

# OPTIMALISASI RUTE PENGANGKUTAN SAMPAH BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI KUPANG

Albiyan P. Pratama<sup>1</sup> (albiyanp@gmail.com)  
 John H. Frans<sup>2</sup> (johnhendrikfrans@gmail.com)  
 Sudiyo Utomo<sup>3</sup> (sudiyouotomo@gmail.com)

## ABSTRAK

Permasalahan lingkungan yang umumnya sering terjadi adalah pengelolaan sampah yang kurang baik. Perlu dilakukan penanganan yang serius dalam pengelolaan sampah terutama penentuan rute dalam pengangkutan sampah. Penelitian ini dilakukan dengan menganalisa proses alur pergerakan sampah dari masyarakat hingga berakhir di TPA agar dapat diketahui masalah yang terdapat dalam proses pengelolaan sampah di Kota Kupang. Kemudian dilakukan perhitungan jumlah produksi sampah berdasarkan jumlah penduduk kota Kupang pada tahun 2016 diperoleh jumlah produksi sampah sebesar 585,447 m<sup>3</sup>/haridan memprediksi jumlah produksi sampah dalam kurun waktu 5 tahun kedepan dengan perbandingan 3 metode dimana metode yang paling kritis adalah metode eksponensial dengan jumlah penduduk sebanyak 455.035 orang dan jumlah produksi sampah sebesar 473,010 m<sup>3</sup>/hari, selanjutnya dilakukan perhitungan kebutuhan jumlah TPS berdasarkan jumlah produksi sampah dan diketahui bahwa jumlah TPS masih dapat menampung jumlah produksi sampah untuk seluruh penduduk kota Kupang tetapi dalam hal persebarannya masih belum merata khususnya pada kecamatan Alak, Kelapa Lima, dan Kota Raja. Rute angkutan persampahan diperoleh berdasarkan hasil analisis *saving Solver Add-Ins*. Setelah diperoleh koordinat TPS dan rute angkutan persampahan divisualisasikan kedalam WEBGIS.

**Kata Kunci : Sampah; Optimalisasi; Rute; WEBGIS.**

## ABSTRACT

*Common environmental problems that often occur are poor waste management. A serious handling of waste management is needed, especially in determining the route in transporting waste. This research was conducted by analyzing the process of the movement of garbage from the community to end in TPA in order to know the problems contained in the process of waste management in Kupang City. Then the amount of waste production based on the total population of Kupang city in 2016 obtained the amount of waste production of 585.447 m<sup>3</sup> / day and predicted the amount of waste production in the next 5 years with a comparison of 3 methods where the most critical method is the exponential method with a population of 455,035 people and the amount of waste production of 473,010 m<sup>3</sup> / day, then calculated the needs of the number of TPS based on the amount of waste production and it is known that the number of TPS can still accommodate the amount of waste production for the entire population of Kupang city but in terms of its distribution is still uneven, especially in Alak, Kelapa Lima, and Kota Raja. The route of garbage transportation can be obtained based on saving Solver Add-Ins analysis. After the TPS coordinates are obtained and the trash routes are visualized into the WEBGIS*

**Keywords: Trash; Optimization; Route; WEBGIS.**

## PENDAHULUAN

Sistem pengangkutan sampah di Kota Kupang sejauh ini belum optimal karena masih terdapat beberapa masalah antara lain penumpukan sampah di beberapa wilayah di Kota Kupang. Pemerintah Kota Kupang telah berupaya menangani masalah tersebut melalui Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Kupang dengan melakukan pengangkutan sampah setiap hari dengan rute dan jadwal yang telah ditentukan. Tetapi berdasarkan hasil penelitian di lapangan ditemukan

<sup>1</sup> Prodi Teknik Sipil, FST Undana;

<sup>2</sup> Prodi Teknik Sipil, FST Undana;

<sup>3</sup> Prodi Teknik Sipil, FST Undana.

