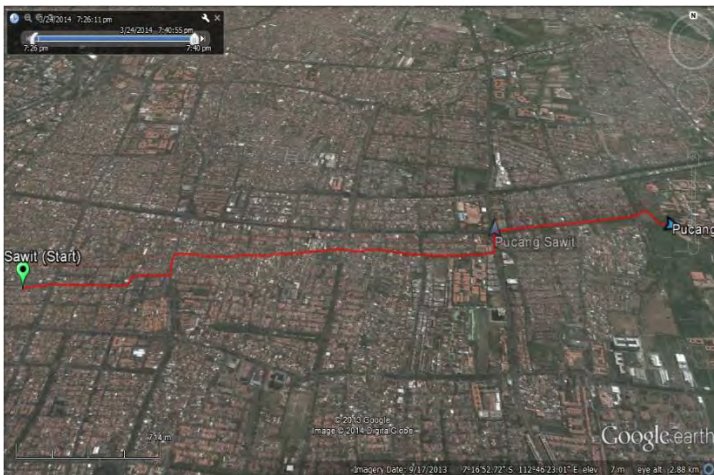
Adapun langkah penggunaan aplikasi tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Nyalakan aplikasi My Tracks. Tampilan awal aplikasi My Tracks ditunjukkan pada gambar 3.3



Gambar 3.2 Aplikasi My Tracks

- b. Ikuti kendaraan pengangkut sampah
- c. Hentikan aplikasi My Tracks
- d. Unggah rute yang didapatkan ke Google Drive
- e. Unduh rute yang ada pada Google Drive. Rute tersebut dapat dibuka pada Google Maps dan menampilkan hasil seperti gambar 4.4



Gambar 3.3 Contoh Rute Aplikasi My Tracks

2. Jarak tempuh (x)

Jarak tempuh digunakan untuk melakukan perhitungan waktu ritasi metode HCS dan SCS. Jarak tempuh didapatkan dari kegiatan pengambilan data rute pengangkutan sampah. Jarak tempuh bisa diperoleh dari dua metode yaitu perhitungan matematis atau penggunaan aplikasi My Tracks.

a. Perhitungan matematis

Perhitungan matematis didapatkan dari perkalian antara kecepatan kendaraan pengangkut dan waktu tempuh. Kecepatan kendaraan didapatkan dari pengamatan di lapangan dengan memantau speedometer alat transportasi. Waktu tempuh didapatkan dari penggunaan stopwatch dalam pengambilan data rute pengangkutan. Penentuan jarak tempuh dirumuskan sebagai berikut :

$$X = V \times T \quad (3.1)$$

Dimana :

X = Jarak tempuh (Km)

V = Kecepatan kendaraan pengangkut (Km/jam)

T = Waktu tempuh (jam)

b. My Tracks

Aplikasi My Tracks menghasilkan berbagai informasi terkait rute yang dilalui. Jarak tempuh merupakan salah satu informasi yang didapatkan dari aplikasi ini. Tabel 3.1 adalah contoh informasi yang didapatkan dari aplikasi My Tracks yang telah diunggah ke aplikasi Google Drive.

Tabel 3.1 Contoh Informasi My Tracks

Lokasi	Jarak	Unit	Kecepatan rata-rata	Kecepatan Perpindahan	Kecepatan Maksimal	Unit
Pucang	5.52	Km	20.35	21.90	40.23	Km/h

3. Waktu pengambilan kontainer (pc)

Waktu pengambilan kontainer (pc) digunakan dalam metode HCS. Alat yang digunakan untuk mendapatkan data ini adalah stopwatch dan form studi. Langkah yang dilakukan untuk mendapatkan data ini adalah sebagai berikut :

- Siapkan stopwatch dan form studi
- Nyalakan stopwatch saat kendaraan pengangkut mulai memasuki LPS
- Matikan stopwatch saat kendaraan pengangkut meninggalkan LPS

- d. Catatan waktu yang ditunjukkan oleh stopwatch ke dalam form studi yang telah disediakan.

4. Waktu pengosongan kontainer (uc)

Waktu pengosongan kontainer (uc) digunakan dalam metode HCS dan SCS. Alat yang digunakan untuk mendapatkan data ini adalah stopwatch dan form studi. Penggunaan uc HCS berbeda dengan uc pada SCS. Pada HCS, uc didapatkan dari waktu penurunan kontainer kosong di LPS. Sedangkan uc pada SCS didapatkan dari waktu pengosongan kontainer sampah pada LPS. Langkah yang dilakukan untuk mendapatkan data ini adalah sebagai berikut :

- a. Siapkan stopwatch dan form studi
- b. Nyalakan stopwatch saat pekerja mulai menurunkan kontainer dari kendaraan pengangkut (HCS) atau saat pekerja mulai mengosongkan isi kontainer di LPS (SCS)
- c. Matikan stopwatch saat kontainer telah diturunkan atau dikosongkan.
- d. Catatan waktu yang ditunjukkan oleh stopwatch ke dalam form studi yang telah disediakan

5. Waktu di TPA (s)

Waktu di TPA digunakan dalam metode HCS dan SCS. Waktu di TPA adalah lama kendaraan pengangkut di TPA, dimulai dari saat masuk TPA hingga akan keluar TPA. Alat yang digunakan adalah stopwatch dan form studi. Langkah yang dilakukan untuk mendapatkan data ini adalah sebagai berikut :

- a. Siapkan stopwatch dan form studi
- b. Nyalakan stopwatch saat kendaraan pengangkut mulai memasuki TPA
- c. Matikan stopwatch saat kendaraan pengangkut akan meninggalkan TPA
- d. Catatan waktu yang ditunjukkan oleh stopwatch ke dalam form studi yang telah disediakan.

6. Waktu pengangkutan dari LPS ke TPA (h)

Waktu pengangkutan dari LPS ke TPA digunakan dalam metode SCS dan HCS. Alat yang digunakan adalah stopwatch

dan form studi. Langkah yang dilakukan untuk mendapatkan data ini adalah sebagai berikut :

- a. Siapkan stopwatch dan form studi
- b. Nyalakan stopwatch saat kendaraan pengangkut mulai meninggalkan LPS menuju ke TPA
- c. Matikan stopwatch saat kendaraan pengangkut telah sampai di TPA
- d. Catatan waktu yang ditunjukkan oleh stopwatch ke dalam form studi yang telah disediakan.
7. Waktu tempuh antar LPS (dbc)

Waktu pengangkutan dari LPS ke TPA digunakan dalam metode SCS dan HCS. Alat yang digunakan adalah stopwatch dan form studi. Langkah yang dilakukan untuk mendapatkan data ini adalah sebagai berikut :

- a. Siapkan stopwatch dan form studi
- b. Nyalakan stopwatch saat alat transportasi meninggalkan LPS pertama
- c. Matikan stopwatch saat alat transportasi sampai di LPS selanjutnya
- d. Catatan waktu yang ditunjukkan oleh stopwatch ke dalam form studi yang telah disediakan.
8. Jarak tempuh pool ke LPS, antar LPS dan masing-masing LPS ke TPA (X_{ij})

Jarak tempuh pool ke LPS, antar LPS dan masing-masing LPS ke TPA digunakan untuk melakukan analisis rute dengan metode VRPTW. X_{ij} didapatkan dari langkah berikut :

- a. Siapkan Peta Wilayah Studi dan tandai lokasi LPS
- b. Tinjau data tipe jalan dan tandai jalan yang bisa dilalui oleh kendaraan pengangkut
- c. Buat rute dengan mencoba rute yang telah dibuat
- d. Jarak tempuh bisa diperoleh dari 2 metode yaitu perhitungan matematis atau penggunaan aplikasi My Tracks, berikut adalah penjelasan dari 2 metode tersebut :
- i. Perhitungan matematis

Perhitungan matematis didapatkan dari perkalian antara kecepatan kendaraan pengangkut dan waktu tempuh. Kecepatan

kendaraan didapatkan dari pengamatan di lapangan dengan memantau speedometer alat transportasi. Waktu tempuh didapatkan dari penggunaan stopwatch dalam pengambilan data rute pengangkutan. Penentuan jarak tempuh dirumuskan sebagai berikut :

$$X = V \times T$$

Dimana,

X = Jarak tempuh (Km)

V = Kecepatan kendaraan pengangkut (Km/jam)

T = Waktu tempuh (jam)

ii. My Tracks

Aplikasi My Tracks menghasilkan berbagai informasi terkait rute yang dilalui. Jarak tempuh merupakan salah satu informasi yang didapatkan dari aplikasi ini. Contoh informasi dapat dilihat pada Tabel 3.1

9. Waktu dari pool ke LPS 1 (t1)

Waktu dari pool ke LPS 1 adalah waktu yang dibutuhkan kendaraan pengangkut dalam menempuh perjalanan dari pool ke LPS pertama. Waktu tempuh dari pool ke LPS 1 digunakan dalam perhitungan jam kerja pada metode HCS dan SCS. Alat yang digunakan adalah stopwatch dan form studi. Langkah yang dilakukan untuk mendapatkan data ini adalah sebagai berikut :

- a. Siapkan stopwatch dan form studi
- b. Nyalakan stopwatch saat alat transportasi meninggalkan pool
- c. Matikan stopwatch saat alat transportasi sampai di LPS pertama
- d. Catatan waktu yang ditunjukkan oleh stopwatch ke dalam form studi yang telah disediakan.

10. Waktu dari TPA ke pool (t2)

Waktu dari TPA ke pool adalah waktu yang dibutuhkan kendaraan pengangkut dalam menempuh perjalanan pulang dari TPA ke pool. Waktu tempuh dari TPA ke pool digunakan dalam perhitungan jam kerja pada metode HCS dan SCS. Alat yang

digunakan adalah stopwatch dan form studi. Langkah yang dilakukan untuk mendapatkan data ini adalah sebagai berikut :

- a. Siapkan stopwatch dan form studi
- b. Nyalakan stopwatch saat alat transportasi meninggalkan TPA
- c. Matikan stopwatch saat alat transportasi sampai di pool
- d. Catatan waktu yang ditunjukkan oleh stopwatch ke dalam form studi yang telah disediakan.

11. Waktu hambatan (w)

Waktu hambatan adalah waktu yang terbuang karena istirahat pekerja dan kemacetan lalu lintas. Waktu tempuh dari TPA ke pool digunakan dalam perhitungan jam kerja pada metode HCS dan SCS. Alat yang digunakan adalah stopwatch dan form studi. Langkah yang dilakukan untuk mendapatkan data ini adalah sebagai berikut :

- a. Siapkan stopwatch dan form studi
- b. Nyalakan stopwatch saat pekerja istirahat, kendaraan pengangkut terkena macet atau berhenti di lampu lalu lintas
- c. Matikan stopwatch saat pekerja mulai bekerja dan kendaraan pengangkut mulai berjalan
- d. Catatan waktu yang ditunjukkan oleh stopwatch ke dalam form studi yang telah disediakan.

12. Densitas sampah di kendaraan pengangkut

Densitas sampah di kendaraan pengangkut digunakan untuk menentukan faktor kompaksi kendaraan pengangkut. Untuk melakukan perhitungan densitas sampah, dilakukan dengan cara membagi antara berat sampah dalam kendaraan pengangkut dengan volume kendaraan pengangkut. Berat sampah didapatkan dari jembatan timbang yang terdapat di TPA.

13. Lokasi dan Kondisi LPS

Lokasi LPS didapatkan dari penelitian terdahulu dan data Dinas Kebersihan dan Pertamanan yang ditunjang dengan penelitian lapangan untuk menentukan koordinat lokasi. Selain

mendapatkan titik koordinat, penelitian lapangan juga meninjau kondisi eksisting dari LPS.

3.6.2 Data Sekunder

Data sekunder berasal dari laporan instansi terkait serta studi dari penelitian terdahulu. Data sekunder dibutuhkan untuk membantu pengumpulan data primer, melengkapi data untuk perhitungan metode SCS dan HCS, serta sebagai dasar dalam pembuatan rute. Data sekunder yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Peta wilayah studi

Peta wilayah studi digunakan untuk mempermudah memetakan lokasi LPS dan rute pengangkutan. Peta wilayah studi yang berasal dari instansi terkait merupakan gambar tampak atas yang berisikan batas wilayah, jalan serta informasi pendukung lainnya. Peta wilayah studi bisa didapatkan dari Bappeko Surabaya.

2. Jumlah Penduduk

Jumlah penduduk digunakan untuk mengetahui jumlah timbulan sampah yang terdapat pada masing-masing LPS serta volume sampah yang harus terangkut. Jumlah penduduk didapatkan dari Badan Pusat Statistik sedangkan volume sampah terangkut didapatkan dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan.

3. Jumlah kendaraan pengangkut dan pekerja

Jumlah kendaraan pengangkut dan pekerja digunakan untuk mengetahui kendaraan yang harus diteliti serta sebagai variabel bebas dalam penelitian. Jumlah kendaraan pengangkut dan pekerja didapatkan dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan.

4. Volume kendaraan pengangkut

Volume kendaraan pengangkut digunakan untuk menghitung jumlah kontainer yang dikosongkan pada metode SCS serta sebagai data input untuk metode VRPTW. Volume kendaraan pengangkut didapatkan dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan.

5. Volume kontainer di LPS

Volume kontainer di LPS digunakan untuk menghitung jumlah kontainer yang dikosongkan pada metode SCS serta sebagai analisis kebutuhan kontainer pada masing-masing LPS. Volume kontainer di LPS didapatkan dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan.

6. Biaya Operasional dan Perawatan.

Biaya pengangkutan merupakan penjumlahan dari biaya operasional dan biaya perawatan. Biaya operasional meliputi konsumsi BBM, upah supir dan pekerja, upah lembur supir dan pekerja. Sedangkan biaya perawatan meliputi biaya pemeliharaan berkala dan biaya penggantian suku cadang. Biaya operasional dan perawatan digunakan untuk membandingkan biaya pengangkutan dari kondisi saat ini dan kondisi yang baru. Biaya operasional dan perawatan didapatkan dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan.

3.7 Gambaran Umum Wilayah Studi

Gambaran umum wilayah studi berisikan batas wilayah studi, jumlah dan timbulan LPS serta jenis dan jumlah kendaraan pengangkut. Gambaran umum wilayah studi sebagian besar diperoleh dari data sekunder.

3.8 Analisis Data dan Pembahasan

Analisis data dan pembahasan adalah bagian pengolahan data serta pembuatan perencanaan rute pengangkutan. Analisis data dan pembahasan terdiri dari :

3.8.1 Kondisi Eksisting

Kondisi Eksisting membahas timbulan sampah yang terangkut. Untuk mengetahui timbulan sampah di Surabaya Pusat, maka dilakukan proyeksi penduduk terlebih dahulu. Hasil dari proyeksi akan dikalikan dengan timbulan per kapita per hari. Setelah itu, dihitung timbulan sampah yang terangkut. Timbulan sampah terangkut didapatkan dari timbulan sampah berdasarkan proyeksi penduduk dikurangi dengan jumlah sampah yang terangkut per hari untuk masing-masing LPS.

Dari hasil perhitungan tersebut, maka akan didapatkan persen pelayanan kondisi eksisting. Selain itu, dihitung pula kebutuhan kontainer untuk masing-masing lokasi. Kebutuhan kontainer ini akan dibandingkan dengan hasil perhitungan skenario. Selain membahas mengenai timbulan sampah, kondisi eksisting akan membahas pula mengenai hasil sampling HCS dan SCS. Hasil sampling HCS dan SCS akan dihitung trip per hari dan dibandingkan dengan trip lapangan. Dari perhitungan tersebut, didapatkan pula nilai pc dan uc tipikal untuk masing-masing volume kendaraan pengangkut. Nilai tersebut akan digunakan untuk data pada metode VRPTW. Selain nilai pc serta uc, didapatkan pula nilai s dari kendaraan pengangkut. Nilai s tersebut digunakan untuk menghitung trip per hari masing-masing rute hasil aplikasi metode VRPTW. Selain itu, pada kondisi eksisting akan dihitung pula biaya yang dikeluarkan untuk masing-masing kendaraan. Pada perhitungan biaya, akan didapatkan nilai konsumsi bahan bakar untuk masing-masing volume kendaraan.

3.8.2 Aplikasi Metode VRPTW

Aplikasi metode VRPTW dilakukan dengan membuat tiga skenario pengangkutan. Masing-masing skenario dibedakan dari jenis kendaraan pengangkut yang melayani. Pada skenario pertama, semua LPS dilayani dengan kendaraan pengangkut HCS. Sedangkan pada skenario kedua, semua LPS dilayani dengan kendaraan pengangkut SCS. Pada skenario terakhir, LPS dilayani campuran antara kendaraan pengangkut HCS dan SCS. Aplikasi metode VRPTW menggunakan timbulan pada tahun 2019. Sehingga diproyeksikan skenario ini dapat berjalan selama lima tahun.

Aplikasi metode VRPTW dilakukan dengan software Lingo 14.0. Metode VRPTW yang digunakan telah terdapat pada Lampiran B. Metode VRPTW mempunyai keterbatasan diantaranya timbulan sampah yang diangkut tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan membagi timbulan sampah masing-masing LPS

dengan jumlah ritasi yang direncanakan. Perencanaan jumlah ritasi meninjau pula pada kondisi eksisting. Adapun secara umum langkah penggunaan VRPTW adalah sebagai berikut :

1. Masukkan data dalam excel
2. Masukkan batasan rumus ke dalam software Lingo 14.0
3. Unggah data excel ke dalam Lingo 14.0
4. Jalankan program Lingo 14.0
5. Pindahkan hasil program Lingo 14.0 ke spreadsheet excel
6. Olah data yang telah dibuat

Dari hasil aplikasi tersebut, akan dihitung biaya pengangkutan selama lima tahun. Perhitungan tersebut menggunakan persamaan 2.22 hingga 2.24. Setelah perhitungan biaya, masing-masing skenario akan dibandingkan untuk mendapatkan skenario yang termurah. Pada akhir bab, dibahas pula mengenai kelebihan dan kekurangan metode VRPTW untuk pengangkutan sampah.

BAB 4

GAMBARAN UMUM WILAYAH

4.1 Gambaran Umum Rayon Pusat

Rayon Pusat dalam pengangkutan sampah terdiri dari 4 Kecamatan di Surabaya Pusat yaitu Kecamatan Bubutan, Kecamatan Genteng, Kecamatan Tegalsari dan Kecamatan Simokerto. Secara umum, Surabaya Pusat didominasi oleh kawasan pemerintahan serta perniagaan. dengan luas wilayah sebesar 13.82 Km². Peta lokasi rayon pusat dapat dilihat pada Gambar 4.1 dengan batas Wilayah rayon pusat adalah sebagai berikut :

- Utara : Kec. Krembangan, Kec. Semampir, Kec. Kenjeran, Kec. Pabean Cantikan
- Timur : Kec. Gubeng, Kec. Tambaksari
- Selatan : Kec. Sawahan, Kec. Wonokromo
- Barat : Kec. Krembangan, Kec. Asemrowo, Kec. Sawahan.

4.2 Demografi Surabaya Pusat

Surabaya Pusat merupakan wilayah terkecil di Surabaya yang memiliki jumlah penduduk sebesar 380.284 jiwa pada tahun 2012. Penduduk tersebut tersebar dalam 4 Kecamatan. Tabel 4.1 adalah luas wilayah masing-masing Kecamatan di Surabaya Pusat.

Tabel 4.1 Luas Wilayah dan Jumlah Penduduk di Surabaya Pusat tahun 2012

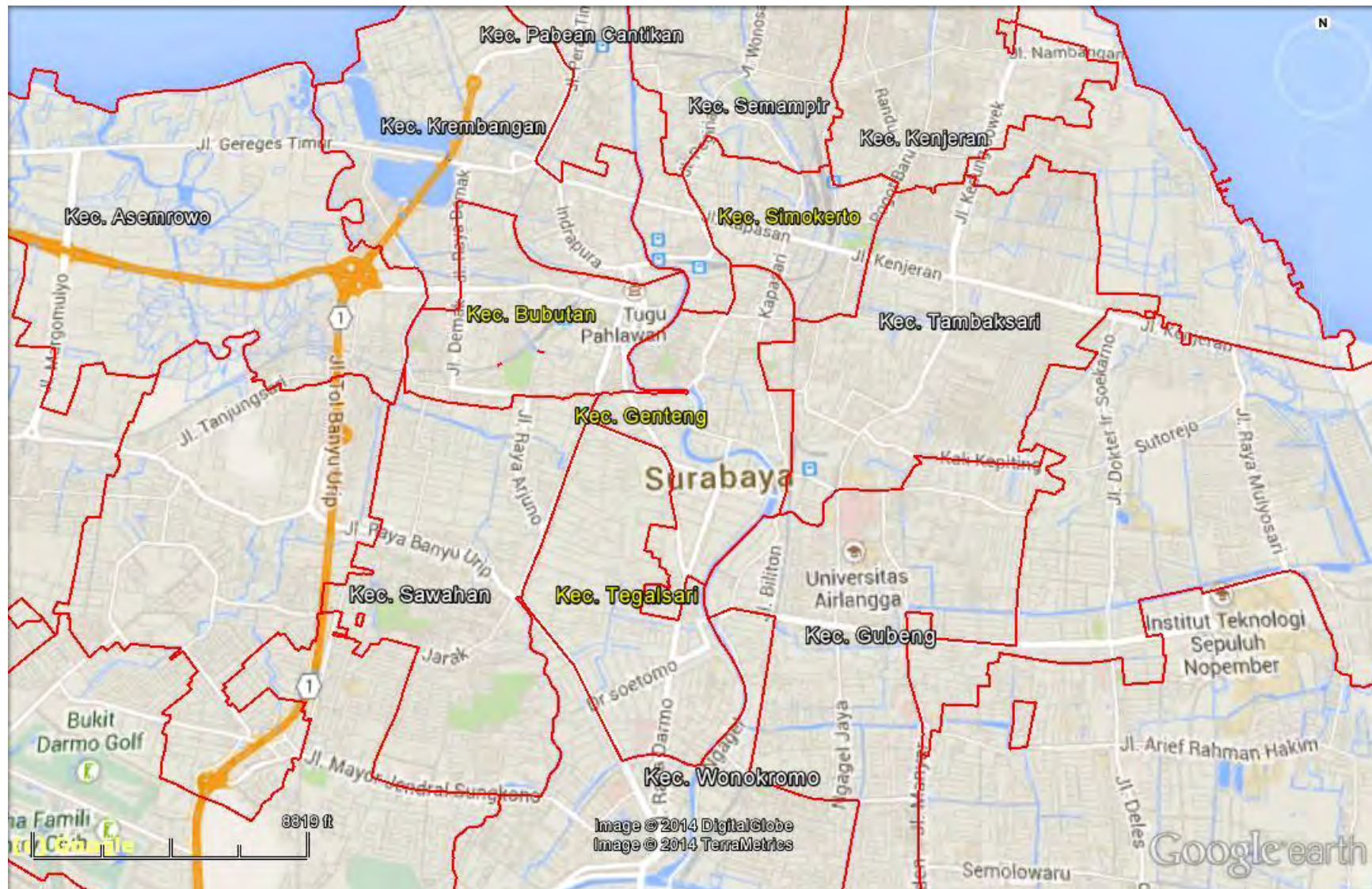
No	Kecamatan	Luas Wilayah (Km ²)	Jumlah Penduduk (jiwa)
1	Bubutan	3.76	115252
2	Genteng	3.1	47907
3	Tegalsari	4.29	116304
4	Simokerto	2.67	100821

Tiap Kecamatan di Surabaya Pusat masing-masing terbagi dalam lima Kelurahan. Kelurahan tersebut rata-rata memiliki penduduk lebih dari 5000 jiwa pada tahun 2012. Tabel 4.2 adalah jumlah penduduk di masing-masing Kelurahan di Surabaya Pusat dalam kurun waktu 2010 hingga 2012.

Tabel 4.2 Jumlah Penduduk 2010-2012 Tiap Kelurahan

Kelurahan	2010	2011	2012
Kecamatan Genteng			
Embong Kaliasin	11463	11807	9480
Ketabang	6777	7645	6489
Genteng	5866	5993	7069
Peneleh	14533	14847	12069
Kapasari	17005	17149	12800
Total	55644	57441	47907
Kecamatan Simokerto			
Kapasan	16203	16980	17009
Tambak Rejo	17663	17668	21480
Simokerto	18856	23822	24124
Sidodadi	16495	16080	15745
Simolawang	19580	22108	22463
Total	88797	96658	100821
Kecamatan Bubutan			
Tembok Dukuh	30561	30919	30942
Bubutan	15152	15240	15177
Alon-alon Contong	7976	7966	7910
Gundih	31281	31673	32009
Jepara	28558	29049	29214
Total	113528	114847	115252
Kecamatan Tegalsari			
Keputran	17412	17869	20966
Dr Soetomo	19487	19669	23018
Tegalsari	19168	19664	21417
Wonorejo	30542	31128	25683
Kedung Doro	25571	26261	25220
Total	112180	114591	116304

(Sumber : Badan Pusat Statistik)



Gambar 4.1 Peta Wilayah Surabaya Pusat

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

4.3 Pengangkutan Sampah Rayon Pusat

Pengangkutan sampah rayon Surabaya Pusat beroperasi mulai pukul 04.30 hingga pukul 15.00. Pengangkutan sampah dilakukan setiap hari tanpa hari libur. Akan tetapi terdapat perbedaan jam kerja antara hari kerja dengan hari libur. Pada hari kerja, jam kerja untuk sopir pengangkut sampah berkisar 8 jam, sedangkan pada hari libur berkisar 6 jam.

Pengangkutan sampah dimulai dari Pool dan berakhir di Pool. Pool kendaraan pengangkut terbagi menjadi 2, yakni Pool Tanjungsari dan Pool Menur. Pool Tanjungsari digunakan untuk kendaraan pengangkut jenis HCS atau *armroll*. Sedangkan Pool Menur digunakan untuk kendaraan pengangkut jenis SCS atau *compactor*. Pembuangan sampah berpusat di TPA Benowo, Surabaya Barat.

Pengangkutan sampah HCS menggunakan sistem pengangkutan kontainer diganti. Artinya, truk membawa kontainer kosong pada saat berangkat ke Pool dan ditukar dengan kontainer yang berisi sampah di LPS. Pada ritasi terakhir, kontainer yang telah dikosongkan di TPA dibawa kembali ke Pool.

Sedangkan untuk pengangkutan SCS, menggunakan sistem kontainer tetap. Pengangkutan SCS dengan menggunakan *compactor* di Surabaya Pusat baru mulai beroperasi pada tahun 2013. Pada pengangkutan tipe SCS, kendaraan pengangkut ada yang melayani dari satu titik kontainer ke titik kontainer lain, namun ada pula yang menetap di satu LPS hingga volume kendaraan penuh.

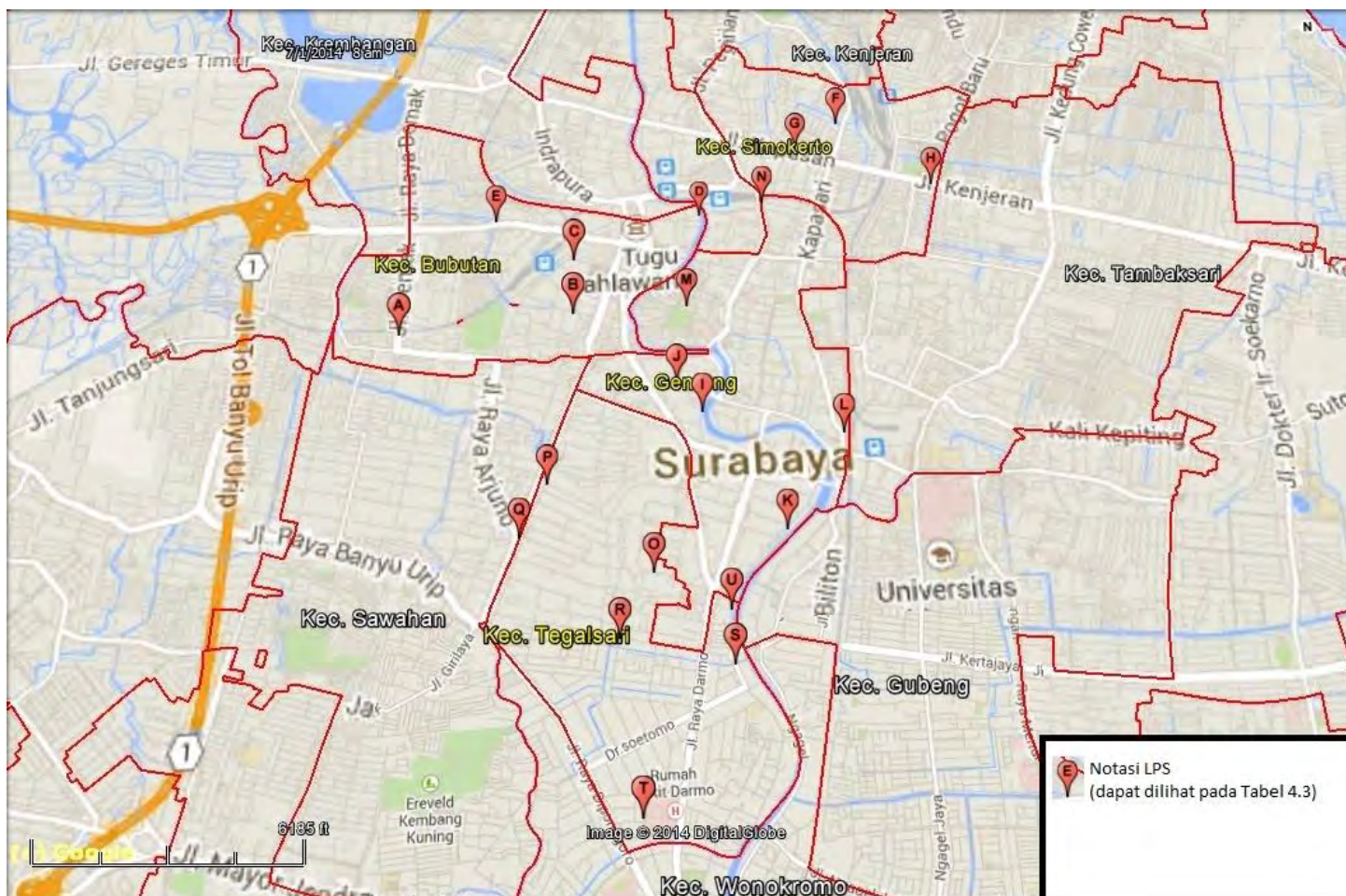
Rayon Pusat memiliki 21 LPS untuk melayani pengumpulan sampah. 21 LPS tersebut tersebar di 4 Kecamatan dengan jumlah tiap Kecamatan berbeda. Perbedaan jumlah tersebut bergantung pada timbulan serta tipe LPS. Lokasi LPS di Surabaya Pusat dapat dilihat pada Tabel 4.3 serta pada Gambar 4.2 .

Tabel 4.3 Lokasi LPS/Depo Sampah di Surabaya Pusat

No	LPS/Depo	Notasi	Lokasi	Koordinat	
				Lintang	Bujur
1	Demak (Kali Butuh)	A	Jalan Demak	7°15'12.98"	112°43'13.52"
2	Pringadi	B	Jalan Pringadi	7°15'09.16"	112°43'59.06"
3	Penghela	C	Jalan Penghela	7°14'53.64"	112°43'59.47"
4	Sulung Kali	D	Jalans Sulung Kali	7°14'38.45"	112°44'31.82"
5	Dupak	E	Jalan Babatan Dupak	7°14'41.41"	112°43'38.78"
6	Simolawang	F	Jalan Simolawang	7°14'15.08"	112°45'12.75"
7	Pasar Kapasan	G	Jalan Simolawang Baru I	7°14'22.68"	112°45'00.89"
8	Tambak Rejo	H	Jalan Kenjeran (depan Makam Rangkah)	7°14'35.05"	112°45'37.13"
9	Simpang Dukuh	I	Jalan Simpang Dukuh	7°15'37.81"	112°44'31.60"
10	Pasar Genteng	J	Jalan Genteng Besar	7°15'29.67"	112°44'25.36"
11	Kayun	K	Jalan Kayun	7°16'09.33"	112°44'51.10"
12	Legundi Anggrek	L	Jalan Anggrek	7°15'44.94"	112°45'07.26"
13	Pecindilan	M	Jalan Raya Pecindilan	7°14'38.74"	112°44'50.68"
14	Makam Peneleh	N	Jalan Makam Peneleh	7°15'08.39"	112°44'28.91"
15	Kedondong	O	Jalan Kedondong	7°16'18.38"	112°44'17.67"
16	Kedung Anyar	P	Jalan Kedung Anyar	7°15'55.31"	112°43'51.77"

No	LPS/Depo	Notasi	Lokasi	Koordinat	
				Lintang	Bujur
17	Pasar Kembang	Q	Jalan Wonorejo III Pasar	7°16'08.57"	112°43'44.75"
18	Pandegiling	R	Jalan Pandegiling	7°16'34.43"	112°44'08.90"
19	Dinoyo	S	Jalan Dinoyo	7°16'41.79"	112°44'36.25"
20	Rumah Sakit Darmo / Ketampon	T	Jalan Taman Ketampon	7°17'15.64"	112°44'13.07"
21	Keputran Selatan	U	Jalan Keputran Selatan	7°16'28.47"	112°44'36.13"

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



Gambar 4.2 Peta Lokasi LPS Surabaya Pusat

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

4.3.1 Tempat Penampungan Sampah

Pengelolaan 21 LPS di Rayon Surabaya Pusat tidak hanya dikelola oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP). Sejumlah tujuh LPS dikelola oleh pihak ketiga atau Rekanan, satu LPS dikelola oleh PD. Pasar Surya, satu LPS dikelola bersama oleh Rekanan dan DKP, serta 12 LPS dikelola oleh DKP. Daftar LPS dan pengelola dapat terlihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Daftar LPS dan Pengelola

No	LPS/Depo	Pengelola
Kecamatan Bubutan		
1	Demak (Kali Butuh)	DKP
2	Pringadi	DKP
3	Penghela	Rekanan
4	Sulung Kali	DKP
5	Dupak	DKP
Kecamatan Simokerto		
6	Simolawang	Rekanan
7	Pasar Kapasan	DKP
8	Tambak Rejo	Rekanan
Kecamatan Genteng		
9	Simpang Dukuh	DKP
10	Pasar Genteng	PD. Pasar
11	Kayun	Rekanan, DKP
12	Legundi	Rekanan
13	Pecindilan	DKP
14	Makam Peneleh	DKP
Kecamatan Tegalsari		
15	Kedondong	Rekanan
16	Kedung Anyar	Rekanan
17	Pasar Kembang	Rekanan
18	Pandegiling	DKP
19	Dinoyo	Rekanan
20	Rumah Sakit Darmo/Ketampon	DKP
21	Keputran Selatan	DKP

(Sumber : DKP, 2013)

Pihak pengelola bertanggung jawab terhadap pengangkutan sampah serta fasilitas di masing-masing LPS. Setiap LPS dilengkapi dengan kontainer untuk menampung timbunan sampah. Jumlah kontainer disesuaikan dengan timbunan sampah masing-masing LPS. Daftar LPS dan jumlah kontainer dapat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Daftar LPS dan Jumlah Kontainer

No	LPS/Depo	Jumlah Kontainer		Ritasi
		Jumlah	Volume (m ³)	
Kecamatan Bubutan				
1	Demak (Kali Butuh)	2	14	2
2	Pringadi	1	14	2
3	Penghela	2	14	3
4	Sulung Kali	1	14	1
5	Dupak	1	14	2
Kecamatan Simokerto				
6	Simolawang	1	20	2
7	Pasar Kapasan	1	14	1
8	Tambak Rejo	3	14	5 s/d 6
Kecamatan Genteng				
9	Simpang Dukuh	17	0.66	1 s/d 2
10	Pasar Genteng	1	14	1
11	Kayun	2 & 1	14 & 6	1 & 1
12	Legundi	2	18	2
13	Pecindilan	25	0.66	1 s/d 2
14	Makam Peneleh	2	6	2
Kecamatan Tegalsari				
15	Kedondong	2	14	2
16	Kedung Anyar	2	14	2
17	Pasar Kembang	1	20	1
18	Pandegiling	44	0.66	1
19	Dinoyo	2	14	2

No	LPS/Depo	Jumlah Kontainer		Ritasi
		Jumlah	Volume (m ³)	
20	Rumah Sakit Darmo / Taman Ketampon	14	0.66	1
21	Keputran Selatan	1	14	1

(Sumber : DKP, 2013)

4.3.2 Kendaraan Pengangkut

Kendaraan pengangkut sampah disediakan oleh masing-masing pengelola. Di Surabaya Pusat, kendaraan pengangkut yang digunakan oleh DKP adalah truk *armroll* dan truk *compactor*. Sedangkan pengelola dari pihak ketiga atau rekanan menggunakan truk *armroll* dan *dump truck*. *Armroll truck* menggunakan model pengangkutan HCS dengan pola kontainer diganti sedangkan *Compactor truck* dan *dump truck* menggunakan model pengangkutan SCS. Dinas Kebersihan dan Pertamanan mengalokasikan 11 *armroll* dan 5 *compactor* untuk melayani Rayon Pusat. Kedua jenis kendaraan tersebut memiliki pool keberangkatan yang berbeda. Pool yang terletak di Jalan Tanjungsari merupakan terminal keberangkatan untuk truk *armroll*, sedangkan truk *compactor* berangkat dari Pool yang terletak di Jalan Menur (kantor pusat DKP).

Truk *armroll* yang disediakan berkapasitas 6 m³ dan 14 m³. Sedangkan truk *compactor* yang disediakan berkapasitas 10 m³. Pengoperasian truk *compactor* terbagi menjadi 2 tipe. Tipe pertama truk *compactor* yang hanya melayani 1 LPS, sedangkan tipe kedua truk *compactor* yang keliling dari satu kontainer ke kontainer lain. Spesifikasi kendaraan pengangkut baik truk *compactor* maupun truk *armroll* yang dilakukan sampling terangkum pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Jenis dan Spesifikasi Truk

No	Jenis Kendaraan	Jumlah roda	Merk dan Type	Tahun	No Polisi
1	Hyd. Cont. / Arm Roll 14M3	Roda 6	Hino FF173MA	1993	L 8038 PP
2	Hyd. Cont. / Arm Roll 14M3	Roda 6	Isuzu FTR33F	2002	L 8012 RP
3	<i>Compactor</i>	Roda 6	HINO/FG8JJB GGJ (FG235JJ)	2013	L 9384 NP
4	<i>Compactor</i>	Roda 6	HINO/FG8JJB GGJ (FG235JJ)	2013	L 9386 NP
4	<i>Compactor</i>	Roda 6	HINO/FG8JJB GGJ (FG235JJ)	2013	L 9385 NP
5	Hyd. Cont. / Arm Roll 8M3	Roda 6	Isuzu NKR 71 E2	2013	L 9412 NP
5	Hyd. Cont. / Arm Roll 8M3	Roda 6	Isuzu NKR 71 E2	2013	L 9413 NP
6	<i>Compactor</i>	Roda 6	HINO/FG8JJB GGJ (FG235JJ)	2014	L 9448 NP

(Sumber : DKP, 2013)

BAB 5

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

5.1 Kondisi Eksisting

Pengambilan data dilakukan dari bulan April – Juni 2014. Data tersebut terbagi menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Data sekunder didapatkan dari instansi terkait seperti Badan Perencanaan dan Pembangunan Kota, Dinas Kebersihan dan Pertamanan, serta Badan Pusat Statistik.

Pengambilan data primer diambil dari kendaraan serta LPS yang dikelola oleh DKP. Data primer yang disampling sejumlah 30% dari total 21 LPS yang dilayani baik oleh kendaraan HCS dan SCS. Data primer diperlukan untuk mendapatkan pc, uc, s, h serta H dari masing-masing jenis kendaraan. Data tersebut akan digunakan dalam penggunaan metode VRPTW.

Pengambilan data primer dilakukan pada hari libur dan hari kerja. Jam operasional pada hari libur selama enam jam, sedangkan pada hari kerja selama delapan jam. Pengambilan data primer dilakukan dengan mengikuti kendaraan pengangkut selama jam operasional. Adapun LPS yang telah disampling terangkum pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Lokasi LPS Sampling

No	LPS/Depo	Kendaraan
1	Demak (Kali Butuh)	<i>Armroll</i> Truk
2	Pringadi	<i>Armroll</i> Truk
3	Simpang Dukuh	<i>Compactor</i> Truk
4	Pasar Bunga Kayoon	<i>Armroll</i> Truk
5	Pandegiling	<i>Compactor</i> Truk
6	Pecindilan	<i>Compactor</i> Truk
7	Makam Peneleh	<i>Armroll</i> Truk

5.1.1 Penentuan Metode Proyeksi Penduduk

Proyeksi penduduk dilakukan untuk memperoleh data timbunan sampah. Untuk melakukan proyeksi penduduk, dibutuhkan data penduduk beberapa tahun terakhir. Namun, data penduduk terlengkap yang dapat diperoleh adalah data penduduk kurun waktu 2010 hingga 2012. Sehingga proyeksi dilakukan dengan data penduduk tersebut. Data penduduk masing-masing kelurahan pada kurun waktu 2010 hingga 2012 dapat dilihat pada Tabel 4.2. Sebelum menentukan metode proyeksi yang digunakan, maka dilakukan perhitungan nilai r untuk masing-masing metode. Perhitungan nilai r menggunakan jumlah penduduk total dari empat kecamatan di wilayah Surabaya Pusat.

5.1.1.1 Metode Aritmatik

Pada metode aritmatik, nilai x merupakan selisih tahun dimana tahun 2010 merupakan tahun ke 0. Sedangkan nilai y merupakan selisih pertumbuhan penduduk tiap tahun, dimana tahun 2010 bernilai 0. Sebagai contoh akan dihitung nilai x dan y tahun 2011 sebagai berikut :

Diketahui :

$$X_{2010} = 0$$

Jumlah penduduk tahun 2010 = 370149 jiwa

Jumlah penduduk tahun 2011 = 383537 jiwa

Sehingga,

$$X_{2011} = 2011 - 2010 = 1$$

$$Y_1 = 383537 - 370149 = 13388$$

Rekapitulasi nilai X dan Y masing-masing tahun dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut :

Tabel 5.2 Rekapitulasi nilai X dan Y Metode Aritmatik

Tahun	Jumlah Penduduk	selisih tahun data (X)	selisih penduduk tiap tahun (Y)
2010	370149	0	0
2011	383537	1	13388

Tahun	Jumlah Penduduk	selisih tahun data (X)	selisih penduduk tiap tahun (Y)
2012	380284	2	-3253
Σ		3	10135

Dari nilai diatas, dapat dicari beberapa komponen yang diperlukan untuk menghitung nilai r dengan persamaan 2.4. Nilai komponen yang diperlukan untuk perhitungan nilai r dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut :

Tabel 5.3 Nilai Komponen Perhitungan <i>r</i>						
Tahun	Jumlah Penduduk	X	Y	XY	X ²	Y ²
2010	370149	0	0	0	0	0
2011	383537	1	13388	13388	1	179238544
2012	380284	2	-3253	-6506	4	10582009
Σ		3	10135	6882	5	189820553

Sehingga didapatkan nilai r dari perhitungan berikut :

$$r = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma y)(\Sigma x)}{\sqrt{\{n(\Sigma y^2) - (\Sigma y)^2\}\{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2\}}}$$

$$r = \frac{3(6882) - (10135)(3)}{\sqrt{\{3(189820553) - (10135^2)\}\{3(5) - (3)^2\}}}$$

$$r = -0.184$$

5.1.1.2 Metode Geometrik

Pada metode geometrik, nilai x merupakan urutan tahun sedangkan nilai y adalah bilangan eksponensial dari jumlah penduduk. Sehingga, pada nilai x, tahun 2010 mempunyai nilai 1 sedangkan untuk mencari nilai y pada tahun 2010 adalah sebagai berikut :

$$\Sigma \text{penduduk 2010} = e^y$$

$$370149 = e^y$$

$$y = \ln(370149)$$

$$y = 12.82$$

Rekapitulasi nilai x dan y untuk metode geometrik dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut:

Tabel 5.4 Nilai X dan Y metode Geometrik

Tahun	Jumlah Penduduk	Urutan Tahun (X)	Eksponsensial Jumlah Penduduk (Y)
2010	370149	1	12.82
2011	383537	2	12.86
2012	380284	3	12.89
Σ		6	38.53

Dari nilai diatas, dapat dicari beberapa komponen yang diperlukan untuk menghitung nilai r dengan persamaan 2.4. Nilai komponen yang diperlukan untuk perhitungan nilai r dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut :

Tabel 5.5 Nilai Komponen Perhitungan r metode Geometrik

Tahun	Jumlah Penduduk	Urutan Tahun (X)	Eksponsensial Jumlah Penduduk (Y)	XY	X ²	Y ²
2010	370149	1	12.82	12.82	1	164.39
2011	383537	2	12.86	25.71	4	165.31
2012	380284	3	12.85	38.55	9	165.09
Σ		6	38.53	77.08	14	494.79

Sehingga didapatkan nilai r dari perhitungan berikut :

$$r = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma y)(\Sigma x)}{\sqrt{\{n(\Sigma y^2) - (\Sigma y)^2\}\{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2\}}}$$

$$r = \frac{3(77.08) - (38.53)(6)}{\sqrt{\{3(494.79) - (38.53)^2\}\{3(14) - (6)^2\}}}$$

$$r = 0.728$$

5.1.1.3 Metode *Least-Square*

Pada metode *least-square*, nilai x merupakan urutan tahun sedangkan nilai y adalah jumlah penduduk dari tahun tersebut. Sehingga, nilai x dan y untuk metode *Least-Square* seperti pada Tabel 5.6 berikut :

Tabel 5.6 Nilai X dan Y metode <i>Least-Square</i>			
Tahun	Jumlah Penduduk	Urutan Tahun (X)	Jumlah Penduduk tiap Tahun (Y)
2010	370149	1	370149
2011	383537	2	383537
2012	380284	3	380284
Σ		6	1133970

Dari nilai X dan Y pada Tabel 5.6, maka dapat ditentukan nilai XY, X^2 dan Y^2 . Nilai XY adalah hasil perkalian nilai X dan Y. Nilai X^2 adalah hasil kuadrat nilai X, sedangkan nilai Y^2 merupakan hasil kuadrat nilai Y. Nilai XY, X^2 dan Y^2 untuk perhitungan r terdapat pada Tabel 5.7 berikut:

Tabel 5.7 Nilai Komponen Perhitungan r Metode <i>Least-Square</i>						
Tahun	Jumlah Penduduk	Urutan Tahun (x)	Jumlah Penduduk tiap Tahun (Y)	XY	X^2	Y^2
2010	370149	1	370149	370149	1	1.37×10^{11}
2011	383537	2	383537	767074	4	1.47×10^{11}
2012	380284	3	380284	1140852	9	1.45×10^{11}
Σ		6	1133970	2278075	14	4.29×10^{11}

Sehingga didapatkan nilai r dari perhitungan berikut :

$$r = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma y)(\Sigma x)}{\sqrt{\{n(\Sigma y^2) - (\Sigma y)^2\}\{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2\}}}$$

$$r = \frac{3(2278075) - (1133970)(6)}{\sqrt{\{3(4.29 \times 10^{11}) - (1133970^2)\}\{3(14) - (6)^2\}}}$$

$$r = 0.726$$

5.1.2 Proyeksi Penduduk

Dari tiga metode pada sub-bab 5.1.1 maka didapatkan nilai r untuk masing-masing metode. Pemilihan metode untuk proyeksi penduduk ditentukan dari nilai r yang paling mendekati satu. Pada Tabel 5.8 dapat diketahui nilai r pada tiga metode tersebut yang paling mendekati satu adalah metode geometrik. Sehingga, perhitungan proyeksi untuk masing-masing kelurahan menggunakan metode geometrik.