beberapa TPS yang terdapat sampah menumpuk akibat tidak terangkut. Dan setelah di tinjau lebih lanjut ternyata rute angkutan persampahan yang dilalui oleh truk sampah terlalu berputar-putar sehingga mempengaruhi bahan bakau yang digunakan dan umur rencana jalan yang dilalui oleh truk sampah walaupun rute dan jadwal angkut sampah tiap-tiap truk sampah telah ditentukan. Selain itu, kurangnya petugas operasional gerobak sampah dan motor sampah dalam proses pengumpulan sampah dari pemukiman mengakibatkan masyarakat yang jauh dari TPS atau tidak terjangkau rute pengangkutan sampah cenderung membuang sampah pada sembarangan tempat. Penentuan rute dalam pengangkutan sampah juga sangat penting karena dapat berpengaruh terhadap jumlah angkutan persampahan yang ada di Kota Kupang. Apabila rute yang ditempuh oleh truk pengangkut tumpang tindih atau tidak efisien maka akan berdampak pada kelebihan jumlah truk pengangkut sampah dan waktu yang ditempuh oleh tiap truk pengangkut sampah. Oleh karena itu perlu dilakukan optimalisasi rute berdasarkan titik-titik TPS yang dilayani oleh truk pengangkutan sampah dengan jarak masing-masing TPS, dengan mengetahui jarak antar titik TPS maka dapat diperoleh jarak yang optimal dengan mengurutkan dari TPS terdekat dari pangkalan ke TPS terdekat dengan TPS untuk memperpendek rute pergerakan truk sampah. Agar mempermudah pemetaan rute distribusi sampah yang optimal maka dibutuhkan program pengolah data spasial, yaitu menggunakan Sistem Informasi Geografis. Dengan visualisasi posisi penyebaran data pada kondisi sesungguhnya dapat diketahui rute distribusi sampah di Kota Kupang. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis rute pengambilan sampah berdasarkan jumlah ketersediaan TPS yang ada di Kota Kupang dengan syarat dan kriteria teknis serta pertimbangan fungsi kawasan perkotaan.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **Pengertian Sampah**

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (DPI, 2008) sampah adalah barang atau benda yang dibuang karena tidak terpakai lagi dan sebagainya; kotoran seperti daun, kertas. Sedangkan dalam Undang-Undang No.18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan atau proses alam yang berbentuk padat dan sampah spesifik adalah sampah yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau volumenya memerlukan pengelolaan khusus.

### **Jenis Sampah**

Jenis sampah dapat dibagi dalam berbagai golongan. Menurut Suprihatin dkk (1999) berdasarkan asalnya, sampah padat dapat digolongkan menjadi 2 yaitu Sampah organik dan anorganik. Selain berdasarkan asalnya, sampah juga dibagi berdasarkan sumbernya. Menurut Suprihatin dkk (1999) berdasarkan sumbernya sampah dibagi dalam 4 yaitu:

- a. Sampah dari pemukiman
- b. Sampah dari pertanian dan perkebunan
- c. Sampah dari sisa bangunan dan konstruksi gedung
- d. Sampah dari perdagangan dan perkantoran
- e. Sampah dari industri

### **Optimalisasi**

Optimalisasi berarti proses mengoptimalkan atau proses menjadikan sempurna menjadikan paling tinggi menjadikan paling maksimal. Apabila dikaitkan dengan rute, maka optimalisasi rute berarti proses ataupun cara menjadikan rute paling baik sehingga akan menguntungkan jika rute tersebut diterapkan. Jadi maksud dari optimalisasi sampah adalah mengoptimalkan rute distribusi sampah dari penduduk hingga ke TPA dengan rute yang paling efisien. (Rian Ankaa Sagara, dkk, 2005).

### **Pengelolaan Sampah**

Menurut Damanhuri (2008) ada berbagai cara metode pembuangan sampah yang sering digunakan yaitu sebagai berikut:

- a. Penimbunan darat
- b. Metode daur ulang
- c. Pengolahan kembali secara fisik
- d. Pengolahan biologis
- e. Pemulihan energi
- f. Metode penghindaran dan pengurangan

### Metode Pengelolaan Sampah di Indonesia

Marantika (2013) menjelaskan bahwa pengolahan sampah yang paling banyak digunakan di Indonesia antara lain adalah:

1. *Open dumping*
2. *Incineration*
3. *Sanitary landfill*
4. *Composting*
5. Daur ulang
6. Fermentasi anaerobik

### Produksi Sampah

Menurut Badan Standarisasi Nasional (2002) bila pengamatan lapangan belum tersedia, maka untuk menghitung besaran sistem, dapat digunakan angka timbulan sampah untuk kota besar adalah 2 – 2,5 L/orang/hari, atau 0,4 – 0,5 kg/orang/hari untuk timbulan sampah kota sedang atau kecil yaitu 1,5 – 2 L /orang/hari, atau 0,3 – 0,4 kg/orang/hari.