Tabel 5.8 Koefisien Relasi masing-masing Metode

Metode	Koefisien Relasi
Aritmatika	-0.184
Geometrik	0.728
<i>Least-Square</i>	0.726

5.1.2.1 Proyeksi Penduduk Tiap Kelurahan

Metode geometrik digunakan untuk memproyeksikan penduduk masing-masing kelurahan. Setiap kelurahan dicari terlebih dahulu nilai koefisien relasi (r). Nilai r tersebut kemudian digunakan untuk memproyeksikan penduduk sesuai dengan tahun yang dicari. Proyeksi penduduk menggunakan persamaan 2.2. Koefisien relasi dihitung dengan membandingkan jumlah penduduk tahun terbaru dengan tahun paling awal. Hasil perbandingan dikurangkan dengan angka 1 untuk mendapatkan nilai r . Berikut adalah r tahun 2011 dan tahun 2012 kelurahan Embong Kaliasin:

Diketahui :

Jumlah Penduduk tahun 2010 = 11463

Jumlah Penduduk tahun 2011 = 11807

Jumlah Penduduk tahun 2012 = 9480

Maka,

$$P_{2011} = P_{2010} (1 + r)^{dn}$$

$$11.807 = 11.463 (1+r)^1$$

$$r = \frac{11.807}{11.463} - 1$$

$$r_{2011} = 0.03$$

$$P_{2012} = P_{2010} (1 + r)^{dn}$$

$$9.480 = 11.463 (1+r)^2$$

$$r = \frac{9.480^{0.5}}{11.463} - 1$$

$$r_{2012} = -0.09$$

Sehingga, nilai r untuk kelurahan Embong Kaliasin adalah rata-rata dari nilai r tahun 2011 dan 2012, yaitu :

$$r = \frac{(r_{2011} + r_{2012})}{2}$$

$$r = -0.03$$

Nilai koefisien relasi masing-masing Kelurahan dapat diketahui pada Tabel 5.9. Sedangkan rekapitulasi perhitungan nilai koefisien relasi masing-masing kelurahan dapat dilihat pada Lampiran C. Nilai koefisien relasi tersebut, kemudian dimasukkan ke persamaan 2.2 untuk mendapatkan jumlah penduduk pada tahun yang dicari. Sebagai contoh akan dihitung jumlah penduduk Kelurahan Embong Kaliasin pada tahun 2014. Sebagai tahun dasar atau tahun ke 0 adalah tahun 2012.

Tabel 5.9 Nilai r masing-masing kelurahan

Kelurahan	Nilai r
Kecamatan Genteng	
Embong Kaliasin	-0.03
Ketabang	0.05
Genteng	0.06
Peneleh	-0.03
Kapasari	-0.06
Kecamatan Simokerto	
Kapasan	0.04
Tambak Rejo	0.05
Simokerto	0.20

Kelurahan	Nilai r
Sidodadi	-0.02
Simolawang	0.10
Kecamatan Bubutan	
Tembok Dukuh	0.01
Bubutan	0.00
Alon-alon Contong	0.00
Gundih	0.01
Jepara	0.01
Kecamatan Tegalsari	
Keputran	0.06
Dr Soetomo	0.05
Tegalsari	0.04
Wonorejo	-0.03
Kedung Doro	0.01

Diketahui :

$$P_o = 9.480$$

$$r = -0.03$$

$$dn = 2$$

Maka, P_{2014} :

$$P_{2014} = P_o (1+r)^{dn}$$

$$P_{2014} = 9480 (1-0.03)^2$$

$$P_{2014} = 8914 \text{ jiwa}$$

Perhitungan di atas dilakukan untuk masing-masing kelurahan untuk kurun waktu 2013 hingga 2019. Kurun waktu tersebut disebabkan pada sub-bab berikutnya akan dihitung timbulan sampah pada tahun 2014 dan 2019. Rekapitulasi proyeksi penduduk setiap tahun masing-masing kelurahan dapat dilihat pada Lampiran D, sedangkan proyeksi penduduk masing-masing kelurahan pada tahun 2014 dan 2019 dapat diketahui pada Tabel 5.10 berikut :

Tabel 5.10 Proyeksi Penduduk Tahun 2014 dan 2019

Kelurahan	Proyeksi Penduduk (jiwa)	
	2014	2019
Kecamatan Genteng		
Embong Kaliasin	8914	7643
Ketabang	7199	9333
Genteng	7938	10609
Peneleh	11273	9504
Kapasari	11263	8180
Total	46587	45269
Kecamatan Simokerto		
Kapasan	18265	21826
Tambak Rejo	23751	30533
Simokerto	34578	85054
Sidodadi	14996	13275
Simolawang	27185	43803
Total	118775	194491
Kecamatan Bubutan		
Tembok Dukuh	31499	32937
Bubutan	15278	15533
Alon-alon Contong	7867	7762
Gundih	32785	34809
Jepara	30056	32268
Total	117485	123308
Kecamatan Tegalsari		
Keputran	23637	31898
Dr Soetomo	25285	31977
Tegalsari	23230	28461
Wonorejo	24070	20468
Kedung Doro	25729	27048
Total	121951	139853

5.1.3 Pelayanan Pengangkutan Sampah Eksisting

Timbulan sampah berasal dari dua sumber, yaitu dari permukiman dan fasilitas umum. Pada subbab ini akan dihitung timbulan sampah dari permukiman, sedangkan timbulan sampah dari fasilitas umum di Surabaya Pusat akan mengikuti dari data DKP untuk LPS yang melayani fasilitas umum (pasar).

Timbulan sampah permukiman didapatkan dari jumlah penduduk dikalikan dengan timbulan sampah per kapita. Menurut Ayuningtyas (2010), timbulan sampah wilayah yang tidak mengikuti program Surabaya Green and Clean sebesar 2.37 L/org.hari. Sebagai contoh akan dihitung timbulan sampah kelurahan Embong Kaliasin pada tahun 2014 sebagai berikut :

Timbulan sampah = Jumlah penduduk x 2.37 L/org.hari

Timbulan sampah = 8914 jiwa x 2.37 L/org.hari

Timbulan sampah = 21127 L/hari

Timbulan sampah = 21 m³/hari

Timbulan sampah untuk masing-masing kelurahan pada tahun 2014 dan tahun 2019 dapat dilihat pada Tabel 5.11. Timbulan sampah tersebut terbagi dalam 21 LPS.

Tabel 5.11 Timbulan Sampah Tiap Kelurahan Tahun 2014 dan 2019

Kelurahan	Timbulan Sampah (m ³)	
	2014	2019
Kecamatan Genteng		
Embong Kaliasin	21	20
Ketabang	17	18
Genteng	19	20
Peneleh	27	26
Kapasari	27	25
Total	110	109
Kecamatan Simokerto		
Kapasan	43	45
Tambak Rejo	56	59
Simokerto	82	98
Sidodadi	36	35

Kelurahan	Timbulan Sampah (m ³)	
	2014	2019
Simolawang	64	71
Total	281	308
Kecamatan Bubutan		
Tembok Dukuh	75	75
Bubutan	36	36
Alon-alon Contong	19	19
Gundih	78	79
Jepara	71	72
Total	278	281
Kecamatan Tegalsari		
Keputran	56	59
Dr Soetomo	60	63
Tegalsari	55	57
Wonorejo	57	55
Kedung Doro	61	62
Total	289	296

5.1.3.1 Timbulan Sampah di LPS

Timbulan sampah di LPS merupakan timbulan sampah yang masuk di masing-masing LPS. Sampah yang masuk dari LPS di Surabaya Pusat bersumber dari permukiman serta fasilitas umum. Sumber sampah dari permukiman di Surabaya Pusat dapat diketahui dari daerah layanan masing-masing LPS. Dari 21 LPS tersebut, terdapat dua LPS yang tidak melayani keseluruhan kelurahan ataupun sebaliknya melayani dari kelurahan di luar Surabaya Pusat. Kelurahan tersebut adalah LPS Dupak dan LPS Legundi.

LPS Dupak melayani Kelurahan Jepara, namun hanya sebagian kecil saja. Hal tersebut disebabkan, timbulan sampah di Kelurahan Jepara sebagian besar dibuang ke LPS lain di luar Surabaya Pusat. Pembuangan tersebut disebabkan kapasitas LPS tersebut lebih besar serta letaknya relatif dekat dengan Kelurahan Jepara.

Sebaliknya, LPS Legundi tidak hanya melayani sampah dari Surabaya Pusat saja. Sumber sampah di LPS Legundi berasal dari

Kelurahan Ketabang dan dua Kelurahan lain di luar Surabaya Pusat yaitu Kelurahan Pacar Keling dan Pacar Kembang. Wilayah Pelayanan masing-masing LPS dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12 LPS dan Wilayah Pelayanan

No	Nama LPS/Depo	Wilayah yang Dilayani
Kecamatan Bubutan		
1	Demak (Kali Butuh)	Kel Tembok Dukuh, Gundih
2	Pringadi	Kel Bubutan, Tembok Dukuh
3	Penghela	Kel Bubutan, Gundih
4	Sulung Kali	Kel. Alun-alun Contong, Kel. Jepara
5	Dupak	Kel. Jepara, Kel Gundih
Kecamatan Simokerto		
6	Simolawang	Kel. Simokerto, Kel. Sidodadi, Kel. Simolawang
7	Pasar Kapasan	Pasar Kapasan
8	Tambak Rejo	Kel. Tambak Rejo, Kel. Kapasan, Kel.Simokerto, Kel. Sidodadi
Kecamatan Genteng		
9	Simpang Dukuh	Kel. Ketabang, Kel. Genteng,
10	Pasar Genteng	Pasar Genteng
11	Kayun	Pasar Bunga,Kel. Embong Kaliasin
12	Legundi	Kel. Pacar Keling, Kel. Ketabang, Kel. Pacar Kembang
13	Makam Peneleh	Kel. Peneleh
14	Pecindilan	Kel. Kapasari
Kecamatan Tegalsari		
15	Kedondong	Kel. Tegalsari, Kel. Kedung Doro
16	Kedung Anyar	Kel. Kedungdoro
17	Pasar Kembang	Kel. Wonorejo, Kel. Tegalsari
18	Pandegiling	Kel. Wonorejo, Kel.Tegalsari, Kel. Keputran
19	Dinoyo	Kel. Keputran, Kel. Dr Soetomo
20	Rumah Sakit Darmo/Ketampon	Kel. Dr. Soetomo
21	Keputran Selatan	Pasar Keputran Selatan

Berdasarkan wilayah pelayanan di atas, maka dapat dihitung timbulan sampah untuk masing-masing LPS. Untuk LPS yang melayani pasar seperti LPS Pasar Kapasan, Pasar Genteng dan Keputran Selatan timbulan sampah mengikuti data dari DKP sebesar 14 m^3 per 3 hari. Sedangkan untuk LPS Kayun yang melayani Pasar Bunga Kayun dan Kelurahan Embong Kaliasin, timbulan sampah dari Pasar Bunga Kayun mengikuti data dari DKP sebesar 8 m^3 sedangkan timbulan Kelurahan Embong Kaliasin akan dihitung dari proyeksi penduduk. Perhitungan timbulan sampah di LPS, sebagai contoh LPS Demak, adalah sebagai berikut :

- Wilayah yang dilayani Kelurahan Tembok Dukuh dan Kelurahan Gundih.
- Kelurahan Tembok Dukuh dilayani sebagian ($1/2$) dari total timbulan, karena sisanya dilayani oleh LPS lain.
- Kelurahan Gundih dilayani $1/6$ bagian, karena wilayah Kelurahan Gundih yang berdekatan dengan LPS Demak sangat kecil.

Sehingga,

$$\text{Timbulan sampah LPS Demak} = \frac{1}{2} \text{ timbulan Kel. Tembok Dukuh} + \frac{1}{6} \text{ timbulan Kel. Gundih}$$

$$\text{Timbulan sampah LPS Demak} = \frac{1}{2} \times 75 \text{ m}^3 + \frac{1}{6} \times 78 \text{ m}^3$$

$$\text{Timbulan sampah LPS Demak} = 50 \text{ m}^3$$

Dari perhitungan di atas, dapat diketahui bahwa timbulan sampah di LPS Demak pada tahun 2014 sebesar 50 m^3 . Presentase wilayah pelayanan LPS untuk tahun 2014 dan 2019 bernilai sama. Presentase tersebut dapat dilihat pada Lampiran E. Hasil perhitungan timbulan sampah masing-masing LPS dapat diketahui pada Tabel 5.13. Pada tabel tersebut, timbulan sampah yang dihitung adalah timbulan pada tahun 2014 dan 2019.

Timbulan tahun 2014 akan digunakan untuk mengetahui kondisi eksisting pengangkutan sampah pada subbab selanjutnya serta digunakan untuk aplikasi metode vrptw. Sedangkan timbulan tahun 2019 digunakan untuk aplikasi metode vrptw. Berikut adalah Tabel 5.13 yang berisi timbulan sampah tiap LPS pada tahun 2014 dan 2019.

Tabel 5.13 Timbulan Sampah tiap LPS Tahun 2014 dan 2019

No	Nama LPS/Depo	Volume Sampah (m ³)	
		2014	2019
Kecamatan Bubutan			
1	Demak (Kali Butuh)	50	51
2	Pringadi	49	50
3	Penghela	63	64
4	Sulung Kali	36	37
5	Dupak	50	50
Kecamatan Simokerto			
6	Simolawang	104	115
7	Pasar Kapasan	14	14
8	Tambak Rejo	178	193
Kecamatan Genteng			
9	Simpang Dukuh	32	33
10	Pasar Genteng	14	14
11	Kayun	30	29
12	Legundi	39	39
13	Makam Peneleh	27	26
14	Pecindilan	27	25
Kecamatan Tegalsari			
15	Kedondong	43	44
16	Kedung Anyar	46	46
17	Pasar Kembang	47	46
18	Pandegiling	56	57
19	Dinoyo	57	61
20	Rumah Sakit Darmo/Ketampon	40	42
21	Keputran Selatan	14	14

Dari Tabel 5.13 dapat diketahui total timbulan sampah di 21 LPS pada tahun 2014 sebesar 997 m³ dan pada tahun 2019 sebesar 1031 m³. Total tersebut merupakan total timbulan sampah domestik dan fasilitas umum yang ada di Surabaya Pusat.

5.1.3.2 Timbulan Sampah Terangkut

Setelah mengetahui timbulan sampah untuk masing-masing LPS, maka dapat diketahui timbulan sampah yang terangkut untuk tahun 2014. Timbulan sampah terangkut dapat dicari dengan metode *weight-volume analysis*. Metode tersebut membandingkan antara berat sampah terangkut dengan berat sampah yang dilayani. Penggunaan berat sampah untuk mengatasi tidak diketahuinya faktor kompaksi pada kendaraan pengangkut.

Untuk dapat menentukan berat sampah, maka diperlukan densitas sampah. Menurut Damanhuri (2010), densitas sampah di kendaraan pengumpul sebesar 0.2 – 0.25 ton/m³ sedangkan densitas sampah di kontainer pengangkut sebesar 0.3 – 0.4 ton/m³. Berikut adalah contoh perhitungan timbulan sampah terangkut di LPS Demak :

Timbulan sampah LPS Demak (V_d) = 50 m³/hari

Volume Kendaraan Pengangkut (v) = 14 m³/trip

Ritasi Kendaraan Pengangkut (N_d) = 2 trip/hari

Densitas sampah lepas (ρ_{lepas}) = 0.2 ton/m³

Densitas sampah di kontainer ($\rho_{kontainer}$) = 0.3 ton/m³

Timbulan tidak terangkut = $V_d \times \rho_{lepas} - v \times \rho_{kontainer} \times N_d$

Timbulan tidak terangkut = $50 \times 0.2 - 14 \times 0.3 \times 2$

Timbulan tidak terangkut = 10 ton – 8 ton

Timbulan tidak terangkut = 2 ton

Dari perhitungan dapat diketahui timbulan sampah tidak terangkut di LPS Demak sebesar 2 ton/hari. Langkah yang sama digunakan untuk menghitung timbulan sampah yang tidak terangkut untuk masing-masing LPS. Timbulan sampah yang tidak terangkut untuk masing-masing LPS terangkum dalam Tabel 5.14 berikut :

Tabel 5.14 Berat Sampah Tidak Terangkut

No	Nama LPS/Depo	Berat Sampah	Berat Terangkut	Berat tidak Terangkut
		ton	ton	ton
Kecamatan Bubutan				
1	Demak (Kali Butuh)	10	8	2
2	Pringadi	10	8	2
3	Penghela	13	13	0
4	Sulung Kali	7	4	3
5	Dupak	10	8	2
Kecamatan Simokerto				
6	Simolawang	21	13	8
7	Pasar Kapasan	4	4	0
8	Tambak Rejo	36	34	2
Kecamatan Genteng				
9	Simpang Dukuh	6	4	2
10	Pasar Genteng	4	4	0
11	Kayun	6	6	0
12	Legundi	9	8	1
13	Makam Peneleh	5	4	1
14	Pecindilan	5	4	1
Kecamatan Tegalsari				
15	Kedondong	9	8	1
16	Kedung Anyar	9	8	1
17	Pasar Kembang	9	6	3
18	Pandegiling	11	8	3
19	Dinoyo	11	9	2
20	Rumah Sakit Darmo/Ketampon	8	4	4
21	Keputran Selatan	4	4	0
Total		207	169	38
Persentase		%	82	18

Dari Tabel 5.14, dapat diketahui berat sampah yang tidak terangkut untuk kondisi eksisting di Surabaya Pusat sebesar 18%. Dapat dikatakan pelayanan sampah di Surabaya Pusat cukup baik. Pernyataan tersebut didasarkan pada standard pelayanan pelayanan

sampah permukiman perkotaan minimal terlayani 80% dari total timbulan (Kementerian Pekerjaan Umum, 2012)

5.1.4 Pelayanan Pengangkutan Sampah

Pengangkutan sampah di Rayon Pusat saat ini dibagi menjadi dua tipe, yaitu tipe HCS dan tipe SCS. Perbedaan dari kedua tipe tersebut adalah kendaraan pengangkut yang digunakan. Tipe HCS menggunakan truk *armroll* sebagai kendaraan pengangkut, sedangkan tipe SCS menggunakan truk *compactor* sebagai kendaraan pengangkut. Untuk menampung sampah di masing-masing LPS, disediakan kontainer dengan volume sesuai kendaraan pengangkut yang digunakan. LPS yang dilayani tipe HCS disediakan kontainer dengan volume 6 m³ dan 14 m³. Sedangkan LPS yang dilayani tipe SCS disediakan kontainer dengan volume 0.66 m³. Jumlah kontainer eksisting masing-masing LPS beserta ritasi kendaraan pengangkut telah tercantum dalam Tabel 4.5.

5.1.4.1 Kebutuhan Kontainer

Selain meninjau dari timbulan yang terangkut, perhitungan kebutuhan kontainer perlu dihitung untuk meninjau efisiensi dari pelayanan sampah saat ini. Kebutuhan kontainer menurut Badan Standard Nasional (2008), dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$CP = \frac{40\% \times Vd \text{ Pemukiman}}{\text{Kapasitas Container} \times \text{Faktor Pemadatan} \times \text{Ritasi}}$$

$$CPN = \frac{Vd \text{ komersil}}{\text{Kapasitas Container} \times \text{Faktor Pemadatan} \times \text{Ritasi}}$$

Dimana, CP adalah kontainer untuk daerah permukiman sedangkan CPN adalah jumlah kontainer untuk daerah komersil.

Menurut Badan Standard Nasional (2008), faktor pemadatan di kontainer adalah sebesar 1.2. Sehingga, untuk mendapatkan jumlah kontainer yang dibutuhkan di LPS Demak dapat dihitung sebagai berikut :

$$CP = \frac{0.4 \times 50 \text{ m}^3}{14 \text{ m}^3 \times 1.2 \times 2}$$

$$CP = 1 \text{ buah}$$

Maka berdasarkan perhitungan tersebut, kontainer yang dibutuhkan untuk LPS Demak sejumlah 1 kontainer. Namun untuk berjaga-jaga jika terjadi kendala pada pelaksanaannya, maka jumlah tersebut dikalikan dengan *Safety Factor* sebesar 2. Sehingga kontainer yang dibutuhkan sejumlah 2 kontainer. Tabel 5.15 adalah kebutuhan kontainer masing-masing LPS pada tahun 2014 dan 2019 dan dibandingkan dengan kondisi eksisting. Pada tabel tersebut dapat diketahui, jumlah kontainer eksisting kurang memadai jika dibandingkan pada perhitungan. Kondisi tersebut diperkirakan mempengaruhi kondisi pengangkutan yang baru melayani 80%.

Pada Tabel 5.15, diketahui jumlah kontainer yang ada saat ini sejumlah 3 kontainer 6 m³, 21 kontainer 14 m³ dan 100 kontainer 0.66 m³. Sedangkan menurut perhitungan, dibutuhkan minimal 4 kontainer 6 m³, 37 kontainer 14 m³ dan 171 kontainer 0.66 m³. Perbedaan jumlah tersebut disebabkan berbedanya jumlah timbulan antara perhitungan dengan DKP. Sebagai contoh, LPS Sulung Kali pada data DKP mempunyai volume 30 m³ sedangkan pada perhitungan sesuai daerah layanan mempunyai volume 36 m³. Sehingga jumlah kontainer yang dibutuhkan menjadi berbeda dengan jumlah kontainer yang tersedia.

Tabel 5.15 Jumlah Kontainer Eksisting dan Dibutuhkan

No	Nama LPS/Depo	Jumlah Kontainer Eksisting			Jumlah Kontainer Dibutuhkan (2014)			Jumlah Kontainer Dibutuhkan (2019)		
		6	14	0.66	6	14	0.66	6	14	0.66
		m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3	m3
Kecamatan Bubutan										
1	Demak (Kali Butuh)	-	2	-	-	2	-	-	2	-
2	Pringadi	-	1	-	-	2	-	-	2	-
3	Penghela	-	2	-	-	1	-	-	2	-
4	Sulung Kali	-	1	-	-	2	-	-	2	-
5	Dupak	-	1	-	-	2	-	-	2	-
Kecamatan Simokerto										
6	Simolawang	-	1'	-	-	3	-	-	3	-
7	Pasar Kapasan	-	1	-	-	1	-	-	1	-
8	Tambak Rejo	-	3	-	-	3	-	-	2	-
Kecamatan Genteng										
9	Simpang Dukuh	-	-	17	-	-	32	-	-	34
10	Pasar Genteng	-	1	-	-	1	-	-	1	-
11	Kayun	1	2	-	1	2	-	1	2	-
12	Legundi	-	2''	-	-	2	-	-	2	-
13	Makam Peneleh	2	-	-	3	-	-	2	-	-
14	Pecindilan	-	-	25	-	1	27	-	-	26
Kecamatan Tegalsari										
15	Kedondong	-	2	-	-	2	-	-	2	-

No	Nama LPS/Depo	Jumlah Kontainer Eksisting			Jumlah Kontainer Dibutuhkan (2014)			Jumlah Kontainer Dibutuhkan (2019)		
		6 m3	14 m3	0.66 m3	6 m3	14 m3	0.66 m3	6 m3	14 m3	0.66 m3
16	Kedung Anyar	-	2	-	-	2	-	-	2	-
17	Pasar Kembang	-	1	-	-	3	-	-	3	-
18	Pandegiling	-	-	44	-	3	71	-	-	73
19	Dinoyo	-	2	-	-	2	-	-	2	-
20	Rumah Sakit Darmo/Ketampon	-	-	14	-	2	41	-	-	43
21	Keputran Selatan	-	1	-	-	1	-	-	1	-
Total		3	21	100	4	37	171	3	31	176

Keterangan : ‘ Volume kontainer 18 m³

“ Volume kontainer 20 m³

5.1.5 Pengangkutan Eksisting HCS

LPS yang menggunakan pengangkutan HCS di Rayon Pusat dilayani oleh truk dengan kapasitas 6 dan 14 m³. 1 LPS di Rayon Pusat dilayani oleh 1 kendaraan pengangkut. Untuk mendapatkan nilai pc, uc dan s masing-masing kendaraan, maka dilakukan sampling sejumlah dua kendaraan 6 m³ dan dua kendaraan 14 m³. Jumlah kendaraan 6 m³ pada kondisi saat ini sejumlah 2 kendaraan. Sedangkan untuk kendaraan 14 m³ sejumlah Tabel 5.4 adalah daftar kendaraan yang telah tersampling melayani Rayon Pusat.

Tabel 5.16 Daftar Kendaraan Tersampling yang Melayani Surabaya Pusat

No	Plat Kendaraan	Pengemudi	Volume Kendaraan
			m ³
1	L 9412 NP	Pak Karmin	6
2	L 9413 NP	Pak Asan	6
3	L 8012 RP	Pak Suffendi	14
4	L 8038 PP	Pak Agus	14

Masing-masing kendaraan memiliki lokasi pengambilan yang berbeda. Sebagai contoh kendaraan L 9413 NP, lokasi yang harus diambil adalah Makam Peneleh serta Kodam. Tabel 5.5 merupakan lokasi LPS yang harus diambil oleh masing-masing kendaraan.

Table 5.1 Kendaraan Tersampling dan Lokasi Pengambilan Sampah

No	Nopol	Nama	LPS Surabaya Pusat	LPS Lain
1	L 9412 NP	Pak Karmin	Pasar Bunga Kayoon	Super Depo Mulyorejo
2	L 9413 NP	Pak Asan	Peneleh	Kodam Brawijaya
3	L 8012 RP	Pak Suffendi	Pringadi	THR
4	L 8038 PP	Pak Agus	Demak	-

Berdasarkan lokasi pengambilan tersebut, maka didapatkan rute yang dilalui oleh kendaraan. Sebagai contoh, kendaraan L 9413 NP, rute yang dilalui adalah Pool Tanjungsari – LPS Peneleh – TPA – LPS Kodam Brawijaya – TPA – LPS Peneleh – TPA – Pool. Rute kendaraan pengangkut lainnya terangkum pada Tabel 5.3.

Tabel 5.17 Rute Kendaraan HCS Tersampling

No	Plat Kendaraan	Pengemudi	Rute Kendaraan
1	L 9412 NP	Pak Karmin	Pool - LPS 1 - TPA - LPS Kayun -TPA - Pool
2	L 9413 NP	Pak Asan	Pool - LPS Peneleh - TPA - LPS 2 - TPA - LPS Peneleh - TPA - Pool
3	L 8012 RP	Pak Suffendi	Pool - LPS Pringadi - TPA - LPS 2 - TPA - Pool
4	L 8038 PP	Pak Agus	Pool - LPS Demak - TPA - LPS Demak - TPA - Pool

Berdasarkan pengambilan data untuk masing-masing rute, maka dapat dianalisis trip per hari dari masing-masing kendaraan. Perhitungan trip dari masing-masing kendaraan terangkum pada Tabel 5.4. Sebagai contoh akan dihitung trip per hari dari kendaraan L 8012 RP.

Contoh Perhitungan :

$$Thcs = (Phcs + s + h)$$

Untuk menghitung Thcs, maka diperlukan nilai dari Phcs, s dan h. Untuk nilai Phcs dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Phcs = pc + uc + dbc$$

$$pc = 0.24 \text{ jam}$$

$$uc = 0.05 \text{ jam}$$

$$dbc = 0 \text{ jam}$$

$$Phcs = 0.29 \text{ jam/trip}$$

Sedangkan s , merupakan waktu yang dihabiskan kendaraan di TPA. Maka s dapat dihitung sebagai berikut :

$$s = 0.15 \text{ jam/trip}$$

h merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menempuh satu trip. Satu trip diartikan sebagai perjalanan dari satu tps ke tpa kemudian ke tps yang lain. Pada kendaraan L 8012 RP, trip yang dilalui sejumlah 1 trip dan 1 perjalanan dari LPS ke TPA. Sehingga perhitungan h dapat dituliskan berikut :

$$\begin{aligned} h &= h \text{ trip 1} + h \text{ trip 2} \\ h &= 0.683 \text{ jam/trip} + 0.883 \text{ jam/trip} \\ h &= 1.57 \text{ jam/trip} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, maka dapat ditarik simpulan nilai $Thcs$ adalah sebagai berikut :

$$Thcs = 2.01 \text{ jam/trip}$$

Nilai $Thcs$ tersebut digunakan untuk menghitung trip per hari. Trip per hari dari kendaraan L 8012 RP dihitung dengan rumus :

$$Nd = [H(1 - W) - (t_1 + t_2)]/Thcs$$

Untuk dapat menghitung trip per hari, diperlukan besaran H , W , t_1 dan t_2 . H merupakan jam operasional kendaraan yaitu 8 jam. W merupakan faktor off route yang didapatkan dari waktu hambatan, seperti istirahat, macet, dibagi dengan waktu operasional. Sedangkan t_1 dan t_2 merupakan waktu dari pool ke tps pertama dan waktu dari tpa ke pool. Maka banyaknya trip kendaraan L 8012 RP perhari dapat adalah :

$$\begin{aligned} H &= 8 \text{ jam/hari} \\ W &= \frac{w}{H} = \frac{0.72}{6} = 0.12 \\ t_1 &= 0.325 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$t_2 = 0.78 \text{ jam}$$

$$Nd = [6(1 - 0.12) - (0.325 + 0.78)]/2.01$$

$$Nd = 2.08 \text{ trip/hari} \approx 2 \text{ trip/hari}$$

Trip tersebut adalah banyaknya trip dari kendaraan L 8012 RP, trip masing-masing kendaraan terangkum pada Tabel 5.5. Pada Tabel tersebut, N_d hitung dibandingkan dengan N_d lapangan. Dari kedua N_d tersebut didapatkan selisih trip untuk masing-masing kendaraan. Untuk kendaraan 1 hingga 3 tidak terdapat selisih trip antara N_d hitung dan N_d lapangan. Sedangkan untuk kendaraan 4 terdapat selisih satu trip antara N_d hitung dan N_d lapangan.

Perbedaan tersebut disebabkan, berdasarkan ritasi yang diinstruksikan untuk LPS Demak sejumlah 2 trip. Sehingga untuk trip yang ketiga tidak dilaksanakan. Rata-rata kendaraan pengangkut di kawasan Surabaya Pusat mendapatkan beban antara 2 – 3 ritasi per kendaraan. Namun, berdasarkan hasil wawancara, jumlah tersebut bersifat fluktuatif bergantung timbulan sampah atau permintaan dari pengelola LPS. Permintaan pengelola LPS biasanya untuk LPS yang melayani fasilitas umum atau komersial. Jadi satu kendaraan diwajibkan melayani satu LPS di Rayon Pusat dan LPS lain sesuai kebutuhan.

Selain jumlah trip, pada kondisi eksisting didapatkan pula nilai pc , uc dan s yang akan digunakan untuk aplikasi metode $vrptw$. Nilai pc dan uc yang didapatkan dibedakan antara kendaraan 6 m^3 dan 14 m^3 . Perbedaan tersebut dikarenakan pada aplikasi $vrptw$ akan dibedakan antara LPS yang dilayani oleh kendaraan 6 m^3 dan 14 m^3 . Nilai tersebut didapatkan dari rata-rata pc , uc dan s masing-masing volume kendaraan. Nilai pc , uc dan s kendaraan 6 m^3 berturut-turut adalah 0.25 jam, 0.03 jam dan 0.21 jam, sedangkan untuk kendaraan 14 m^3 berturut-turut adalah 0.23 jam, 0.05 jam dan 0.16 jam.

Tabel 5.18 Perhitungan Trip Kendaraan Rute Eksisting

No	Nopol	Pengemudi	Phcs	s	h	Thcs	W	H	t1	t2	Nd	Nd lapangan	Selisih
			jam	jam	jam	jam/ trip		jam	jam	jam	trip	trip/ hari	trip/ hari
1	L 9412 NP	Pak Karmin	0.35	0.21	1.79	2.35	0.08	6	0.48	0.64	2	2	0
2	L 9413 NP	Pak Asan	0.21	0.22	1.91	2.33	0.06	8	0.29	0.94	3	3	0
3	L 8012 RP	Pak Suffendi	0.29	0.15	1.57	2.01	0.12	6	0.33	0.78	2	2	0
4	L 8038 PP	Pak Agus	0.26	0.18	1.36	1.79	0.09	6	0.28	0.73	3	2	1

Selain perhitungan trip, dilakukan juga perbandingan jarak dan total penggunaan bahan bakar kendaraan. Penggunaan bahan bakar kendaraan dilakukan dengan metode wawancara kepada pengemudi dan bagian operasional kendaraan DKP. Jarak tempuh dihitung dari total jarak yang ditempuh kendaraan dari keluar Pool hingga kembali ke Pool.

Dengan diketahui jarak serta penggunaan bahan bakar per hari, maka dapat dihitung biaya yang dikeluarkan per hari untuk pemakaian bahan bakar. Selain itu dari data tersebut dapat diketahui biaya rata-rata per hari dari kendaraan pengangkut HCS. Rekapitulasi jarak tempuh serta pemakaian bahan bakar terangkum pada Tabel 5.6.

Tabel 5.19 Jarak Tempuh dan Biaya

No	Nopol	Jarak	BBM	Harga Satuan	Biaya
		Km/hari	L/hari	/L	/hari
1	L 9412 NP	101.07	55	5.500	302.500
2	L 9413 NP	100.80	35	5.500	192.500
3	L 8012 RP	81.4	30	5.500	165.000
4	L 8038 PP	72.5	20	5.500	110.000
		Rata-rata			192.500
		Total			770.000

Dari Tabel 5.6, dapat total biaya bahan bakar untuk 4 kendaraan tersebut adalah sebesar Rp 770.000.00. selain itu dapat diketahui terdapat selisih cukup besar antara jarak tempuh kendaraan 1 dan 2 dengan kendaraan 3 dan 4. Kendaraan 1 dan 2 memiliki jarak tempuh mencapai 100 Km/hari. Sedangkan kendaraan 3 dan 4 paling tinggi memiliki jarak tempuh 81 Km/hari. Konsumsi bahan bakar rata-rata untuk kendaraan dengan volume 6 m³ sebesar 0.45 L/Km, sedangkan 14 m³ sebesar 0.32 L/Km. Konsumsi bahan bakar tersebut akan dipergunakan dalam aplikasi metode VRPTW.

5.1.6 Pengangkutan Eksisting SCS

Kendaraan pengangkut SCS mempunyai volume 10 m³. Namun, volume tersebut bisa bertambah hingga maksimal 25 m³. Besar volume yang tertampung dikarenakan kendaraan pengangkut SCS dilengkapi alat pemadat hidrolis. Sehingga, jika dihitung, faktor kompaksi kendaraan *compactor* memiliki nilai hingga 2.5. Kendaraan pengangkut SCS di Surabaya dijalankan dengan dua pola. Pola yang pertama mengangkut dari LPS seperti kendaraan pengangkut HCS, pola yang kedua mengangkut dari satu titik lokasi container ke lokasi yang lain. Truk SCS beserta rute yang telah selesai di sampling terangkum pada Tabel 5.7. Truk yang telah disamping memiliki pola pertama.

Tabel 5.20 Kendaraan SCS dan Rute yang dilalui

No	Plat Nomor	Pengemudi	Rute
1	L 9384 NP	Pak Arif	Pool - Simpang Dukuh - Pos Polisi Siola - TPA - Pool
2	L 9388 NP	Pak Singgih	Pool - Pecindilan - TPA - Pool
3	L 9385 NP	Pak Erik	Pool - Simpang Dukuh - Pandegiling - TPA - Pool
4	L 9386 NP	Pak Wi	Pool - Pandegiling - TPA - Pool

Berbeda dengan kendaraan pengangkut HCS. Truk SCS hanya boleh melayani di LPS yang telah ditentukan. Jika dalam LPS tersebut timbulan meningkat, maka ada truk dengan pola kedua yang akan mengangkut. Namun sepanjang sampling dilakukan, LPS yang dilayani tidak diangkut oleh truk dengan pola pengangkutan kedua. Berdasarkan wawancara dengan pengemudi truk, ritasi masing-masing kendaraan SCS sebesar satu rit. Namun untuk LPS Pecindilan, ritasi kendaraan sejumlah satu rit untuk hari ini dan dua rit untuk keesokan hari. Sedangkan untuk LPS Pandegiling, dilayani satu rit namun sejumlah dua kendaraan. Penggunaan dua kendaraan tersebut, dikarenakan timbulan di LPS Pandegiling cukup besar.

Dari hasil sampling, dapat diketahui jumlah trip seharusnya dari masing-masing kendaraan. Perhitungan banyak trip dilakukan

dengan menggunakan rumus yang terdapat pada persamaan 2.5 hingga 2.8. Contoh perhitungan dilakukan untuk kendaraan L 9384 NP, dengan data primer yang diperoleh antara lain :

$$\begin{aligned} Ct &= 31 \text{ kontainer} \\ uc &= 0.05 \text{ jam/kontainer} \\ np &= 3 \text{ lokasi/trip} \\ dbc &= 0.15 \text{ jam/lokasi} \end{aligned}$$

Setelah diketahui Ct, uc, np dan dbc, maka dapat dihitung Pscs dengan persamaan 2.6. Sehingga nilai Pscs seperti pada perhitungan berikut :

$$\begin{aligned} Pscs &= 31 \times 0.05 + (3 - 1) \times 0.15 \\ Pscs &= 1.85 \text{ jam/trip} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai Pscs, maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan Tscs. Perhitungan dilakukan dengan persamaan 2.5, berdasar persamaan tersebut maka diambil data s dan h dari data primer sebagai berikut :

$$\begin{aligned} s &= 0.32 \text{ jam/trip} \\ h &= 0.93 \text{ jam/trip} \\ Tscs &= Pscs + s + h \\ Tscs &= 1.85 + 0.32 + 0.93 \\ Tscs &= 3.1 \text{ jam/trip} \end{aligned}$$

Untuk melakukan perhitungan trip, digunakan persamaan 2.8. data primer lain yang diperlukan adalah t_1 , t_2 , H dan w. Berikut adalah data dan perhitungan trip/hari dari kendaraan L 9384 NP :

$$\begin{aligned} t1 &= 0.17 \text{ jam} \\ t2 &= 1.32 \text{ jam} \\ H &= 8 \text{ jam/hari} \\ W &= 0.45 \end{aligned}$$

$$Nd = \frac{\left[8 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times (1 - 0.45) - (0.17 \text{ jam} + 1.32 \text{ jam}) \right]}{3.10 \text{ jam/trip}}$$

$$Nd = 0.94 \frac{\text{trip}}{\text{hari}} \approx 1 \frac{\text{trip}}{\text{hari}}$$

Dari perhitungan di atas, didapatkan trip kendaraan sebesar 1 trip per hari. Kondisi tersebut sudah sesuai dengan kondisi lapangan dimana masing-masing kendaraan mempunyai trip sebesar 1 trip/hari. Perhitungan lebih lanjut terangkum pada Tabel 5.8. Pada perhitungan SCS, dapat diketahui faktor W terlalu besar. W masing-masing kendaraan mencapai 0.5. Dapat diartikan, masing-masing kendaraan mempunyai jam istirahat ataupun jam bebas selama kurang lebih 4 jam. Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2013), waktu di luar pengangkutan yang disediakan berkisar antara 30 – 60 menit untuk beristirahat dan 90 – 120 menit untuk kendaraan mogok.

Waktu *off route* pada kondisi eksisting digunakan kendaraan untuk menunggu kontainer sampah di LPS masing-masing hingga penuh. Kendaraan pengangkut berada di LPS pada pagi hari dengan kondisi kontainer di LPS telah penuh. Namun, karena kapasitas kendaraan belum maksimal, maka kendaraan pengangkut SCS menunggu hingga kontainer di LPS penuh kembali dan mencapai kapasitas maksimal kendaraan. Sehingga dalam pola demikian pengendara tidak melakukan kegiatan yang berkaitan dengan tugasnya selama selang waktu 4 jam.

Selain perhitungan trip, dapat dihitung pula jarak tempuh masing-masing kendaraan. Jarak tempuh dihitung dari panjang rute yang dilalui dari Pool hingga kendaraan kembali ke Pool. Jarak tempuh berpengaruh terhadap pemakaian bahan bakar kendaraan dan biaya operasional yang diperlukan. Rekapitulasi jarak dan penggunaan bahan bakar truk *compactor* terangkum pada Tabel 5.9. Pada Tabel tersebut diketahui total biaya pemakaian bahan bakar pengangkutan sampah SCS saat ini sebesar Rp 660.000. Sedangkan konsumsi bahan bakar sebesar 0.6 L/Km dan jarak tempuh rata-rata sebesar 50.4 Km.

Tabel 5.21 Perhitungan Trip Per Hari Kondisi Eksisting

No	Plat Nomor	Pengemudi	Pscs	s	h	Tscs	t1	t2	W	H	Nd	Nd lapangan	Selisih
			jam/ trip	jam/ trip	jam/ trip	jam/ trip	jam/ trip	jam/ trip		jam/ hari	trip/ hari	trip/hari	trip/hari
1	L 9384 NP	Pak Arif	1.85	0.32	0.93	3.10	0.17	1.32	0.45	8	0.94	1	0
2	L 9388 NP	Pak Singgih	1.55	0.15	1.07	2.77	0.22	1.45	0.52	8	1	1	0
3	L 9385 NP	Pak Erik	1.95	0.27	0.88	3.10	0.18	1.23	0.49	8	1	1	0
4	L 9386 NP	Pak Wi	0.84	0.38	0.98	2.21	0.27	1.38	0.56	8	1	1	0

Tabel 5.22 Rekapitulasi Jarak dan Biaya Pengangkutan Sampah Kendaraan *Compactor*

No	Plat Nomor	Jarak	Bahan Bakar	Harga Satuan	Biaya
		Km/hari	L/hari	/L	Rp/hari
1	L 9384 NP	53.3	35	5500	192.500
2	L 9388 NP	50.6	30	5500	165.000
3	L 9385 NP	50.1	25	5500	137.500
4	L 9386 NP	47.6	30	5500	165.000
Rata-rata					165.000
Total					660.000

5.1.7 Biaya Pengangkutan

Biaya pengangkutan sampah terbagi menjadi dua biaya, yaitu biaya tetap dan biaya berubah. Menurut Kementerian PU (2012), biaya tetap pengangkutan sampah terdiri dari biaya pengadaan truk sedangkan biaya variabel adalah biaya operasional yang terdiri dari biaya bahan bakar, gaji pengendara dan biaya perawatan berkala. Biaya yang dikeluarkan untuk pengangkutan sampah terdapat pada Tabel 5.10 berikut.

Pengeluaran/ Pembelian	Klasifikasi		Harga	
	Biaya Tetap	Biaya Variabel	Rp/satuan	satuan
Truk HCS 6 m ³	v		350.575.500	/buah
Truk HCS 14 m ³	v		629.628.400	/buah
Truk SCS 10 m ³	v		1.197.735.000	/buah
Gaji Pengendara		v	2.200.000	/orang. bulan
Bahan Bakar		v	5.500	/L
Minyak				
Perawatan Berkala		v	1.359.200	/250 jam

Untuk menghitung total biaya pengangkutan dalam satu tahun, digunakan persamaan 2.22. Sebelumnya, terlebih dahulu dicari nilai depresiasi dari biaya pengadaan truk dan pengadaan kontainer. Perhitungan nilai depresiasi dari biaya tetap dihitung menggunakan persamaan 2.23 dan 2.24. Sebagai contoh akan dihitung nilai dari pembelian Truk HCS 6 m³ pada akhir tahun pertama dari umur pakai direncanakan selama 5 tahun. Biaya pada tahun terakhir pemakaian adalah :

$$D_5 = \frac{P}{N}$$

$$D_5 = \frac{350.575.500}{5}$$

$$D_5 = 70.115.100$$

Nilai depresiasi dimasukkan ke dalam perhitungan biaya agar aset yang dimiliki mampu diperoleh kembali pada akhir masa pakai. Nilai depresiasi akan mengurangi biaya tetap, dengan kata lain masih ada sisa laba yang ditahan pada akhir tahun. Harga truk per buah setelah terdepresiasi dalam waktu 5 tahun terdapat dalam Tabel 5.24 berikut :

Tabel 5.24 Harga Truk Terdepresiasi 5 Tahun

Jenis Truk	Harga (Rp/buah)
6 m3	280.460.400
10 m3	958.188.000
14 m3	503.702.720

Dari Tabel 5.24 dapat dihitung total biaya yang dikeluarkan untuk pengangkutan sampah selama 5 tahun. Pada perhitungan ini, akan dihitung biaya pengangkutan sampah untuk lokasi tersampling. Biaya pengangkutan dihitung dengan persamaan 2.22. Rekapitulasi perhitungan dapat diketahui pada tabel 5.25 berikut :

Tabel 5.25 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Tetap dan Biaya Variabel

Biaya Tetap					
Pembelian	Harga	Satuan	Jumlah	Satuan	Total
HCS 6 m ³	280.460.400	buah	2	buah	560.920.800
SCS 10 m ³	958.188.000	buah	4	buah	3.832.752.000
HCS 14 m ³	503.702.720	buah	2	buah	1.007.405.440
Total					5.401.078.240
Biaya Variabel					
Pengeluaran	Harga	Satuan	Jumlah	Satuan	Total
UMR	2.200.000	/org.bln	8	orang	1.056.000.000
Bahan Bakar	5.500	/L	260	L/d	2.609.750.000
Maintenance	1.359.200	/250Jam	8	Jam/d	635.018.240
Total					4.300.768.240

Dari Tabel 5.25, dapat diketahui bahwa biaya tetap untuk 5 tahun yang akan datang senilai Rp 5.4 Milyar, sedangkan biaya variable

senilai Rp 4.3 Milyar. Sehingga total biaya yang dikeluarkan untuk 5 tahun adalah sebagai berikut :

$Total\ Cost = Fixed\ Cost \times Variabel\ Cost$

$Total\ Cost = 5.4\ Milyar + 4.3\ Milyar$

$Total\ Cost = 9.7\ Milyar$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka biaya yang dikeluarkan untuk pengangkutan 7 LPS tersampling sebesar Rp 9.7 Milyar.

5.2 Pelayanan Pengangkutan Sampah 2019

Pada subbab ini, pelayanan pengangkutan sampah sama dengan kondisi eksisting. Perbedaan pelayanan terletak pada timbulan yang terdapat pada masing-masing LPS serta LPS yang dilayani. Timbulan masing-masing LPS menggunakan timbulan hasil proyeksi pada tahun 2019, sedangkan LPS yang dilayani oleh masing-masing kendaraan pengangkut hanya LPS di Surabaya Pusat saja. Ritasi serta volume kendaraan pengangkut disamakan seperti pada kondisi eksisting. Subbab ini menganalisa timbulan sampah yang terangkut, rute pengangkutan serta biaya pengangkutan pada tahun 2019.

5.2.1 Timbulan Sampah Terangkut

Timbulan sampah terangkut pada tahun 2019 dihitung dengan metode *weight-volume analysis*. Seperti pada kondisi eksisting, timbulan sampah yang terangkut bergantung pada kapasitas kendaraan serta ritasi kendaraan. Kapasitas dan ritasi kendaraan pada pembahasan ini diasumsikan sama dengan kondisi tahun 2014. Sehingga, dengan metode seperti pada kondisi eksisting dapat diketahui timbulan sampah yang terangkut seperti pada Tabel 5.26.

Tabel 5.26 Berat Sampah Terangkut 2019

No	Nama LPS/Depo	Berat Sampah	Berat Terangkut	Berat tidak Terangkut
		ton	ton	ton
Kecamatan Bubutan				
1	Demak (Kali Butuh)	10	8	2
2	Pringadi	10	8	2
3	Penghela	13	13	0
4	Sulung Kali	7	4	3
5	Dupak	10	8	2
Kecamatan Simokerto				
6	Simolawang	23	13	10
7	Pasar Kapasan	4	4	0
8	Tambak Rejo	39	34	5
Kecamatan Genteng				
9	Simpang Dukuh	7	4	3
10	Pasar Genteng	4	4	0
11	Kayun	6	6	0
12	Legundi	9	8	1
13	Makam Peneleh	5	4	1
14	Pecindilan	5	4	1
Kecamatan Tegalsari				
15	Kedondong	9	8	1
16	Kedung Anyar	9	8	1
17	Pasar Kembang	9	6	3
18	Pandegiling	12	8	4
19	Dinoyo	12	9	3
20	Taman Ketampon	8	4	4
21	Keputran Selatan	4	4	0
Total		215	169	46
Persentase (%)			79	21

Pada Tabel 5.26 dapat diketahui terjadi penurunan persentase sampah yang terangkut. Jika pada tahun 2014 timbulan sampah dapat terlayani 82%, maka pada tahun 2019 dengan model

pelayanan yang sama hanya dapat melayani 79%. Persentase tersebut tentu di bawah standard yang ditetapkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum (2013) sebesar 80%. Penurunan tersebut diperbaiki dengan aplikasi metode VRPTW. Aplikasi metode direncanakan mengangkut seluruh timbulan pada tahun 2019.