### Tempat Penampungan Sementara (TPS)

Tempat Penampungan Sementara (TPS) menurut Badan Standarisasi Nasional (2002) tempat penampungan sementara memiliki pengertian tempat sebelum sampah diangkut ke tempat pendauran ulang, pengolahan dan/atau tempat pengolahan sampah terpadu.

### Tempat Pembuangan Akhir

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) merupakan tempat pembuangan terakhir bagi sampah-sampah yang berada pada suatu wilayah tertentu. Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dapat didefinisikan pula sebagai tempat pengantinan sampah atau menimbun sampah yang diangkut dari sumber sampah sehingga tidak mengganggu lingkungan. (Sari, 2013)

### Pola Pengumpulan Sampah

Christian (2011) menjelaskan bahwa pengumpulan sampah memiliki tiga tahapan yaitu pengumpulan, pengangkutan dan pembuangan akhir/pengolahan.

### Penduduk

Menurut Adioetomo dan Samosir (2010) rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan proyeksi jumlah penduduk adalah sebagai berikut:

1. Metode Arithmatik

$$P_n = P_o + K_a(T_n - T_o) \tag{1}$$

$$K_a = \frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1} \tag{2}$$

$$q = \frac{\sum P_n}{T_{n-1}} (\%) \tag{3}$$

Dimana:

P <sub>n</sub> = Jumlah penduduk pada tahun ke – n	T <sub>n</sub> = Tahun ke – n
P <sub>o</sub> = Jumlah penduduk pada tahun dasar	T <sub>o</sub> = Tahun dasar

- $K_a$  = Konstanta arithmatik  
 $T_1$  = Tahun ke I yang diketahui  
 $T_2$  = Tahun ke II yang diketahui  
 $q$  = Perkembangan penduduk rata-rata  
 $P_1$  = Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun ke I  
 $P_2$  = Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun terakhir

## 2. Metode Geometrik

$$P_n = P_o(1+r)^n \quad (4)$$

Di mana:

- $r$  = Laju pertumbuhan penduduk  
 $n$  = Jumlah interval

## 3. Metode Eksponensial

$$P_n = P_o(e)^{n \cdot q} \quad (5)$$

Di mana:

- $r$  = Laju pertumbuhan penduduk       $e$  = Nilai eksponensial (2,7182818)  
 $n$  = Jumlah interval       $q$  = Perkembangan penduduk rata-rata

### ***Solver Add-Ins***

Menurut Ginting M (2012) *Solver add-ins* adalah *Microsoft Excel add-in*, program ini secara otomatis terpasang ketika *Microsoft Office* atau *Excel* di-instal. *Solver* ini merupakan fitur yang ada di dalam *Microsoft Excel* yang dapat membantu user dalam menganalisis urutan data berdasarkan data yang tersedia. Untuk menggunakannya dalam *Excel*, harus mengaktifkannya terlebih dahulu.

#### 1. Langkah-langkah mengaktifasi *Solver Add-Ins*

- Klik pada *File* tab, klik *Options*, dan kemudiah klik *Add-Ins category*.
- Dalam kotak *Manage*, klik *Excel Add-ins*, kemudian klik *Go*. Kotak dialog *Add-Ins* akan muncul
- Pada kotak *Add-Ins* dicentang dan kemudian klik OK.

#### 2. Langkah-langkah menginstall *Solver Add-Ins*

Bila tidak ditemukan *solver add-ins* maka harus dilakukan penginstalan. Langkah-langkah dalam pengaturan *solver add-ins* (setting *solver*):

- Set Target Cell: Target Cell* (sel yang dipilih) berisi kuantitas atau jumlah yang dioptimumkan yaitu nilai fungsi tujuan. Untuk menentukan letak *Target Cell*, klik pada sel yang sudah ditentukan atau ketik nama selnya.
- Equal To:* menentukan arah optimasi, bila kasusnya biaya maka dipilih Min sedangkan apabila kasusnya keuntungan maka dipilih Max.
- By Changing Cells:* disini diisi dengan sel pada sheet dimana akan ditampilkan nilai variabel. Nilai variabel ini lah yang akan mengoptimumkan fungsi tujuan.
- Subject to the Constraints:* tentukan kendala dengan mengklik tombol *Add*, kemudian masukkan fungsi kendala dengan mengisi sel sebelah kiri, pilih = atau  $\leq$  atau  $\geq$  (sesuai fungsi pembatas/kendala) kemudian isi sel sebelah kanan. Setelah seluruh kendala fungsional dimasukkan, tekan tombol OK. Pastikan pula telah menyentang pembatas non-negatif.