5.2.2 Rute Pengangkutan Tahun 2019

Rute pengangkutan tahun 2019 serupa dengan tahun 2014. Namun, beberapa kendaraan pengangkut yang sebelumnya melayani LPS di luar Surabaya Pusat memiliki rute berbeda. Pada tahun ini, direncanakan kendaraan pengangkut hanya melayani wilayah Surabaya Pusat saja. Sehingga didapatkan 22 rute yang dilalui oleh kendaraan pengangkut. Rute tersebut dapat diketahui pada Tabel 5.27 berikut

Tabel 5.27 Rute Pengangkutan Tahun 2019

Nama	Rute
Rute 1	Pool - Demak - TPA - Demak - TPA - Pool
Rute 2	Pool - Pringadi - TPA - Pringadi - TPA - Pool
Rute 3	Pool - Penghela - TPA - Penghela - TPA - Penghela - TPA - Pool
Rute 4	Pool - Sulung - TPA - Pool
Rute 5	Pool - Dupak - TPA - Dupak - TPA - Pool
Rute 6	Pool - Simo - TPA - Simo - TPA - Pool
Rute 7	Pool - Pasar Kapasan - TPA - Pool
Rute 8	Pool - Tambak Rejo - TPA - Tambak Rejo - TPA - Pool
Rute 9	Pool - Simpang - TPA - Pool
Rute 10	Pool - Pasar Genteng - TPA Pool
Rute 11	Pool - Kayun - TPA - Pool
Rute 12	Pool - Kayun - TPA - Pool
Rute 13	Pool - Legundi - TPA - Legundi - TPA - Pool
Rute 14	Pool - Peneleh - TPA - Peneleh - TPA - Pool
Rute 15	Pool - Pecindilan - TPA - Pool
Rute 16	Pool - Kedondong - TPA - Kedondong - TPA - Pool
Rute 17	Pool - Kedung Anyar - TPA - Kedung Anyar - TPA - Pool
Rute 18	Pool - Pasar Kembang - TPA - Pool
Rute 19	Pool - Pandegiling - TPA - Pool
Rute 20	Pool - Dinoyo - TPA - Dinoyo - TPA - Pool

Nama	Rute
Rute 21	Pool - Taman Ketampon - TPA - Pool
Rute 22	Pool - Keputran - TPA - Pool

Dari 22 rute tersebut, bisa didapatkan jarak tempuh , jumlah dan jenis kendaraan yang melayani serta ritasi masing-masing kendaraan. Pada kondisi ini, didapatkan jumlah ritasi kendaraan yang tidak sama serta jarak tempuh yang berbeda-beda. Perbedaan jarak tempuh dapat diketahui dengan membandingkan antara jarak tempuh terjauh dengan jarak tempuh rata-rata, serta jarak tempuh rata-rata dengan jarak tempuh terdekat. Perhitungan tersebut adalah sebagai berikut :

$$GAP \text{ jarak tempuh} = \frac{(\text{jarak tempuh terjauh} - \text{jarak tempuh rata-rata})}{\text{jarak tempuh rata-rata}} \times 100\%$$

$$GAP \text{ jarak tempuh} = \frac{96-62}{62} \times 100\%$$

$$GAP \text{ jarak tempuh} = 54\%$$

Dari perhitungan di atas, dapat dihitung pula perbedaan untuk jarak terdekat. Perhitungan tersebut menghasilkan kesimpulan perbedaan jarak tempuh sebesar 54% dan 43%. Perbedaan tersebut tidak sesuai dengan ketentuan Kementerian Pekerjaan Umum (2013), yang menyatakan perbedaan jarak tempuh antar rute tidak lebih dari 15%. Permasalahan tersebut akan coba diatasi dengan aplikasi metode VRPTW. Tabel rute, jarak tempuh, jumlah kendaraan serta ritasi kendaraan dapat diketahui pada Tabel 5.28

Tabel 5.28 Rute, Jarak Tempuh, Jumlah dan Jenis Kendaraan serta Ritasi Kendaraan

Nama	Jarak Tempuh (Km)	Jumlah Kendaraan	Ritasi Tiap Kendaraan	Volume Kendaraan (m ³)	Jenis Kendaraan
Rute 1	72	1	2	14	HCS
Rute 2	79	1	2	14	HCS
Rute 3	96	1	3	14	HCS
Rute 4	40	1	1	14	HCS

Nama	Jarak Tempuh (Km)	Jumlah Kendaraan	Ritasi Tiap Kendaraan	Volume Kendaraan (m ³)	Jenis Kendaraan
Rute 5	74	1	2	14	HCS
Rute 6	87	1	2	14	HCS
Rute 7	43	1	1	14	HCS
Rute 8	92	4	2	14	HCS
Rute 9	45	1	1	10	SCS
Rute 10	43	1	1	14	HCS
Rute 11	46	1	1	14	HCS
Rute 12	46	1	1	6	HCS
Rute 13	91	1	2	14	HCS
Rute 14	82	1	2	6	HCS
Rute 15	43	1	1	10	SCS
Rute 16	79	1	2	14	HCS
Rute 17	75	1	2	14	HCS
Rute 18	36	1	1	14	HCS
Rute 19	39	2	1	10	SCS
Rute 20	81	1	2	14	HCS
Rute 21	40	1	1	10	SCS
Rute 22	43	1	1	14	HCS

5.2.3 Biaya Pengangkutan Tahun 2019

Untuk menghitung biaya yang dibutuhkan, diperlukan pemakaian bahan bakar untuk kendaraan 6 m³, 10 m³ dan 14 m³. Dari hasil sampling diketahui, kebutuhan bahan bakar masing-masing kendaraan adalah 0.45 L/Km, 0.6 L/Km dan 0.32 L/Km. Berdasarkan data tersebut, maka dapat dihitung kebutuhan bahan bakar skenario satu adalah 613 L/hari. Angka tersebut didapatkan dari perkalian antara total jarak tempuh masing-masing jenis kendaraan dikalikan kebutuhan bahan bakar masing-masing kendaraan. Sehingga didapatkan total biaya sebesar Rp 26.6 M selama 5 tahun. Berikut adalah Tabel 5.34 yang berisi rincian biaya pengangkutan hingga tahun 2019.

Tabel 5.29 Biaya Pengangkutan Eksistin Tahun 2019

Pembelian	Harga (Rp)	Satuan	Jumlah	Satuan	Total Harga (Rp)
Biaya Tetap					
Truk 6 m3	280.460.400	buah	2	buah	560.920.800
Truk 10 m3	958.188.000	buah	5	buah	4.790.940.000
Truk 14 m3	503.702.720	buah	19	buah	9.570.351.700
UMR	2.200.000	/org. bln	26	orang	3.432.000.000
Total Biaya Tetap					18.354.212.500
Biaya Variabel					
Uang Lembur	9.150	/Jam	0	Jam/hr	-
Bensin	5.500	/L	615	L/hr	6.170.620.700
Maintenance	1.359.200	/250 jam	8	Jam/hr	2.063.809.300
Total Biaya Variabel					8.234.430.000
Total Biaya					26.588.660.000

5.3 Aplikasi Metode VRPTW

Aplikasi Metode VRPTW dilakukan untuk menjawab kekurangan dari kondisi pengangkutan tahun 2019. Pada kondisi pengangkutan tahun 2019, didapatkan permasalahan antara lain timbulan yang terangkut hanya 79%, jumlah jarak tempuh yang berbeda jauh serta ritasi antar kendaraan yang berbeda-beda. Untuk mengatasi hal tersebut, maka sebelum mengaplikasikan metode VRPTW ditetapkan terlebih dahulu timbulan sampah yang terangkut sebesar 100%. Sedangkan untuk jarak tempuh akan bergantung dari masing-masing rute. Selain itu pada aplikasi ini, jam istirahat ditetapkan sebesar 60 menit sehingga faktor *off-route* tidak akan sebesar kondisi eksisting yang mencapai 4 jam.

Aplikasi metode VRPTW dilakukan dengan menggunakan program Lingo 14.0. Dalam aplikasinya, metode ini tidak menentukan jalan mana yang dilalui namun hanya berdasarkan urutan LPS yang dilalui. Jarak tempuh dan jalan yang dilalui ditentukan terlebih dahulu dengan bantuan program Google Earth. Selain itu, model yang digunakan tidak mendefinisikan dua ritasi.

Maka ritasi yang dibutuhkan dihitung terlebih dahulu. Perhitungan ritasi menggunakan persamaan 2.5. Perhitungan ritasi akan dijelaskan di masing-masing skenario. Skenario pengangkutan yang dirancang terdiri dari tiga skenario. Tiga skenario tersebut akan menghitung kebutuhan truk dan rute masing-masing truk. Selain itu, dapat diketahui pula kebutuhan kontainer dari masing-masing skenario yang digunakan. Ketiga skenario tersebut adalah sebagai berikut :

1. Skenario 1

Pada skenario ini LPS di Rayon Pusat dilayani oleh kendaraan pengangkut HCS. LPS yang sebelumnya dilayani oleh kendaraan pengangkut SCS diganti dengan sistem HCS. Kendaraan HCS yang melayani adalah truk *armroll* berkapasitas 6 m³ dan 14 m³. Wilayah yang dilayani hanya LPS yang berada di wilayah Surabaya Pusat saja.

2. Skenario 2

Pada skenario 2, LPS di Rayon Pusat dilayani oleh kendaraan pengangkut SCS. LPS yang sebelumnya dilayani oleh kendaraan pengangkut HCS akan diganti dengan sistem SCS. Kendaraan SCS yang adalah truk *compactor* melayani memiliki volume 10 m³.

3. Skenario 3

Skenario terakhir merupakan campuran dari pelayanan SCS dan HCS. Pada skenario ini, rute pengangkutan mengambil dari skenario 1 dan 2. Rute pengangkutan tersebut akan dikombinasikan sehingga didapatkan rute skenario 3. Kendaraan yang dibutuhkan akan menyesuaikan dengan kebutuhan masing-masing rute

Sesuai dengan nama metode yang digunakan, diperlukan batasan yang dimasukkan dalam program Lingo 14.0. Batasan tersebut ditinjau dari kondisi eksisting dan dari Literatur. Batasan

sebagian besar merupakan batasan waktu. Batasan yang dimaksudkan adalah sebagai berikut :

1. Waktu kerja yang dimasukkan sebesar 8 jam
2. Waktu di LPS untuk kendaraan HCS 6 m³ dan 14 m³ sebesar 0.28 jam, untuk kendaraan SCS sebesar 0.03 untuk masing-masing container.
3. Waktu istirahat maksimal 60 menit
4. Timbulan sampah dapat terangkut semua
5. Kendaraan berangkat hanya dari Pool Tanjungsari dan kembali ke Pool.
6. Kecepatan kendaraan pengangkut 25 Km/jam.
7. Jarak tempuh kendaraan dibatasi maksimal 150 Km.
8. Jarak antar LPS maupun LPS ke Pool sudah ditetapkan terlebih dahulu

Pada batasan poin lima, kendaraan tidak menuju TPA setelah mengambil sampah di LPS. Batasan tersebut muncul, karena metode vrptw dibatasi hanya satu depot sebagai titik berangkat dan kembali. Jika ditambahkan depot lain, maka harus diganti dengan metode lain. Untuk mengatasi hal tersebut, setelah diproses menggunakan program Lingo 14.0. rute yang diperoleh akan dihitung trip menggunakan persamaan HCS dan SCS.

Selain menghitung ulang trip, akan dihitung ulang pula jarak yang ditempuh masing-masing rute. Sebelum memproses dengan Lingo, dibuat terlebih dahulu matriks jarak sebagaimana disebutkan pada batasan poin delapan. Matriks jarak tersebut terkumpul dalam Tabel 5.30

Tabel 5.30 Jarak Antar Lokasi dengan Pool dalam Kilometer

LPS	Pol	Dem	Pri	Pen	Sul	Dup	Sim	Kap	Tam	Smp	Gen	Kay	Leg	Pnl	Pec	Ked	Kda	Kem	Pan	Din	Ket	Kep
Pol	0	3	4	4	5	4	8	7	9	7	7	8	9	6	9	9	9	5	8	9	8	9
Dem	3	0	2	2	4	2	6	5	7	3	3	4	4	3	4	4	3	2	4	6	5	5
Pri	4	2	0	1	2	4	4	3	5	2	3	4	5	3	3	4	3	3	4	6	5	4
Pen	4	2	1	0	1	3	4	3	5	3	3	4	5	2	2	4	3	3	4	6	5	5
Sul	5	4	2	1	0	4	2	2	3	3	3	4	3	1	2	6	4	5	6	5	6	5
Dup	4	2	4	3	4	0	4	4	5	3	4	5	5	3	3	5	5	4	5	6	6	5
Sim	8	6	4	4	2	4	0	1	2	3	4	4	3	3	2	6	6	7	8	5	7	5
Kap	7	5	3	3	2	4	1	0	2	3	4	4	3	3	1	6	6	6	8	5	7	5
Tam	9	7	5	5	3	5	2	2	0	4	4	4	3	3	2	7	7	7	9	6	8	5
Smp	7	3	2	3	3	3	3	3	4	0	2	2	3	3	4	3	4	5	4	3	4	2
Gen	7	3	3	3	3	4	4	4	4	2	0	2	3	1	3	3	4	4	6	3	4	3
Kay	8	4	4	4	4	5	4	4	4	2	2	0	1	2	4	2	3	4	3	1	3	1
Leg	9	4	5	5	3	5	3	3	3	3	3	1	0	3	3	3	4	6	4	3	4	2
Pnl	6	3	3	2	1	3	3	3	3	3	1	2	3	0	1	5	3	4	5	4	6	4
Pec	9	4	3	2	2	3	2	1	2	4	3	4	3	1	0	5	5	5	7	5	6	4
Ked	9	4	4	4	6	5	6	6	7	3	3	2	3	5	5	0	1	2	1	3	5	2
Kda	9	3	3	3	4	5	6	6	7	4	4	3	4	3	5	1	0	1	2	4	3	3
Kem	5	2	3	3	5	4	7	6	7	5	4	4	6	4	5	2	1	0	1	3	3	4
Pan	8	4	4	4	6	5	8	8	9	4	6	3	4	5	7	1	2	1	0	2	2	2
Din	9	6	6	6	5	6	5	5	6	3	3	1	3	4	5	3	4	3	2	0	2	0
Ket	8	5	5	5	6	6	7	7	8	4	4	3	4	6	6	5	3	3	2	2	0	2
Kep	9	5	4	5	5	5	5	5	5	2	3	1	2	4	4	2	3	4	2	0	2	0

5.3.1 Skenario 1

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa metode ini menggunakan kendaraan pengangkut HCS di semua LPS. Sebagai langkah awal ditentukan terlebih dahulu ritasi yang dibutuhkan untuk masing-masing LPS. Ritasi masing-masing LPS ditentukan dari volume timbulan dibagi dengan volume kendaraan pengangkut. Volume timbulan, kendaraan serta ritasi yang dibutuhkan dapat diketahui pada Tabel 5.31. Berikut adalah contoh perhitungan ritasi untuk LPS Demak :

Diketahui :

Timbulan sampah tahun 2014 (V_d) = 50 m³

Volume kendaraan (v) = 14 m³/rit

Maka,

$$R = \frac{V_d}{v}$$

$$R = \frac{50 \text{ m}^3}{14 \text{ m}^3/\text{rit}}$$

$$R = 3.59 \text{ rit} \approx 4 \text{ rit}$$

Tabel 5.31 Volume Timbulan, Kendaraan serta Ritasi

No	Nama LPS/Depo	Volume Timbulan (m ³)		Volume Kendaraan (m ³ /rit)		Ritasi	
		2014	2019	2014	2019	2014	2019
1	Demak	50	51	14	14	4	4
2	Pringadi	49	50	14	14	4	4
3	Penghela	63	64	14	14	4	5
4	Sulung Kali	36	37	14	14	3	3
5	Dupak	50	50	14	14	4	4
6	Simolawang	104	115	14	14	7	8
7	Pasar Kapasan	14	14	14	14	1	1
8	Tambak Rejo	178	193	14	14	13	14
9	Simpang Dukuh	32	33	14	14	2	2
10	Pasar Genteng	14	14	14	14	1	1
11	Kayun	30	29	14	14	2	2
12	Legundi	44	44	14	14	3	3

No	Nama LPS/Depo	Volume Timbunan (m ³)		Volume Kendaraan (m ³ /rit)		Ritasi	
		2014	2019	2014	2019	2014	2019
13	Makam Peneleh	27	26	6	6	4	4
14	Pecindilan	27	25	6	6	4	4
15	Kedondong	43	44	14	14	3	3
16	Kedung Anyar	46	46	14	14	3	3
17	Pasar Kembang	47	46	14	14	3	3
18	Pandegiling	56	57	14	14	4	4
19	Dinoyo	57	61	14	14	4	4
20	Taman Ketampon	40	42	14	14	3	3
21	Keputran Selatan	14	14	14	14	1	1

Karena ada pembulatan di setiap perhitungan, maka dilakukan pengecekan volume yang terangkut untuk setiap rit. Sebelum dilakukan pengecekan, dihitung terlebih dahulu kapasitas maksimum dari kendaraan pengangkut. Dimana factor kompaksi akan diperhitungkan. Menurut Badan Standard Nasional (2008), faktor kompaksi kendaraan pengangkut *armroll* sebesar 1.2. Maka, kapasitas maksimum kendaraan 6 m³ dan 14 m³ berturut-turut adalah 16.8 m³ serta 7.2 m³. Tabel 5.32 akan membandingkan antara jumlah ritasi yang digunakan, volume terangkut serta volume maksimal kendaraan.

Tabel 5.32 Ritasi, Volume Terangkut dan Volume Maksimal Kendaraan

No	Nama LPS/Depo	Ritasi		Volume Terangkut (m ³ /rit)		Volume Kendaraan (m ³)	
		2014	2019	2014	2019	2014	2019
1	Demak	4	4	13	13	16.8	16.8
2	Pringadi	4	4	12	12	16.8	16.8
3	Penghela	4	4	16	16	16.8	16.8
4	Sulung Kali	3	3	12	12	16.8	16.8
5	Dupak	4	4	12	13	16.8	16.8
6	Simolawang	9	9	12	13	16.8	16.8

No	Nama LPS/Depo	Ritasi		Volume Terangkut (m3/rit)		Volume Kendaraan (m3)	
		2014	2019	2014	2019	2014	2019
7	Pasar	1	1	14	14	16.8	16.8
8	Kapasan						
8	Tambak	12	12	15	16	16.8	16.8
9	Rejo						
9	Simpang	2	3	16	11	16.8	16.8
10	Dukuh						
10	Pasar	1	1	14	14	16.8	16.8
11	Genteng						
11	Kayun	2	2	15	15	16.8	16.8
12	Legundi	3	3	15	15	16.8	16.8
13	Makam	4	4	7	6	7.2	7.2
14	Peneleh						
14	Pecindilan	4	4	7	6	7.2	7.2
15	Kedondong	3	3	14	15	16.8	16.8
16	Kedung	3	3	15	15	16.8	16.8
17	Anyar						
17	Pasar	3	3	16	15	16.8	16.8
18	Kembang						
18	Pandegiling	4	4	14	14	16.8	16.8
19	Dinoyo	4	4	14	15	16.8	16.8
20	Taman	3	3	13	14	16.8	16.8
21	Ketampon						
21	Keputran	1	1	14	14	16.8	16.8
	Selatan						

Volume terangkut pada Tabel 5.33 selanjutnya dimasukkan dalam program Lingo 14.0. sedangkan ritasi tidak. Setelah diproses menggunakan Lingo 14.0. maka didapatkan 21 rute untuk 21 LPS.. Tabel 5.33 akan menunjukkan rute hasil program Lingo 14.0. Pada Tabel 5.33 diketahui masing-masing rute baru menjalani satu trip. Dimana masing-masing kendaraan setelah menuju LPS akan langsung menuju ke Pool. Oleh karena itu, dilakukan pengecekan perhitungan trip dengan menyisipkan TPA Benowo sebagai tujuan antara. Berikut adalah Tabel 5.33 yang berisikan Rute Hasil Lingo 14.0

Tabel 5.33 Rute Hasil Lingo 14.0

Nama	Rute yang Dilalui
Rute 1	Pool - Demak - Pool
Rute 2	Pool - Pringadi Pool
Rute 3	Pool - Penghela Pool
Rute 4	Pool - Sulung Pool
Rute 5	Pool - Dupak Pool
Rute 6	Pool - Simo - Pool
Rute 7	Pool - Pasar Kapasan - Pool
Rute 8	Pool - Tambak Pool
Rute 9	Pool - Simpang - Pool
Rute 10	Pool - Pasar Genteng Pool
Rute 11	Pool - Kayun - Pool
Rute 12	Pool - Legundi - Pool
Rute 13	Pool - Peneleh - Pool
Rute 14	Pool - Pecindilan - Pool
Rute 15	Pool - Kedondong - Pool
Rute 16	Pool - Kedung Anyar - Pool
Rute 17	Pool - Pasar Kembang - Pool
Rute 18	Pool -Pandegiling - Pool
Rute 19	Pool - Dinoyo - Pool
Rute 20	Pool - Taman Ketampon - Pool
Rute 21	Pool - Keputran - Pool

Pengecekan trip dilakukan dengan persamaan 2.6 dengan langkah yang sama seperti perhitungan trip kondisi eksisting hasil sampling. Pengecekan trip terangkum dalam Tabel 5.34, sedangkan detail perhitungan dapat diketahui pada Lampiran. Berikut adalah Tabel 5.34 yang berisi hasil perhitungan trip masing-masing rute :

Tabel 5.34 Trip Masing –Masing Rute

No	Nama Rute	Nd trip
1	Rute 1	3
2	Rute 2	3
3	Rute 3	3

No	Nama Rute	Nd
		trip
4	Rute 4	3
5	Rute 5	3
6	Rute 6	3
7	Rute 7	3
8	Rute 8	3
9	Rute 9	3
10	Rute 10	3
11	Rute 11	3
12	Rute 12	3
13	Rute 13	3
14	Rute 14	3
15	Rute 15	3
16	Rute 16	3
17	Rute 17	3
18	Rute 18	3
19	Rute 19	3
20	Rute 20	3
21	Rute 21	3

Pada Tabel 5.34 diketahui trip masing-masing rute maksimal berjumlah tiga trip. Sedangkan trip yang diperlukan untuk masing-masing LPS ada yang lebih dari tiga dan ada yang kurang dari tiga. Kekurangan tersebut diatasi dengan beberapa cara. Cara pertama, menambah jumlah kendaraan pengangkut. Cara tersebut dilakukan untuk LPS yang membutuhkan lebih dari empat trip, yaitu LPS Simolawang dan LPS Tambak Rejo. Jumlah kendaraan yang dibutuhkan didapatkan dengan membagi ritasi yang dibutuhkan dengan ritasi maksimal satu kendaraan. Cara berikutnya adalah menggabungkan LPS yang masing kurang pelayanannya, dengan LPS yang hanya membutuhkan satu rit. LPS yang membutuhkan satu rit adalah LPS yang melayani Pasar.