#### 3. Langkah–langkah menggunakan *Solver Add-Ins* untuk mengoptimalisasi ruteLangkah – langkahnya sebagai berikut:

- Menyiapkan data-data antar titik TPS dalam Tabel ditambah titik “0” untuk pangkalan dan titik “x” untuk TPA.
- Membuat urutan kolom 1 sampai kolom terakhir.

- c. Menginput rumus “*INDEX*” untuk mencari titik temu antar baris dan kolom.
- d. Setelah diperoleh rumus “*INDEX*” dari 1 sampai urutan baris/kolom yang terakhir, kemudian dijumlahkan menggunakan rumus “*SUM*” untuk memperoleh total jarak.
- e. Kemudian menggunakan *Solver Add-Ins* untuk mencari jarak minimum dengan pengaturan seperti gambar 2.5. Kemudian klik *solve* dan secara otomatis data diurutkan berdasarkan jarak terpendek untuk mengurangi jarak tempuh truk angkutan sampah.

## Sistem Informasi Geografis

### 1. Definisi

Dalam bukunya Budiyanto (2016) dipaparkan beberapa definisi menurut para ahli, salah satunya menurut *Center Lund University*, Sistem Informasi Geografis adalah sistem berbasis computer yang digunakan untuk menyusun, menyimpan, memanipulasi, mengolah, menampilkan, dan menganalisis informasi geografis dan berbagai atribut yang menyertainya.

### 2. Subsistem Sistem Informasi Geografis

Pada kenyataannya memang pengguna sistem informasi geografis “tidak membutuhkan” definisinya. Walaupun memiliki definisi yang beragam tetapi intinya tetap sama. Menurut Irwansyah (2013), GIS dapat diuraikan menjadi beberapa subsistem yaitu data *input*, data *output*, data manajemen serta analisis dan manipulasi data

### 3. Manfaat Sistem Informasi Geografis.

Sistem informasi geografis memiliki fungsi untuk memvisualisasikan pemetaan beserta informasinya dengan memanfaatkan database sebagai sumber data informasi. Cara Kerja GIS Menurut Irwansyah (2013) konsep *real world* merupakan sebuah cara bagaimana SIG mengubah realitas fisik sebuah dunia menggunakan model menjadi sebuah sistem informasi geografis yang dapat disimpan, dimanipulasi, diproses dan dipresentasikan. Menurut Ekadinata dkk (2008) untuk dapat dipergunakan dalam GIS, data spasial perlu dikonversi ke dalam format digital.

## Google Maps

*Google Maps* adalah sebuah jasa peta *globe virtual* gratis dan *online* disediakan oleh *Google* dapat ditemukan di <http://maps.google.com> (*google.com*). Melalui fitur *Google Maps*, pengguna internet dapat *browsing* informasi grafis berikut: *Satellite map*, Hasil pencarian integrasi, *Draggable maps*, *Terrain maps* (Peta Topografi), *Earth map* dan *My location*.

## METODE PENELITIAN

### Teknik analisis data

Dari data yang diperoleh maka akan dilakukan analisa data dengan tahapan-tahapan yaitu:

1. Identifikasi masalah
2. Studi literatur
3. Pengumpulan data
4. Perhitungan jumlah sampah

Jumlah produksi sampah saat ini dapat diperoleh dengan perhitungan berikut:

$$\text{Jumlah prod. sampah} = \text{jmlh. sampah per orang} \times \text{jmlh. orang}$$