Langkah tersebut mungkin dilakukan karena LPS yang melayani Pasar, selain hanya membutuhkan satu rit, juga dilayani sekali dalam tiga hari. Sehingga LPS yang kurang satu rit,

kekurangannya dibebankan pada kendaraan yang melayani Pasar. Langkah ini perlu memperhatikan volume kendaraan pengangkut dan jarak antar LPS. Langkah tersebut menyelesaikan permasalahan di lima LPS, yaitu LPS Demak, Pringadi, Penghela, Pandegiling dan Taman Ketampon. Cara yang terakhir dengan menambahkan rute baru. Cara tersebut untuk mengatasi jumlah ritasi LPS Makam Peneleh dan Pecindilan yang masing-masing kekurangan trip. LPS Makam Peneleh dan Pecindilan tidak bisa digabungkan dengan LPS Pasar karena volume kendaraan pengangkut yang berbeda. Rute pengangkutan sampah yang baru terdapat dalam Tabel 5.35 berikut :

Tabel 5.35 Rute Pelayanan Pengangkutan Sampah

Nama	Rute yang Dilalui
Rute 1	Pool - Demak - TPA - Demak - TPA - Demak - TPA - Pool
Rute 2	Pool - Pringadi - TPA - Pringadi - TPA - Pringadi - TPA - Pool
Rute 3	Pool - Penghela - TPA - Penghela - TPA - Penghela - TPA - Pool
Rute 4	Pool - Sulung - TPA - Sulung - TPA - Sulung - TPA - Pool
Rute 5	Pool - Dupak - TPA - Dupak - TPA - Dupak - Pool
Rute 6	Pool - Simo - TPA - Simo - TPA - Simo - TPA - Pool
Rute 7	Pool - Pasar Kapasan - TPA - Penghela - TPA - Dupak - TPA - Pool
Rute 8	Pool - Tambak Rejo - TPA - Tambak Rejo - TPA - Tambak Rejo - TPA - Pool
Rute 9	Pool - Simpang - TPA - Simpang - TPA - Pool
Rute 10	Pool - Pasar Genteng - TPA - Pringadi - TPA - Demak - TPA - Pool
Rute 11	Pool - Kayun - TPA - Kayun - TPA - Pool
Rute 12	Pool - Legundi - TPA - Legundi - TPA - Legundi - TPA - Pool
Rute 13	Pool - Peneleh - TPA - Peneleh - TPA - Peneleh - TPA - Pool
Rute 14	Pool - Pecindilan - TPA - Pecindilan - TPA - Pecindilan - TPA - Pool
Rute 15	Pool - Kedondong - TPA - Kedondong - TPA - Kedondong - TPA - Pool

Nama	Rute yang Dilalui
Rute 16	Pool - Kedung Anyar - TPA - Kedung Anyar - TPA - Kedung Anyar - TPA - Pool
Rute 17	Pool - Pasar Kembang - TPA - Pasar Kembang - TPA - Pasar Kembang - TPA - Pool
Rute 18	Pool - Pandegiling - TPA - Pandegiling - TPA - Pandegiling - TPA - Pool
Rute 19	Pool - Dinoyo - TPA - Dinoyo - TPA - Dinoyo - TPA - Pool
Rute 20	Pool - Taman Ketampon - TPA - Taman Ketampon - TPA - Taman Ketampon - TPA - Pool
Rute 21	Pool - Pandegiling - TPA - Keputran - TPA - Ketampon - TPA - Pool
Rute 22	Pool - Peneleh - TPA - Pecindilan - TPA - Pool

5.3.1.1 Rute Skenario 1

Rute pada Tabel 5.35 merupakan rute untuk tahun 2014 dan 2019. Rute selama 5 tahun tersebut relevan karena jumlah trip masing-masing LPS relatif sama. Meskipun LPS Simpang Dukuh bertambah satu trip, akan tetapi masih bisa teratasi karena rute untuk LPS Simpang Dukuh pada tahun 2014 baru menjalani dua trip dari maksimal tiga trip.

Setelah didapatkan jumlah rute yang harus dilalui, berikutnya dihitung jumlah kendaraan pengangkut dan jarak tempuh masing-masing rute. Jumlah kendaraan pengangkut didapatkan dengan membagi ritasi yang dibutuhkan dengan ritasi hitung. Sedangkan jarak tempuh didapatkan dengan menghitung jarak yang dilalui dengan bantuan matriks jarak pada Tabel 5.30. Jumlah kendaraan pengangkut dan jarak tempuh masing-masing dapat diketahui pada Tabel 5.36. Berikut adalah contoh perhitungan jumlah kendaraan pengangkut dan jarak tempuh untuk LPS Demak :

Diketahui :

Ritasi yang dibutuhkan (R) = 4

Ritasi yang tersedia (Nd) = 3

Jarak tempuh Pool ke TPA (c)= 13.7 Km

Jarak Tempuh Pool ke LPS (a) = 2.6 Km

Jarak Tempuh LPS ke TPA (b)= 18.6 Km

Maka,

$$\text{Jumlah Truk} = \frac{R}{\frac{Nd}{4}}$$

$$\text{Jumlah Truk} = \frac{4}{3}$$

$$\text{Jumlah Truk} = 1$$

$$\text{Jarak Tempuh} = a + (Nd + (Nd - 1)) \times b + c$$

$$\text{Jarak Tempuh} = 2.6 \text{ Km} + (3 + (3 - 1)) \times 18.6 \text{ Km} + 13.7 \text{ Km}$$

$$\text{Jarak Tempuh} = 109.3 \text{ Km} \approx 109 \text{ Km}$$

Tabel 5.36 Rute, Jarak Tempuh dan Jumlah Kendaraan

Nama	Jarak Tempuh	Jumlah Kendaraan	Kapasitas
	Km	Truk	m ³
Rute 1	109	1	14
Rute 2	120	1	14
Rute 3	115	1	14
Rute 4	122	1	14
Rute 5	112	1	14
Rute 6	131	3	14
Rute 7	119	1	14
Rute 8	138	4	14
Rute 9	95	1	14
Rute 10	121	1	14
Rute 11	94	1	14
Rute 12	136	1	14
Rute 13	124	1	6
Rute 14	127	1	6
Rute 15	116	1	14
Rute 16	110	1	14
Rute 17	104	1	14
Rute 18	108	1	14
Rute 19	120	1	14
Rute 20	113	1	14
Rute 21	121	1	14
Rute 22	83	1	6

Berdasarkan Tabel 5.36, dapat diketahui jumlah kendaraan 6 m³ dan 14 m³ yang dibutuhkan berturut-turut adalah 3 truk dan 24 truk. Selain itu, diketahui pula jarak tempuh antar rute tidak

seragam. Jarak tempuh paling jauh terdapat pada rute 8 sebesar 138 Km sedangkan paling dekat pada rute 22 sebesar 83 Km. Perbedaan antar keduanya dengan jarak tempuh rata-rata menghasilkan perbedaan sebesar 20% dan 28%.

5.3.1.2 Jumlah Kontainer Skenario 1

Jumlah kontainer dihitung dengan membagi antara timbulan sampah dengan hasil perkalian antara volume kendaraan pengangkut dan ritasi. Jumlah kontainer tersebut akan dibandingkan dengan jumlah kontainer skenario lain dan kondisi eksisting pada Lampiran. Tabel 5.37 adalah jumlah kontainer untuk skenario satu.

Tabel 5.37 Jumlah Kontainer Skenario 1

No	Nama LPS/Depo	Jumlah Kontainer Skenario 1 (2014)			Jumlah Kontainer Skenario 1 (2019)		
		6	14	0.66	6	14	0.66
		m3	m3	m3	m3	m3	m3
Kecamatan Bubutan							
1	Demak	-	1	-	-	1	-
2	Pringadi	-	1	-	-	1	-
3	Penghela	-	2	-	-	2	-
4	Sulung Kali	-	1	-	-	1	-
5	Dupak	-	1	-	-	1	-
Kecamatan Simokerto							
6	Simolawang	-	1	-	-	1	-
7	Pasar	-	1	-	-	1	-
8	Kapasan	-	2	-	-	2	-
	Tambak	-	2	-	-	2	-
	Rejo	-	2	-	-	2	-
Kecamatan Genteng							
9	Simpang	-	2	-	-	1	-
	Dukuh	-	2	-	-	1	-
10	Pasar	-	1	-	-	1	-
	Genteng	-	2	-	-	2	-
11	Kayun	-	2	-	-	2	-
12	Legundi	-	2	-	-	2	-

No	Nama LPS/Depo	Jumlah Kontainer Skenario 1 (2014)			Jumlah Kontainer Skenario 1 (2019)		
		6 m3	14 m3	0.66 m3	6 m3	14 m3	0.66 m3
13	Makam	1	-	-	1	-	-
	Peneleh						
14	Pecindilan	1	-	-	1	-	-
Kecamatan Tegalsari							
15	Kedondong	-	2	-	-	2	-
16	Kedung	-	2	-	-	2	-
	Anyar						
17	Pasar	-	2	-	-	2	-
	Kembang						
18	Pandegiling	-	2	-	-	2	-
19	Dinoyo	-	2	-	-	2	-
20	Taman	-	1	-	-	1	-
	Ketampon						
21	Keputran	-	1	-	-	1	-
	Selatan						
Total		2	29	0	2	28	0

5.3.1.3 Biaya Skenario 1

Untuk menghitung biaya yang dibutuhkan pada skenario 1, diperlukan pemakaian bahan bakar untuk kendaraan 6 m³ dan 14 m³. Dari hasil sampling diketahui, kebutuhan bahan bakar masing-masing kendaraan adalah 0.45 L/Km dan 0.32 L/Km. Berdasarkan data tersebut, maka dapat dihitung kebutuhan bahan bakar skenario satu adalah 1077 L/hari. Angka tersebut didapatkan dari perkalian antara total jarak tempuh masing-masing jenis kendaraan dikalikan kebutuhan bahan bakar masing-masing kendaraan. Berikut adalah Tabel 5.38 yang berisi rincian biaya skenario 1 dalam waktu 5 tahun.

Tabel 5.38 Rincian Biaya Skenario 1 Selama 5 Tahun

Pembelian	Harga	Satuan	Jumlah	Satuan	Total
Biaya Tetap					
Truk 6 m3	280.460.400	buah	3	buah	841.381.200
Truk 10 m3	958.188.000	buah	0	buah	-
Truk 14 m3	503.702.720	buah	24	buah	12.088.865.300
UMR	2.200.000	/orang.bulan	27	orang	3.564.000.000
Total Biaya Tetap					16.494.246.500
Biaya Variabel					
Uang Lembur	2.200.000	/ Jam	0	Jam/hari	-
Bensin	5.500	/L	1077	L/hari	10.810.098.500
Maintenance	1.359.200	/250 jam	8	jam/hari	2.143.186.600
Total Biaya Variabel					12.953.285.100
Total Biaya					29.447.531.600

Dari Tabel 5.38 didapatkan biaya untuk skenario 1 sebesar Rp 29.5 Miliar per tahun.

5.3.2 Skenario 2

Sebagai awalan dalam melakukan skenario 2, volume timbulan sampah masing-masing LPS dibagi untuk setiap ritasi. Berdasarkan skenario 1, ritasi maksimal untuk pengangkutan di Surabaya Pusat adalah tiga rit per hari. Oleh sebab itu, untuk skenario 2 tidak dilakukan pembagian ritasi, namun menggunakan hasil perhitungan skenario 1. LPS Simolawang dan Tambak Rejo dilayani lebih dari 3 rit. LPS Simolawang dan Tambak Rejo direncanakan dilayani dalam 6 dan 9 rit. Jumlah ritasi tersebut lebih kecil dari skenario 1. Kecilnya jumlah ritasi tersebut dimungkinkan karena kapasitas angkut kendaraan SCS mencapai 25 m³.

Pada skenario 2, timbulan sampah Pasar dibagi terlebih dahulu dengan angka 3. Pembagian tersebut dikarenakan timbulan sampah di LPS yang melayani Pasar merupakan timbulan dalam waktu tiga hari. Sehingga perlu dicari timbulan per hari. LPS yang melayani Pasar juga dilayani dalam 3 rit. Total timbulan yang diangkut tiap ritasi dan jumlah ritasi dapat dilihat pada Tabel 5.39.

Tabel 5.39 Volume Timbulan, Kapasitas Kendaraan dan Ritasi Tiap LPS

No	Nama LPS/Depo	Volume Timbulan (m ³)		Kapasitas Kendaraan (m ³)		Ritasi	
		2014	2019	2014	2019	2014	2019
1	Demak	50	51	25	25	3	3
2	Pringadi	49	50	25	25	3	3
3	Penghela	63	64	25	25	3	3
4	Sulung Kali	36	37	25	25	3	3
5	Dupak	50	50	25	25	3	3
6	Simolawang	104	115	25	25	6	6
7	Pasar	14	14	25	25	3	3
8	Kapasan						
8	Tambak Rejo	178	193	25	25	9	9
9	Simpang	32	33	25	25	3	3
	Dukuh						

No	Nama LPS/Depo	Volume Timbunan (m ³)		Kapasitas Kendaraan (m ³)		Ritasi	
		2014	2019	2014	2019	2014	2019
10	Pasar Genteng	14	14	25	25	3	3
11	Kayun	30	29	25	25	3	3
12	Legundi	44	44	25	25	3	3
13	Makam Peneleh	27	26	25	25	3	3
14	Pecindilan	27	25	25	25	3	3
15	Kedondong	43	44	25	25	3	3
16	Kedung Anyar	46	46	25	25	3	3
17	Pasar Kembang	47	46	25	25	3	3
18	Pandegiling	56	57	25	25	3	3
19	Dinoyo	57	61	25	25	3	3
20	Taman Ketampon	40	42	25	25	3	3
21	Keputran Selatan	14	14	25	25	3	3

Volume terangkut pada Tabel 5.39 selanjutnya dimasukkan dalam program Lingo 14.0. sedangkan ritasi tidak. Setelah diproses menggunakan Lingo 14.0. maka didapatkan 14 rute untuk 21 LPS.. Tabel 5.40 akan menunjukkan rute hasil program Lingo 14.0. Pada Tabel 5.40 diketahui masing-masing rute baru menjalani satu trip. Dimana masing-masing kendaraan setelah menuju LPS akan langsung menuju ke Pool. Oleh karena itu, dilakukan pengecekan perhitungan trip dengan menyisipkan TPA Benowo sebagai tujuan antara. Berikut adalah Tabel 5.40 :

Tabel 5.40 Rute Hasil Lingo 14.0

Nama	Rute yang Dilalui
Rute 1	Pool - Demak - Pool
Rute 2	Pool - Pringadi - Pool
Rute 3	Pool - Penghela - Pool
Rute 4	Pool - Dupak - Pool

Nama	Rute yang Dilalui
Rute 5	Pool - Simo - Pool
Rute 6	Pool - Kapasan - Pecindilan - Sulung - Pool
Rute 7	Pool - Tambak - Pool
Rute 8	Pool -Simpang - Ketampon - Pool
Rute 9	Pool - Genteng - Kedondong - Pool
Rute 10	Pool - Kayun - Legundi - Pool
Rute 11	Pool - Kedung Anyar - Peneleh - Pool
Rute 12	Pool - Pasar Kembang - Pool
Rute 13	Pool -Pandegiling - Pool
Rute 14	Pool - Keputran - Dinoyo - Pool

Pengecekan trip dilakukan dengan persamaan 2.6 dengan langkah yang sama seperti perhitungan trip kondisi eksisting hasil sampling. Pengecekan trip terangkum dalam Tabel 5.41, sedangkan detail perhitungan dapat diketahui pada Lampiran. Berikut adalah Tabel 5.41 yang berisi hasil perhitungan trip masing-masing rute :

Tabel 5.41 Rute dan Jumlah Trip

Rute	Nd
1	3
2	3
3	3
4	3
5	3
6	3
7	3
8	3
9	3
10	2
11	3
12	3
13	3
14	3

Pada Tabel 5.41, diketahui bahwa rute 10 hanya dapat melayani 2 trip. Untuk meningkatkan jumlah trip pada rute 10, maka jam kerja untuk rute 10 ditingkatkan menjadi 10 jam. Peningkatan waktu kerja diimbangi dengan peningkatan waktu istirahat. Jika pada rute yang memiliki waktu kerja sebesar 8 jam/hari waktu istirahat yang direncanakan 1 jam, maka untuk durasi 10 jam/hari menjadi 90 menit. Sehingga trip untuk rute 10 menjadi 3 trip per hari.

Permasalahan lain terdapat pada rute 5 dan 7, dimana rute tersebut melayani LPS Simolawang dan LPS Tambak Rejo. Trip untuk kedua LPS tersebut tidak sesuai dengan trip yang dibutuhkan. Untuk meningkatkan jumlah trip, maka masing-masing LPS tersebut ditambahkan jumlah kendaraan pengangkut. LPS Simolawang dilayani 2 kendaraan, sedangkan LPS Tambak Rejo dilayani 3 kendaraan. Sehingga trip untuk 14 rute saat ini menjadi 3 trip. Tabel 5.42 adalah rute yang telah ditambahkan dengan TPA dan menjadi 3 trip.

Tabel 5.42 Rute Terolah

Nama	Rute yang Dilalui
Rute 1	Pool - Demak - TPA - Demak - TPA - Demak - TPA - Pool
Rute 2	Pool - Pringadi - TPA - Pringadi - TPA - Pringadi - TPA - Pool
Rute 3	Pool - Penghela - TPA - Penghela - TPA - Penghela - TPA - Pool
Rute 4	Pool - Dupak - TPA - Dupak - TPA - Dupak - Pool
Rute 5	Pool - Simo - TPA - Simo - TPA - Simo - TPA - Pool
Rute 6	Pool - Kapasan - Pecindilan - Sulung - TPA - Kapasan - Pecindilan - Sulung - TPA - Pool
Rute 7	Pool - Tambak Rejo - TPA - Tambak Rejo - TPA - Tambak Rejo - TPA - Pool
Rute 8	Pool - Simpang - Ketampon - TPA - Simpang - Ketampon - TPA - Simpang - Ketampon - TPA - Pool
Rute 9	Pool - Genteng - Kedondong - TPA - Genteng - Kedondong - TPA - Genteng - Kedondong - TPA - Pool
Rute 10	Pool - Kayun - Legundi - TPA - Kayun - Legundi - TPA - Kayun - Legundi - TPA - Pool

Nama	Rute yang Dilalui
Rute 11	Pool - Kedung Anyar - Peneleh - TPA - Kedung Anyar - Peneleh - TPA - Kedung Anyar - Peneleh - TPA - Pool
Rute 12	Pool - Pasar Kembang - TPA - Pasar Kembang - TPA - Pasar Kembang - TPA - Pool
Rute 13	Pool -Pandegiling - TPA - Pandegiling - TPA - Pandegiling - TPA - Pool
Rute 14	Pool - Keputran - Dinoyo - TPA - Keputran - Dinoyo - TPA - Keputran - Dinoyo - TPA - Pool

5.3.2.1 Rute Skenario 2

Rute pada Tabel 5.42 merupakan rute untuk tahun 2014 dan 2019. Rute selama 5 tahun tersebut relevan karena jumlah trip masing-masing LPS pada skenario ini sama. Setelah didapatkan jumlah rute yang harus dilalui, berikutnya dihitung jumlah kendaraan pengangkut dan jarak tempuh masing-masing rute. Jumlah kendaraan pengangkut didapatkan dengan membagi ritasi yang dibutuhkan dengan ritasi hitung. Sedangkan jarak tempuh didapatkan dengan menghitung jarak yang dilalui dengan bantuan matriks jarak pada Tabel 5.26. Jumlah kendaraan pengangkut dan jarak tempuh masing-masing dapat diketahui pada Tabel 5.39. Berikut adalah contoh perhitungan jumlah kendaraan pengangkut dan jarak tempuh untuk LPS Demak :

Diketahui :

Ritasi yang dibutuhkan (R) = 4

Ritasi yang tersedia (Nd) = 3

Jarak tempuh Pool ke TPA (c)= 13.7 Km

Jarak Tempuh Pool ke LPS (a) = 2.6 Km

Jarak Tempuh LPS ke TPA (b)= 18.6 Km

Maka,

$$\text{Jumlah Truk} = \frac{R}{Nd}$$

$$\text{Jumlah Truk} = \frac{4}{3}$$

$$\text{Jumlah Truk} = 1$$

$$\text{Jarak Tempuh} = a + (Nd + (Nd - 1)) \times b + c$$

$$\text{Jarak Tempuh} = 2.6 \text{ Km} + (3 + (3 - 1)) \times 18.6 \text{ Km} + 13.7 \text{ Km}$$

$$\text{Jarak Tempuh} = 109.3 \text{ Km} \approx 109 \text{ Km}$$

Tabel 5.43 Jarak Tempuh, Jumlah Kendaraan dan Kapasitas Kendaraan

Nama	Jarak	Jumlah	Kapasitas
	Tempuh	Kendaraan	Kendaraan
	Km	Buah	m ³
Rute 1	109	1	25
Rute 2	120	1	25
Rute 3	115	1	25
Rute 4	112	1	25
Rute 5	131	2	25
Rute 6	135	1	25
Rute 7	138	3	25
Rute 8	136	1	25
Rute 9	132	1	25
Rute 10	164	1	25
Rute 11	113	1	25
Rute 12	104	1	25
Rute 13	108	1	25
Rute 14	123	1	25

Dari Tabel 5.43 diketahui jarak tempuh antar rute tidak seragam dan memiliki selisih yang besar. Rute dengan jarak tempuh tertinggi adalah rute 10. sedangkan rute dengan jarak tempuh terendah adalah rute 12. Perbedaan jarak antara kedua rute dengan jarak rata-rata sebesar 32% dan 17%.

5.3.2.2 Jumlah Kontainer Skenario 2

Jumlah kontainer dihitung dengan membagi antara timbulan sampah terangkut dengan volume kontainer. Jumlah kontainer tersebut akan dibandingkan dengan jumlah kontainer skenario lain dan kondisi eksisting pada Lampiran. Tabel 5.44 adalah jumlah kontainer untuk skenario dua.

Tabel 5.44 Jumlah Kontainer Skenario 2 Tahun 2014 dan 2019

No	Nama LPS/Depo	Jumlah Kontainer Skenario 2 (2014)			Jumlah Kontainer Skenario 2 (2019)		
		6 m ³	14 m ³	0.66 m ³	6 m ³	14 m ³	0.66 m ³
Kecamatan Bubutan							
1	Demak	-	-	25	-	-	26
2	Pringadi	-	-	25	-	-	25
3	Penghela	-	-	32	-	-	32
4	Sulung Kali	-	-	18	-	-	19
5	Dupak	-	-	25	-	-	25
Kecamatan Simokerto							
6	Simolawang	-	-	26	-	-	29
7	Pasar	-	-	3	-	-	3
8	Kapasan Tambak Rejo	-	-	30	-	-	32
Kecamatan Genteng							
9	Simpang Dukuh	-	-	16	-	-	17
10	Pasar Genteng	-	-	3	-	-	3
11	Kayun	-	-	15	-	-	15
12	Legundi	-	-	22	-	-	22
13	Makam Peneleh	-	-	13	-	-	13
14	Pecindilan	-	-	13	-	-	13
Kecamatan Tegalsari							
15	Kedondong	-	-	22	-	-	22
16	Kedung Anyar	-	-	23	-	-	23
17	Pasar Kembang	-	-	24	-	-	23
18	Pandegiling	-	-	28	-	-	29
19	Dinoyo	-	-	29	-	-	31
20	Taman Ketampon	-	-	20	-	-	21
21	Keputran Selatan	-	-	3	-	-	3
Total		0	0	416	0	0	426

5.3.2.3 Biaya Skenario 2

Untuk menghitung biaya yang dibutuhkan pada skenario 2, diperlukan pemakaian bahan bakar untuk kendaraan 25 m³. Dari hasil sampling diketahui, kebutuhan bahan bakar masing-masing kendaraan adalah 0.6 L/Km. Berdasarkan data tersebut, maka dapat dihitung kebutuhan bahan bakar skenario dua adalah 1277 L/hari. Angka tersebut didapatkan dari perkalian antara total jarak tempuh masing-masing jenis kendaraan dikalikan kebutuhan bahan bakar masing-masing kendaraan. Selain itu dalam skenario 2 juga terdapat biaya lembur. Biaya lembur dibayarkan kepada pengemudi rute 10 karena melebihi jam kerja pengemudi lain. Berikut adalah Tabel 5.45 yang berisi rincian biaya skenario 2 dalam waktu 5 tahun.

Tabel 5.45 Biaya Skenario 2 selama 5 Tahun

Pembelian	Harga	Satuan	Jumlah	Satuan	Total
Biaya Tetap					
Truk 6 m3	280.460.400	buah	0	buah	-
Truk 10 m3	958.188.000	buah	17	buah	16.289.196.000
Truk 14 m3	503.702.720	buah	0	buah	-
UMR	2.200.000	/org.bln	17	orang	2.244.000.000
Total Biaya Tetap					18.533.196.000
Biaya Variabel					
Uang Lembur	9.150	/ Jam	2	Jam/hari	6.679.500
Bensin	5.500	/Liter	1277	Liter/hari	12.813.701.400
Maintenance	1.359.200	/250 jam	8	Jam/hari	1.349.413.800
Total Biaya Variabel					14.169.794.700
Total Biaya					32.702.990.704

Dari Tabel 5.45, didapatkan biaya tetap untuk skenario 2 sebesar Rp 16.3 Miliar. Biaya variable dari skenario 2 sebesar Rp 16.4 Miliar. Sehingga, total biaya untuk skenario 2 adalah Rp 32.7 Miliar.

5.3.3 Skenario 3

Skenario 3 merupakan gabungan dari skenario 1 dan skenario 2. Pada skenario 3, sebagai awalan akan ditetapkan kriteria LPS yang dilayani oleh kendaraan HCS dan LPS yang dilayani oleh SCS. LPS yang dilayani oleh SCS diutamakan LPS yang saat ini sudah dilayani oleh LPS SCS. Berdasarkan kriteria pertama ada 4 LPS yang sudah dilayani SCS yaitu LPS Simpang, LPS Pecindilan, LPS Pandegiling dan LPS Ketampon. Jika pada skenario 2 LPS tersebut tergabung dalam rute dengan LPS lain, maka LPS lain tersebut ikut dilayani oleh SCS. Kriteria lain adalah jika pada skenario 2 ada rute yang melayani lebih dari satu LPS maka pada skenario 3 dilayani oleh SCS. Sedangkan sisanya yang tidak termasuk dalam 2 kriteria tersebut dilayani oleh HCS. Tabel 5.46 adalah daftar LPS dan kendaraan pengangkut.

No	LPS	Kendaraan Pengangkut
1	Demak (Kali Butuh)	HCS
2	Pringadi	HCS
3	Penghela	HCS
4	Sulung Kali	SCS
5	Dupak	HCS
6	Simolawang	HCS
7	Pasar Kapasan	SCS
8	Tambak Rejo	HCS
9	Simpang Dukuh	SCS
10	Pasar Genteng	SCS
11	Kayun	HCS
12	Legundi	HCS
13	Makam Peneleh	SCS

No	LPS	Kendaraan Pengangkut
14	Pecindilan	SCS
15	Kedondong	SCS
16	Kedung Anyar	SCS
17	Pasar Kembang	HCS
18	Pandegiling	SCS
19	Dinoyo	SCS
20	Taman Ketampon	SCS
21	Keputran Selatan	SCS

Pada skenario 3, tidak dioperasikan lagi melalui program Lingo. Namun mengambil dari rute sebelumnya. Jika ada rute di HCS yang salah satu LPS dilayani oleh SCS, maka LPS tersebut dicari penggantinya berdasarkan jarak tempuh. Sebagai contoh LPS Kapasan pada rute HCS berada satu rute dengan LPS Penghela dan Dupak. Begitu pula LPS Genteng yang berada satu rute dengan LPS Pringadi dan Demak. Maka, LPS Pringadi dipindahkan satu rute dengan LPS Penghela serta Dupak. Sedangkan LPS Demak, dimasukkan ke dalam LPS yang baru melayani 2 trip, yaitu LPS Kayun. Sehingga pada skenario 3 terdapat 10 rute HCS dan 6 rute SCS. Tabel 5.47 adalah rute dan LPS yang dilalui berdasarkan jenis kendaraan pengangkutnya.

Tabel 5.47 Rute dan LPS yang Dilayani

Nama	Rute Dilewati
HCS	
Rute 1	Pool - Simo - TPA - Simo - TPA - Simo - TPA - Pool
Rute 2	Pool - Tambak Rejo - TPA - Tambak Rejo - TPA - Tambak Rejo - TPA - Pool
Rute 3	Pool - Kayun - TPA - Demak - TPA - Kayun - Pool
Rute 4	Pool - Legundi - TPA - Legundi - TPA - Legundi - TPA - Pool
Rute 5	Pool - Demak - TPA - Demak - TPA - Demak - TPA - Pool
Rute 6	Pool - Dupak - TPA - Dupak - TPA - Dupak - Pool
Rute 7	Pool - Penghela - TPA - Penghela - TPA - Penghela - TPA - Pool
Rute 8	Pool - Pringadi - TPA - Pringadi - TPA - Pringadi - TPA - Pool

Nama	Rute Dilewati
Rute 9	Pool - Pasar Kembang - TPA - Pasar Kembang - TPA - Pasar Kembang - TPA - Pool
Rute 10	Pool - Pringadi - TPA - Penghela - TPA - Dupak - TPA - Pool
SCS	
Rute 11	Pool - Kapasan - Pecindilan - Sulung - TPA - Kapasan - Pecindilan - Sulung - TPA - Pool
Rute 12	Pool -Simpang - Ketampon - TPA - Simpang - Ketampon - TPA - Simpang - Ketampon -TPA - Pool
Rute 13	Pool - Genteng - Kedondong - TPA - Genteng - Kedondong - TPA - Genteng - Kedondong - TPA - Pool
Rute 14	Pool - Kedung Anyar - Peneleh - TPA - Kedung Anyar - Peneleh - TPA - Kedung Anyar - Peneleh - TPA - Pool
Rute 15	Pool - Keputran - Dinoyo - TPA - Keputran - Dinoyo - TPA - Keputran - Dinoyo - TPA - Pool
Rute 16	Pool - Pandegiling- TPA - Pandegiling - TPA - Pandegiling - TPA - Pool

Dari Tabel 5.47, dapat diketahui masing-masing rute menempuh tiga trip setiap hari. Jumlah trip tersebut merupakan jumlah trip maksimal untuk daerah Surabaya Pusat.

5.3.3.1 Rute Skenario 3

Setelah didapatkan jumlah rute yang harus dilalui, berikutnya dihitung jumlah kendaraan pengangkut dan jarak tempuh masing-masing rute. Jumlah kendaraan pengangkut didapatkan dengan membagi ritasi yang dibutuhkan dengan ritasi hitung. Sedangkan jarak tempuh didapatkan dengan menghitung jarak yang dilalui dengan bantuan matriks jarak pada Tabel 5.30. Jumlah kendaraan pengangkut dan jarak tempuh masing-masing dapat diketahui pada Tabel 5.48. Berikut adalah contoh perhitungan jumlah kendaraan pengangkut dan jarak tempuh untuk LPS Demak pada rute 5 :

Diketahui :

Ritasi yang dibutuhkan (R) = 4

Ritasi yang tersedia (Nd) = 3

Jarak tempuh Pool ke TPA (c)= 13.7 Km

Jarak Tempuh Pool ke LPS (a) = 2.6 Km

Jarak Tempuh LPS ke TPA (b)= 18.6 Km

Maka,

$$\text{Jumlah Truk} = \frac{R}{Nd}$$

$$\text{Jumlah Truk} = \frac{4}{3}$$

$$\text{Jumlah Truk} = 1$$

$$\text{Jarak Tempuh} = a + (Nd + (Nd - 1)) \times b + c$$

$$\text{Jarak Tempuh} = 2.6 \text{ Km} + (3 + (3 - 1)) \times 18.6 \text{ Km} + 13.7 \text{ Km}$$

$$\text{Jarak Tempuh} = 109.3 \text{ Km} \approx 109 \text{ Km}$$

Tabel 5.48 Jumlah Kendaraan dan Jarak Tempuh		
Rute	Jumlah Kendaraan	Jarak Tempuh (Km)
HCS		
Rute 1	3	131
Rute 2	4	138
Rute 3	1	131
Rute 4	1	136
Rute 5	1	109
Rute 6	1	112
Rute 7	1	115
Rute 8	1	120
Rute 9	1	104
Rute 10	1	115
SCS		
Rute 11	1	135
Rute 12	1	136
Rute 13	1	132
Rute 14	1	113
Rute 15	1	123
Rute 16	1	108

Dari Tabel 5.48 dapat diketahui perbedaan jarak paling jauh adalah rute 2 dan rute 9. Perbandingan jarak antara kedua rute tersebut dengan jarak rata-rata pengangkutan masing-masing sebesar 13% dan 15%.

No	Nama LPS/Depo	Jumlah Kontainer Skenario 3 (2014)			Jumlah Kontainer Skenario 3 (2019)		
		6 m ³	14 m ³	0.66 m ³	6 m ³	14 m ³	0.66 m ³
15	Kedondong	-	-	22	-	-	22
16	Kedung	-					
	Anyar		-	23	-	-	23
17	Pasar	-					
	Kembang		2	-	-	2	-
18	Pandegiling	-	-	29	-	-	29
19	Dinoyo	-	-	31	-	-	31
20	Taman						
	Ketampon	-	-	21	-	-	21
21	Keputran						
	Selatan	-	-	3	-	-	3
Total		0	14	195	0	14	195

5.3.3.3 Biaya Skenario 3

Untuk menghitung biaya yang dibutuhkan pada skenario 3, diperlukan pemakaian bahan bakar untuk kendaraan 14 m³ dan 25 m³. Dari hasil sampling diketahui, kebutuhan bahan bakar masing-masing jenis kendaraan adalah 0.32 L/Km dan 0.6 L/Km. Berdasarkan data tersebut, maka dapat dihitung kebutuhan bahan bakar skenario tiga adalah 1052 L/hari. Angka tersebut didapatkan dari perkalian antara total jarak tempuh masing-masing jenis kendaraan dikalikan kebutuhan bahan bakar masing-masing kendaraan. Berikut adalah Tabel 5.50 yang berisi rincian biaya skenario 3 dalam waktu 5 tahun.

Tabel 5.50 Rincian Biaya Skenario 3

Pembelian	Harga	Satuan	Jumlah	Satuan	Total
Biaya Tetap					
Truk 6 m3	280.460.400	buah	0	buah	-
Truk 10 m3	958.188.000	buah	6	buah	5.749.128.000
Truk 14 m3	503.702.720	buah	15	buah	7.555.540.800
UMR	2.200.000	/org.bln	21	orang	2.772.000.000
Total Biaya Tetap					16.076.668.800
Biaya Variabel					
Uang Lembur	9.150	/ Jam	0	Jam/hari	-
Bensin	5.500	/Liter	1052	Liter/hari	10.559.735.200
Maintenance	1.359.200	/250 jam	8	Jam/hari	1.666.922.900
Total Biaya Variabel					12.226.658.100
Total Biaya					28.303.326.900

Berdasarkan Tabel 5.46, biaya tetap sebesar Rp 13.3 M dan biaya variable sebesar Rp 15 M. Maka total biaya untuk skenario 3 sebesar 28.3 M.

5.4 Perbandingan Antar Skenario

Berdasar pembahasan 5.3, maka didapatkan 3 skenario dari aplikasi metode vrptw. Ketiga skenario tersebut kemudian dibandingkan dengan kondisi pengangkutan tahun 2019. Kondisi pengangkutan dan aplikasi metode akan dibandingkan antara jarak tempuh, biaya, timbulan yang terangkut serta banyak kendaraan pengangkut. Dari ketiga kriteria tersebut maka didapatkan hasil pada Tabel 5.51. Pada Tabel 5.51 diketahui perbedaan jarak tempuh antara ketiga skenario lebih kecil dibandingkan kondisi tahun 2019. Selain itu, pada skenario 2 dan 3 jumlah kendaraan yang dibutuhkan lebih sedikit dibandingkan kondisi eksisting. Untuk skenario 3 mempunyai selisih jarak tempuh rata-rata yang sesuai dengan ketentuan Kementerian Pekerjaan Umum. Dimana perbedaan jarak tempuhnya berkisar 13% hingga 15%. Selain itu, pada skenario 3 didapatkan pula biaya terkecil dibandingkan skenario lain sebesar Rp 28.3 M. Jika dibandingkan dengan kondisi eksisting, biaya pengangkutan skenario 3 lebih mahal dari eksisting tahun 2019. Selisih biaya antara keduanya sebesar Rp 2 M. Namun, ditinjau dari timbulan sampah terangkut serta kebutuhan kendaraan pengangkut maka bisa disimpulkan bahwa skenario 3 jauh lebih efisien daripada skenario kondisi eksisting.

Tabel 5.51 Perbandingan 3 Skenario Aplikasi VRPTW

Skenario	% Sampah Terangkut	Jarak Rata-rata (Km)	Perbedaan Jarak Tempuh (%)		Kebutuhan Kendaraan Pengangkut			Total Biaya Rp
			Terjauh	Terdekat	HCS 6 m ³	SCS 10 m ³	HCS 14 m ³	
Eksisting 2019	79%	62	54%	43%	2	5	19	26.6 M
Skenario 1	100%	115	20%	28%	3	0	24	29.5 M
Skenario 2	100%	124	32%	17%	0	17	0	32.7 M
Skenario 3	100%	122	13%	15%	0	6	15	28.3 M

5.5 Kelebihan dan Kekurangan Metode VRPTW

Metode VRPTW dapat diaplikasikan dalam penentuan rute di Surabaya Pusat. Dalam pengaplikasiannya ditemukan beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihan metode tersebut antara lain :

1. Mampu dikombinasikan dengan aplikasi lingo 14.0
Pengkombinasian ini mempermudah proses *trial and error*. Selain itu, dengan menggunakan aplikasi ini mempercepat perhitungan *trial and error*.
2. Mampu menampilkan lokasi dan waktu kedatangan pada masing-masing rute
Hasil dari pemrosesan Lingo 14.0 berupa jadwal kedatangan dan lokasi masing-masing rute. Sehingga jika ditindaklanjuti dapat diketahui lokasi kendaraan pada selang waktu tertentu.
3. Mampu menghasilkan rute dengan perbedaan jarak tempuh semakin kecil
Dibuktikan pada Tabel 5.51 dimana semua skenario memiliki rata-rata jarak tempuh yang sama.
4. Memiliki ketelitian yang tinggi dalam melakukan *trial and error*.
Trial and error pada Lingo dapat diketahui dari iterasi pemrosesan model dan data. Iterasi yang dilakukan program Lingo 14.0 tidak terbatas sampai ditemukan rute yang sesuai rute yang sesuai tersebut menghasilkan jarak tempuh yang hampir sama tiap kendaraan.

Adapun kekurangan metode ini antara lain :

1. Jarak tempuh antar lokasi harus ditetapkan terlebih dahulu.
Metode ini tidak dapat menentukan jalan yang dilewati. Metode ini hanya menentukan urutan lokasi pengambilan.
2. Tidak dapat membaca lokasi TPA
Metode ini hanya membaca satu depot yaitu Pool. Sehingga setelah didapatkan rute hasil pemrosesan, perlu dihitung ulang dengan menambahkan TPA.

3. Hanya berlaku satu ritasi per rute
Metode ini tidak dapat menentukan berapa rit masing-masing rute. Sehingga ritasi ditentukan terlebih dahulu dan dihitung lagi setelah proses Lingo selesai.
4. Kecepatan pemrosesan Lingo bergantung pada spesifikasi PC dan PC tidak boleh dimatikan selama proses berlangsung
Proses Lingo tidak bisa dihentikan sebelum software tersebut menemukan rute yang sesuai. Proses tersebut bisa berlangsung sehari-hari namun bisa pula lebih cepat bergantung pada timbulan dan kapasitas kendaraan pengangkut.
5. Batasan waktu tidak terlalu menentukan jika tidak memerlukan jadwal
Batasan waktu yang ditentukan tidak terlalu penting jika tidak ingin memunculkan jadwal dari kendaraan. Namun sebaliknya, jika memerlukan jadwal kerja dari kendaraan maka metode ini bisa sesuai.
6. Satu kali proses hanya dapat digunakan untuk satu tipe kendaraan
Volume kendaraan yang digunakan dalam proses Lingo hanya berlaku untuk satu volume saja. Sehingga proses Lingo perlu dilakukan berkali-kali untuk masing-masing volume kendaraan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 6

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Dari pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan :

1. Tingkat pelayanan eksisting pengangkutan sampah di Surabaya Pusat mencapai 80%.
2. Rute pengangkutan paling ekonomis adalah skenario 3 (skenario sistem HCS dan SCS) sebesar Rp 28.3 M dengan kebutuhan pengemudi sejumlah 21 orang dengan rincian 15 orang untuk kendaraan HCS dan 6 orang untuk kendaraan SCS dengan jam kerja 8 jam/hari.

6.2 Saran

1. Metode Vehicle Routing Problem with Time Windows tidak dapat menentukan jarak yang terpendek yang dapat dilewati, sehingga perlu dicoba kombinasi dengan SIG.
2. Metode Vehicle Routing Problem with Time Windows tidak dapat membaca lebih dari satu depot, sehingga perlu dicoba ragam VRP lain yang mampu membaca Pool dan TPA.
3. Perlu dicoba perluasan wilayah penelitian, dikarenakan pada kondisi eksisting terdapat wilayah diluar Surabaya Pusat yang juga dilayani. Namun pada penelitian ini dibatasi hanya Surabaya Pusat saja.
4. Untuk kondisi eksisting, faktor off-route dapat diperkecil dengan mengoperasikan truk *compactor* secara berpindah dari satu kontainer ke kontainer lain. Sehingga truk tidak hanya menunggu di satu lokasi saja.
5. Pengumpulan sampah perlu diperbaiki sehingga jam operasi LPS dapat dilakukan lebih efisien.
6. Jumlah kontainer berdasarkan penelitian perlu ditambah sesuai pada lampiran H.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A

FORM STUDI

Tanggal Survei	:	_____
Nama Surveyor	:	_____
Nama Sopir	:	_____
No. Polisi Kendaraan	:	_____
Lokasi Pool Kendaraan	:	_____
Bahan Bakar	:	_____
Kapasitas	:	_____
Pola pengangkutan sampah	:	
1 pool (bawa kosongan) - LPS - TPA - pool		
2 pool (kosong) - LPS - TPA - LPS		
3lainnya:		

Jumlah trip per hari	:	_____
Pola pengisian BBM	: hari sekali / lainnya

Tabel 1 Form Studi Lapangan Pengamatan Waktu dan Jarak Tempuh

[illegible]

Tabel 2 Form Studi Lapangan Pengamatan Volume dan Berat Kendaraan

[illegible]

LAMPIRAN B

MODEL LINGO 14.0

Metode VRPTW yang digunakan dimasukkan ke dalam aplikasi Lingo 14.0. Aplikasi ini membutuhkan bahasa pemodelan yang terbagi menjadi dua, yaitu data yang harus diolah dan pemodelan dari metode VRPTW. Sebelum melakukan pemodelan tersebut, maka dibuat terlebih dahulu definisi dari masing-masing istilah yang akan digunakan. Definisi tersebut adalah sebagai berikut:

A. Definisi :

Parameter:

1. $Q(i)$ adalah jumlah timbulan pada tiap lokasi i .
2. $DIST(i,j)$ adalah jarak dari lokasi i ke lokasi j .

Parameter di atas akan mempengaruhi variabel berikut :

1. $X(i,j) = 1$, jika kendaraan pengangkut melalui rute tersebut maka rute tersebut bernilai 1 jika tidak bernilai 0.
2. $U(i)$ adalah jumlah timbulan akumulatif pada lokasi i .

B. Definisi terkait Waktu :

Parameter:

1. $TMPM$ = waktu per mil,
2. $TME(k)$ = waktu kedatangan paling awal yang diijinkan untuk tiap lokasi,
3. $TML(k)$ = waktu kedatangan paling lambat yang diijinkan untuk tiap lokasi,
4. $TMV(k)$ = waktu pemberhentian di lokasi,
5. $TMAX$ = waktu maksimum untuk tiap trip,
6. $MXTRK$ = jumlah maksimum kendaraan

Parameter di atas akan mempengaruhi variabel berikut :

$TMA(k)$ = waktu kedatangan kendaraan di tiap lokasi;

Sehingga, jika disederhanakan, akan ada data terkait lokasi pool dan lps (CITY) dan data-data terkait CITY tersebut antara lain Q ,

TME, TML, TMV, DIST. Dari data tersebut, maka dapat ditentukan dituliskan hubungan antara jarak dan muatan adalah CXC(CITY, CITY): DIST , X. Artinya rute (CXC) dipengaruhi oleh jarak (DIST) dan rute yang bisa dilalui (X). Dimana (X) dipengaruhi oleh akumulatif timbulan (U), kapasitas kendaraan (VCAP) dan waktu kedatangan tiap lokasi (TMA). Dari penjabaran tersebut, maka dibuat fungsi objektif dan batasannya sebagai berikut :

a. Fungsi Objective

Fungsi Objektif yang digunakan adalah meminimalkan jarak tempuh total. Sehingga pada Lingo dimasukkan persamaan berikut :

$$\text{MIN} = \text{TDIST};$$

$$\text{TDIST} = @\text{SUM}(\text{CXC}: \text{DIST} * \text{X});$$

b. Batasan VRP

1. Kendaraan harus berpindah dari depot ke lokasi lain.

$$@\text{FOR}(\text{CITY}(\text{k}) | \text{X}(\text{k}, \text{k}) = 0);$$

2. Jumlah lokasi pengambilan yang ada kecuali depot.

$$@\text{FOR}(\text{CITY}(\text{k}) | \text{k} \# \text{GT} \# 1:$$

3. Kendaraan memasuki lokasi pengambilan (K) harus melalui lokasi awal/sebelumnya (i)

$$[\text{NTR}] @\text{SUM}(\text{CITY}(\text{i}) | \text{i} \# \text{NE} \# \text{k} \# \text{AND} \# (\text{i} \# \text{EQ} \# 1 \# \text{OR} \# \text{Q}(\text{i}) + \text{Q}(\text{k}) \# \text{LE} \# \text{VCAP}): \text{X}(\text{i}, \text{k})) = 1;$$

4. Kendaraan harus meninggalkan (K) setelah mengambil muatan untuk menuju lokasi akhir/selanjutnya (j)

$$[\text{XIT}] @\text{SUM}(\text{CITY}(\text{j}) | \text{j} \# \text{NE} \# \text{k} \# \text{AND} \# (\text{j} \# \text{EQ} \# 1 \# \text{OR} \# \text{Q}(\text{j}) + \text{Q}(\text{k}) \# \text{LE} \# \text{VCAP}): \text{X}(\text{k}, \text{j})) = 1;$$

5. Timbunan terakumulasi dapat mengangkut timbunan di (K) namun tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan

@BND(Q(k), U(k), VCAP);

6. Pengambilan di lokasi K diawali pengambilan di lokasi sebelumnya (i)

@FOR(CITY(i) | i #NE# k #AND# i #NE# 1: [UL] U(k) >= U(I) + Q(k) - VCAP + VCAP * (X(k, i) + X(i, k)) - (Q(k) + Q(i)) * X(k, i););

7. Pengambilan lokasi K adalah pengambilan pertama setelah pool atau lokasi awal

U(k) <= VCAP - (VCAP - Q(k)) * X(1, k);

8. Lokasi pengambilan K bukan pengambilan pertama

U(k) >= Q(k) + @SUM(CITY(i) | I #GT# 1: Q(i) * X(i, k));;

9. Menghitung total jarak yang telah dilalui setelah melalui lokasi akhir (kembali ke pool)

@FOR(CITY(j): [R_TD_1] TD(j) >= DIST(1, j) * X(1, j);

@FOR(CITY(i) | i #GT# 1: [R_TD] TD(j) >= TD(i) + DIST(i,j)*X(i,j) - DMAX * (1 - X(i, j)));;

10. Jarak terpanjang tidak boleh melebihi jarak maksimal

TD(1) <= DMAX;

11. Nilai X dijadikan bilangan biner

@FOR(CXC: @BIN(X));

c. Batasan Waktu

1. Batasan waktu berhubungan dengan batasan sebelumnya

@FOR(CITY(k) | k #GT# 1:

@FOR(CITY(i) | i #NE# k:

2. Waktu kedatangan di K jika sebelumnya berhenti di I

$$[RTM] \text{ TMA}(k) \geq \text{TMA}(i) + (\text{TMV}(i) + \text{TPPM} * \text{DIST}(i,k)) * X(i,k) - \text{TML}(i) * (1 - X(i,k));$$
3. Harus datang pada batasan waktu minimal dan maksimal (TME dan TML). Diiijinkan untuk menunggu agar tidak datang lebih awal dari waktu minimal

$$@BND(\text{TME}(k), \text{TMA}(k), \text{TML}(k));$$
4. Batasan waktu maksimal. Diasumsikan waktu tempuh merupakan perkalian jarak (DIST) dan kecepatan kendaraan (TPPM)

$$[XT] \text{ TMA}(k) + \text{TMV}(k) + \text{TPPM} * \text{DIST}(k,1) * X(k,1) \leq \text{TMAX};$$
5. Minimalkan jumlah kendaraan, jika hasil berupa pecahan maka dibulatkan ke atas

$$\text{VEHCLF} = @SUM(\text{CITY}(I) | I \#GT\# 1: Q(I)) / \text{VCAP}; \text{VEHCLR} = \text{VEHCLF} + 1.999 - @WRAP(\text{VEHCLF} - .001, 1);$$
6. Kendaraan yang disediakan harus mencukupi

$$@SUM(\text{CITY}(j) | j \#GT\# 1: X(1,j)) \geq \text{VEHCLR};$$
7. Batasan jumlah kendaraan maksimal

$$@SUM(\text{CITY}(j) | j \#GT\# 1: X(1,j)) \leq \text{MXTRK};$$

LAMPIRAN C

NILAI R MASING-MASING KELURAHAN

Nilai r merupakan nilai yang diperlukan untuk menghitung pertumbuhan penduduk. Nilai ini tidak dihitung per kecamatan karena nilai korelasi masing-masing kelurahan berbeda. Nilai r dihitung dengan cara yang sama seperti pada subbab 5.1.2.1. Tabel-tabel berikut merupakan rangkuman nilai r masing-masing kelurahan yang dihitung dengan langkah seperti pada subbab 5.1.2.1.

Tabel 3 Nilai r Kelurahan Embong Kaliasin

Tahun	Tahun ke	Jumlah Penduduk	Pn/Pn-1	R
2010	0	11463	0	0
2011	1	11807	1.03001	0.03
2012	2	9480	0.9094	-0.09
Rata-Rata				-0.03

Tabel 4 Nilai r Kelurahan Ketabang

Tahun	Tahun ke	Jumlah Penduduk	Pn/Pn-1	R
2010	0	6777	0	0
2011	1	7645	1.12808	0.123
2012	2	6489	0.978521	-0.022
Rata-Rata				0.053

Tabel 5 Nilai r Kelurahan Genteng

Tahun	Tahun ke	Jumlah Penduduk	Pn/Pn-1	R
2010	0	5866	0	0
2011	1	5993	1.0216502	0.022
2012	2	7069	1.0977614	0.098
Rata-Rata				0.06

Tabel 6 Nilai r Kelurahan Peneleh

Tahun	Tahun ke	Jumlah Penduduk	Pn/Pn-1	R
2010	0	14533	0	0
2011	1	14847	1.021606	0.022
2012	2	12069	0.9112929	-0.089
Rata-Rata				-0.034

Tabel 7 Nilai r Kelurahan Kapasari

Tahun	Tahun ke	Jumlah Penduduk	Pn/Pn-1	R
2010	0	17005	0	0
2011	1	17149	1.0084681	0.0085
2012	2	12800	0.8675943	-0.132
Rata-Rata				-0.062

Tabel 8 Nilai r Kelurahan Kapasan

Tahun	Tahun ke	Jumlah Penduduk	Pn/Pn-1	R
2010	0	16203	0	0
2011	1	16980	1.04795	0.048
2012	2	17009	1.02457	0.025
Rata-Rata				0.036

Tabel 9 Nilai r Kelurahan Tambak Rejo

Tahun	Tahun ke	Jumlah Penduduk	Pn/Pn-1	R
2010	0	17663	0	0
2011	1	17668	1.000283	0.00028
2012	2	21480	1.10277	0.103
Rata-Rata				0.052

Tabel 10 Nilai r Kelurahan Simokerto

Tahun	Tahun ke	Jumlah Penduduk	Pn/Pn-1	R
2010	0	18856	0	0
2011	1	23822	1.2633644	0.26
2012	2	24124	1.1310971	0.13

Tahun	Tahun ke	Jumlah Penduduk	Pn/Pn-1	R
Rata-Rata				0.2

Tabel 11 Nilai r Kelurahan Sidodadi

Tahun	Tahun ke	Jumlah Penduduk	Pn/Pn-1	R
2010	0	16495	0	0
2011	1	16080	0.9748409	-0.025
2012	2	15745	0.9770014	-0.023
Rata-Rata				-0.024

Tabel 12 Nilai r Kelurahan Simolawang

Tahun	Tahun ke	Jumlah Penduduk	Pn/Pn-1	r
2010	0	19580	0	0
2011	1	22108	1.1291113	0.13
2012	2	22463	1.0710939	0.07
Rata-Rata				0.1

Tabel 13 Nilai r Kelurahan Tembok Dukuh

Tahun	Tahun ke	Jumlah Penduduk	Pn/Pn-1	r
2010	0	30561	0	0
2011	1	30919	1.01171	0.012
2012	2	30942	1.00621	0.006
Rata-Rata				0.009

Tabel 14 Nilai r Kelurahan Bubutan

Tahun	Tahun ke	Jumlah Penduduk	Pn/Pn-1	r
2010	0	15152	0	0
2011	1	15240	1.005808	0.006
2012	2	15177	1.000825	0.0008
Rata-Rata				0.003

Tabel 15 Nilai r Kelurahan Alon-Alon Contong

Tahun	Tahun ke	Jumlah Penduduk	Pn/Pn-1	R
2010	0	7976	0	0
2011	1	7966	0.9987462	-0.0013
2012	2	7910	0.995854	-0.004
Rata-Rata				-0.0027

Tabel 16 Nilai r Kelurahan Gundih

Tahun	Tahun ke	Jumlah Penduduk	Pn/Pn-1	R
2010	0	31281	0	0
2011	1	31673	1.0125316	0.012
2012	2	32009	1.0115695	0.012
Rata-Rata				0.012

Tabel 17 Nilai r Kelurahan Jepara

Tahun	Tahun ke	Jumlah Penduduk	Pn/Pn-1	R
2010	0	28558	0	0
2011	1	29049	1.0171931	0.017
2012	2	29214	1.0114202	0.011
Rata-Rata				0.014

Tabel 18 Nilai r Kelurahan Keputran

Tahun	Tahun ke	Jumlah Penduduk	Pn/Pn-1	R
2010	0	17412	0	0
2011	1	17869	1.02625	0.026
2012	2	20966	1.09732	0.097
Rata-Rata				0.062

Tabel 19 Nilai r Kelurahan Dr. Soetomo

Tahun	Tahun ke	Jumlah Penduduk	Pn/Pn-1	r
2010	0	19487	0	0
2011	1	19669	1.00934	0.009
2012	2	23018	1.086829	0.087

Tahun	Tahun ke	Jumlah Penduduk	Pn/Pn-1	r
Rata-Rata				0.048

Tabel 20 Nilai r Kelurahan Tegalsari

Tahun	Tahun ke	Jumlah Penduduk	Pn/Pn-1	r
2010	0	19168	0	0
2011	1	19664	1.0258765	0.026
2012	2	21417	1.0570388	0.057
Rata-Rata				0.041

Tabel 21 Nilai r Kelurahan Wonorejo

Tahun	Tahun ke	Jumlah Penduduk	Pn/Pn-1	r
2010	0	30542	0	0
2011	1	31128	1.0191867	0.019
2012	2	25683	0.9170101	-0.083
Rata-Rata				-0.032

Tabel 22 Nilai r Kelurahan Kedungdoro

Tahun	Tahun ke	Jumlah Penduduk	Pn/Pn-1	r
2010	0	25571	0	0
2011	1	26261	1.0269837	0.027
2012	2	25220	0.993113	-0.007
Rata-Rata				0.01

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN D

PROYEKSI PENDUDUK

Tabel 23 Proyeksi Penduduk Surabaya Pusat hingga Tahun 2019

Kelurahan	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Kecamatan Genteng										
Embong Kaliasin	11463	11807	9480	9193	8914	8644	8382	8128	7882	7643
Ketabang	6777	7645	6489	6835	7199	7583	7987	8413	8861	9333
Genteng	5866	5993	7069	7491	7938	8412	8915	9447	10011	10609
Peneleh	14533	14847	12069	11664	11273	10895	10529	10176	9834	9504
Kapasari	17005	17149	12800	12007	11263	10565	9910	9296	8720	8180
Total	55644	57441	47907	47190	46587	46099	45723	45460	45308	45269
Kecamatan Simokerto										
Kapasan	16203	16980	17009	17626	18265	18927	19614	20325	21062	21826
Tambak Rejo	17663	17668	21480	22587	23751	24974	26261	27614	29037	30533
Simokerto	18856	23822	24124	28882	34578	41398	49563	59339	71042	85054
Sidodadi	16495	16080	15745	15366	14996	14635	14282	13939	13603	13275
Simolawang	19580	22108	22463	24712	27185	29907	32900	36194	39817	43803
Total	88797	96658	100821	109172	118775	129841	142621	157410	174561	194491
Kecamatan Bubutan										
Tembok Dukuh	30561	30919	30942	31219	31499	31782	32066	32354	32644	32937

Kelurahan	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Bubutan	15152	15240	15177	15227	15278	15328	15379	15430	15481	15533
Alon-alon Contong	7976	7966	7910	7889	7867	7846	7825	7804	7783	7762
Gundih	31281	31673	32009	32395	32785	33180	33580	33985	34394	34809
Jepara	28558	29049	29214	29632	30056	30486	30922	31364	31813	32268
Total	113528	114847	115252	116362	117485	118622	119773	120937	122116	123308
Kecamatan Tegalsari										
Keputran	17412	17869	20966	22261	23637	25097	26648	28294	30042	31898
Dr Soetomo	19487	19669	23018	24125	25285	26501	27775	29110	30510	31977
Tegalsari	19168	19664	21417	22305	23230	24193	25196	26240	27328	28461
Wonorejo	30542	31128	25683	24864	24070	23303	22559	21840	21143	20468
Kedung Doro	25571	26261	25220	25473	25729	25988	26249	26513	26779	27048
Total	112180	114591	116304	119028	121951	125081	128426	131997	135802	139853

LAMPIRAN E
PERSENTASE WILAYAH PELAYANAN LPS

Tabel 24 Persentase Wilayah Pelayanan Tiap LPS

No	Nama LPS/Depo	Persen Pelayanan
Kecamatan Bubutan		
1	Demak (Kali Butuh)	50% Kel. Tembok Dukuh, 17% Kel. Gundih
2	Pringadi	33% Kel. Bubutan, 50% Kel. Tembok Dukuh
3	Penghela	67% Kel. Bubutan, 50% Gundih
4	Sulung Kali	100% Kel. Alun-alun Contong, 25% Kel. Jepara
5	Dupak	33% Kel. Jepara, 33% Kel. Gundih
Kecamatan Simokerto		
6	Simolawang	33% Kel. Simokerto, 33% Kel. Sidodadi, 100% Kel. Simolawang
7	Pasar Kapasan	100% Pasar Kapasan
8	Tambak Rejo	100% Kel. Tambak Rejo.100% Kel. Kapasan, 67% Kel.Simokerto, 67% Kel. Sidodadi
Kecamatan Genteng		
9	Simpang Dukuh	75% Kel. Ketabang, 100% Kel. Genteng,
10	Pasar Genteng	100% Pasar Genteng

No	Nama LPS/Depo	Persen Pelayanan
11	Kayun	100% Pasar Bunga, 100% Kel. Embong Kaliasin
12	Legundi	25% Kel. Ketabang, 50% Kel. Pacar Kembang, 50% Kel. Pacar Keling
13	Makam Peneleh	100% Kel. Peneleh
14	Pecindilan	100% Kel. Kapasari
Kecamatan Tegalsari		
15	Kedondong	50% Kel. Tegalsari, 25% Kel. Kedung Doro
16	Kedung Anyar	75% Kel. Kedungdoro
17	Pasar Kembang	67% Kel. Wonorejo, 17% Kel. Tegalsari
18	Pandegiling	33% Kel. Wonorejo, 33% Kel. Tegalsari, 33% Kel. Keputran
19	Dinoyo	67% Kel. Keputran, 33% Kel. Dr Soetomo
20	Rumah Sakit Darmo/Ketampon	67% Kel. Dr. Soetomo
21	Keputran Selatan	100% Pasar Keputran Selatan

LAMPIRAN F

PERHITUNGAN TRIP SKENARIO 1

Tabel 25 Perhitungan Trip Skenario 1

No	Nama Rute	pc	uc	dbc	Phcs	s	h	Thcs	W	H	t1	t2	Nd
		jam	jam	jam	jam	jam	jam	jam/trip		jam	jam	jam	trip
1	Rute 1	0.23	0.05	0	0.28	0.2	1.488	1.98	0.125	8	0.10	0.55	3
2	Rute 2	0.23	0.05	0	0.28	0.2	1.632	2.12	0.125	8	0.18	0.55	3
3	Rute 3	0.23	0.05	0	0.28	0.2	1.552	2.04	0.125	8	0.18	0.55	3
4	Rute 4	0.23	0.05	0	0.28	0.2	1.64	2.13	0.125	8	0.21	0.55	3
5	Rute 5	0.23	0.05	0	0.28	0.2	1.504	1.99	0.125	8	0.15	0.55	3
6	Rute 6	0.23	0.05	0	0.28	0.2	1.752	2.24	0.125	8	0.31	0.55	3
7	Rute 7	0.23	0.05	0	0.28	0.2	1.668	2.16	0.125	8	0.28	0.55	3
8	Rute 8	0.23	0.05	0	0.28	0.2	1.856	2.34	0.125	8	0.34	0.55	3
9	Rute 9	0.23	0.05	0	0.28	0.2	1.984	2.47	0.125	8	0.27	0.55	3
10	Rute 10	0.23	0.05	0	0.28	0.2	1.704	2.19	0.125	8	0.28	0.55	3
11	Rute 11	0.23	0.05	0	0.28	0.2	1.92	2.41	0.125	8	0.32	0.55	3
12	Rute 12	0.23	0.05	0	0.28	0.2	1.816	2.30	0.125	8	0.35	0.55	3
13	Rute 13	0.25	0.03	0	0.28	0.21	1.672	2.16	0.125	8	0.24	0.55	3
14	Rute 14	0.25	0.03	0	0.28	0.21	1.68	2.17	0.125	8	0.35	0.55	3
15	Rute 15	0.23	0.05	0	0.28	0.2	1.504	1.99	0.125	8	0.35	0.55	3
16	Rute 16	0.23	0.05	0	0.28	0.2	1.4	1.89	0.125	8	0.36	0.55	3
17	Rute 17	0.23	0.05	0	0.28	0.2	1.36	1.85	0.125	8	0.20	0.55	3

No	Nama Rute	pc	uc	dbc	Phcs	s	h	Thcs	W	H	t1	t2	Nd
		jam	jam	jam	jam	jam	jam	jam/trip		jam	jam	jam	trip
18	Rute 18	0.23	0.05	0	0.28	0.2	1.392	1.88	0.125	8	0.30	0.55	3
19	Rute 19	0.23	0.05	0	0.28	0.2	1.56	2.05	0.125	8	0.36	0.55	3
20	Rute 20	0.23	0.05	0	0.28	0.2	1.464	1.95	0.125	8	0.32	0.55	3
21	Rute 21	0.23	0.05	0	0.28	0.2	1.584	2.07	0.125	8	0.37	0.55	3
22	Rute 22	0.25	0.03	0	0.28	0.2	1.676	2.17	0.125	8	0.35	0.55	3

LAMPIRAN G

PERHITUNGAN TRIP SKENARIO 2

Tabel 26 Perhitungan Trip Skenario 2

Rute	dbc	np	uc	Ct	Pscs	s	h	Tscs	t1	t2	W	H	Nd
1	0	1	0.03	25	0.85	0.32	0.74	1.92	0.10	0.55	0.13	8	3
2	0	1	0.03	25	0.84	0.32	0.82	1.97	0.18	0.55	0.13	8	3
3	0	1	0.03	32	1.07	0.32	0.78	2.16	0.18	0.55	0.13	8	3
4	0	1	0.03	25	0.84	0.32	0.75	1.91	0.15	0.55	0.13	8	3
5	0	1	0.03	26	0.88	0.32	0.88	2.07	0.31	0.55	0.13	8	3
6	0.104	3	0.03	34	1.37	0.32	0.86	2.54	0.28	0.55	0.13	8	3
7	0	1	0.03	30	1.01	0.32	0.93	2.25	0.34	0.55	0.13	8	3
8	0.148	2	0.03	36	1.36	0.32	0.73	2.41	0.27	0.55	0.13	8	3
9	0.136	2	0.03	25	0.97	0.32	0.75	2.04	0.28	0.55	0.13	8	3
10	0.044	2	0.03	38	1.31	0.32	0.91	2.53	0.32	0.55	0.15	10	3
11	0.132	2	0.03	35	1.31	0.32	0.70	2.33	0.24	0.55	0.13	8	3
12	0	1	0.03	24	0.80	0.32	0.68	1.80	0.20	0.55	0.13	8	3
13	0	1	0.03	28	0.95	0.32	0.70	1.97	0.30	0.55	0.13	8	3
14	0.016	2	0.03	31	1.08	0.32	0.78	2.17	0.37	0.55	0.13	8	3

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN H

PERBANDINGAN KEBUTUHAN KONTAINER

Tabel 27 Perbandingan Kontainer Eksisting dan Dibutuhkan

No	Nama LPS/Depo	Jumlah Kontainer Eksisting			Jumlah Kontainer Dibutuhkan (2014)			Jumlah Kontainer Dibutuhkan (2019)			Jumlah Kontainer Skenario 1 (2014)			Jumlah Kontainer Skenario 1 (2019)		
		6 m3	14 m3	0.66 m3	6 m3	14 m3	0.66 m3	6 m3	14 m3	0.66 m3	6 m3	14 m3	0.66 m3	6 m3	14 m3	0.66 m3
Kecamatan Bubutan																
1	Demak	-	2	-	-	2	-	-	2	-	-	1	-	-	1	-
2	Pringadi	-	1	-	-	2	-	-	2	-	-	1	-	-	1	-
3	Penghela	-	2	-	-	1	-	-	2	-	-	2	-	-	2	-
4	Sulung Kali	-	1	-	-	2	-	-	2	-	-	1	-	-	1	-
5	Dupak	-	1	-	-	2	-	-	2	-	-	1	-	-	1	-
Kecamatan Simokerto																
6	Simolawang	-	1*	-	-	3	-	-	3	-	-	1	-	-	1	-
7	Pasar Kapasan	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-
8	Tambak Rejo	-	3	-	-	3	-	-	2	-	-	2	-	-	2	-
Kecamatan Genteng																
10	Simpang Dukuh	-	-	17	-	-	32	-	-	34	-	2	-	-	1	-
11	Pasar Genteng	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-
12	Kayun	2	2	-	1	2	-	1	2	-	-	2	-	-	2	-
13	Legundi	-	2**	-	-	2	-	-	2	-	-	2	-	-	2	-
14	Makam Peneleh	2	-	-	3	-	-	2	-	-	1	-	-	1	-	-
9	Pecindilan	-	-	25	-	1	27	-	-	26	1	-	-	1	-	-
Kecamatan Tegalsari																
15	Kedondong	-	2	-	-	2	-	-	2	-	-	2	-	-	2	-
16	Kedung Anyar	-	2	-	-	2	-	-	2	-	-	2	-	-	2	-
17	Pasar Kembang	-	1*	-	-	3	-	-	3	-	-	2	-	-	2	-
19	Pandegiling	-	-	44	-	3	71	-	-	73	-	2	-	-	2	-
20	Dinoyo	-	2	-	-	2	-	-	2	-	-	2	-	-	2	-
21	Taman Ketampon	-	-	14	-	2	41	-	-	43	-	1	-	-	1	-
22	Keputran Selatan	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-
Total		4	21	100	4	37	171	3	31	176	2	29	0	2	28	0

Tabel 28 Perbandingan Kontainer Dibutuhkan

No	Nama LPS/Depo	Jumlah Kontainer Skenario 2 (2014)			Jumlah Kontainer Skenario 2 (2019)			Jumlah Kontainer Skenario 3 (2014)			Jumlah Kontainer Skenario 3 (2019)		
		6 m3	14 m3	0.66 m3	6 m3	14 m3	0.66 m3	6 m3	14 m3	0.66 m3	6 m3	14 m3	0.66 m3
Kecamatan Bubutan													
1	Demak	-	-	25	-	-	26	-	1	-	-	1	-
2	Pringadi	-	-	25	-	-	25	-	1	-	-	1	-
3	Penghela	-	-	32	-	-	32	-	2	-	-	2	-
4	Sulung Kali	-	-	18	-	-	19	-	-	18	-	-	19
5	Dupak	-	-	25	-	-	25	-	1	-	-	1	-
Kecamatan Simokerto													
6	Simolawang	-	-	26	-	-	29	-	1	-	-	1	-
7	Pasar Kapasan	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	-	3
8	Tambak Rejo	-	-	30	-	-	32	-	2	-	-	2	-
Kecamatan Genteng													
10	Simpang Dukuh	-	-	16	-	-	17	-	-	16	-	-	17
11	Pasar Genteng	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	-	3
12	Kayun	-	-	15	-	-	15	-	2	-	-	2	-
13	Legundi	-	-	22	-	-	22	-	2	-	-	2	-
14	Makam Peneleh	-	-	13	-	-	13	-	-	13	-	-	13
9	Pecindilan	-	-	13	-	-	13	-	-	13	-	-	13
Kecamatan Tegalsari													
15	Kedondong	-	-	22	-	-	22	-	-	22	-	-	22
16	Kedung Anyar	-	-	23	-	-	23	-	-	23	-	-	23
17	Pasar Kembang	-	-	24	-	-	23	-	2	-	-	2	-
19	Pandegiling	-	-	28	-	-	29	-	-	29	-	-	29
20	Dinoyo	-	-	29	-	-	31	-	-	31	-	-	31
21	Taman Ketampon	-	-	20	-	-	21	-	-	21	-	-	21
22	Keputran Selatan	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	-	3
Total		0	0	416	0	0	426	0	14	195	0	14	195

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Prasyda Tyanto Marhendra Putra, lahir di Surabaya pada 01 November 1991. Selama 22 tahun penulis menghabiskan waktunya di Surabaya. Pendidikan sekolah dasar ditempuh di SDN Kertajaya X/216 Surabaya selama enam tahun sejak tahun 1998. Pendidikan tingkat lanjut dijalani penulis di SMP Negeri 6 Surabaya hingga tahun 2007 dan dilanjutkan jenjang atas di SMA Negeri 6 Surabaya hingga tahun 2010. Penulis diterima di

Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2010. Semasa kuliah, aktif dalam kegiatan organisasi mahasiswa Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) sebagai staff tahun 2011-2012. Penulis juga diamanahi menjadi Sekretaris Umum tahun 2012-2013. Penulis aktif mengikuti Pelatihan pengembangan diri LKMM hingga Tingkat Menengah (TM) dan ISO 14001:2004. Selain itu, penulis juga aktif di dunia kependamuan (trainer) LKMM sejak tahun 2011. Pengalaman kerja praktek diperoleh penulis di PT. Semen Bosowa Maros tahun 2013. Penulis berharap segala bentuk komunikasi yang ingin disampaikan kepada penulis, baik mengenai Tugas Akhir maupun saran untuk pengembangan penelitian dapat dikomunikasikan kepada penulis melalui e-mail prasidya.tyanto@gmail.com.