5. Jumlah produksi sampah dengan metode aritmatik, geometrik dan eksponensial
- Berdasarkan jumlah produksi sampah dalam kurun waktu 5 tahun sebelumnya maka dapat ditentukan produksi sampah 5 tahun kedepan dengan menggunakan 3 metode. Maka perlu dicari tahu perkembangan penduduk rata-rata ( $q_a$ ) dari masing-masing kecamatan dengan rumus persamaan (6) dan menghitung persentase perkembangan penduduk dengan rumus persamaan (7) sebagai berikut:

$$q_a = \frac{\Sigma P_p}{n-1} \quad (6)$$

Keterangan:

q<sub>a</sub>= Perkembangan penduduk rata-rata (%)  
 n = Banyaknya tahun yang dihitung  
 P<sub>p</sub>= Persentase Perkembangan Penduduk (%)

$$P_p = \frac{n_2 - n_1}{n_1} \times 100$$

(7)

Keterangan :

P<sub>p</sub> = Persentase Perkembangan Penduduk (%)  
 n<sub>1</sub> = jumlah penduduk tahun awal (orang)  
 n<sub>2</sub> = jumlah penduduk tahun akhir (orang)

6. Membuat jalur distribusi sampah yang optimal

Berdasarkan hasil survey maka dapat ditentukan titik-titik lokasi TPS, kemudian dari data tersebut dapat diolah untuk menentukan jalur distribusi sampah yang efisien. Untuk menentukan rute maka perlu juga diketahui kapasitas TPS dan kapasitas angkutan persampahan untuk mengetahui banyaknya titik yang mampu dilalui sebuah angkutan persampahan.

7. Membuat dan merencanakan pengelolaan sampah berbasis WEBGIS

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Jumlah Produksi Sampah**

Jumlah produksi sampah Kota Kupang pada tahun 2012-2016 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Produksi Sampah Penduduk Kota Kupang dari Tahun 2012-2016

No	Tahun	Produksi Sampah Kota Kupang					
		Per Hari		Per Bulan (30 Hari)		Per Tahun (365 Hari)	
		m <sup>3</sup>	Kg	m <sup>3</sup>	Kg	m <sup>3</sup>	Ton
1	2012	379.78	182674.0	11393.39	5480220.0	138619.56	66676.01
2	2013	393.37	189212.5	11801.20	5676375.0	143581.21	69062.56
3	2014	399.28	192056.0	11978.54	5761680.0	145738.96	70100.44
4	2015	406.32	195438.5	12189.51	5863155.0	148305.72	71335.05
5	2016	418.18	201143.0	12545.30	6034290.0	152634.50	73417.20

Berdasarkan data jumlah penduduk dari tahun 2012 sampai dengan tahun 2016 dapat diproyeksi peningkatan produksi sampah 5 tahun kedepan, dari tahun 2017 hingga tahun 2021. Perhitungan produksi jumlah timbulan sampah yang diproduksi penduduk Kota Kupang dari tahun 2012 sampai 2021 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Produksi Sampah Penduduk Kota Kupang dari Tahun 2017-2021

No	Tahun	Produksi Sampah Kota Kupang					
		Per Hari		Per Bulan (30 Hari)		Per Tahun (365 Hari)	
		m <sup>3</sup>	Kg	m <sup>3</sup>	Kg	m <sup>3</sup>	Ton
1	2012	379.78	182674.0	11393.39	5480220.0	138619.56	66676.01
2	2013	393.37	189212.5	11801.20	5676375.0	143581.21	69062.56
3	2014	399.28	192056.0	11978.54	5761680.0	145738.96	70100.44
4	2015	406.32	195438.5	12189.51	5863155.0	148305.72	71335.05
5	2016	418.18	201143.0	12545.30	6034290.0	152634.50	73417.20
6	2017	428.58	206145.7	12857.32	6184371.2	156430.73	75243.18
7	2018	439.25	211280.8	13177.59	6338422.8	160327.40	77117.48
8	2019	450.21	216551.9	13506.35	6496556.2	164327.30	79041.43
9	2020	461.46	221962.9	13843.84	6658886.3	168433.37	81016.45
10	2021	473.01	227517.7	14190.29	6825531.4	172648.58	83043.97

**Persampahan di Kota Kupang**

Fasilitas persampahan yang telah disediakan oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Kupang, yaitu: tempat penampungan sementara (TPS) sampah, kendaraan dan alat angkut sampah, tempat pemrosesan akhir (TPA), papan informasi himbauan persampahan.

### 1. Fasilitas Pengelolaan Sampah

Agar fasilitas Pengelolaan sampah berfungsi lebih intensif maka sebaiknya perlu dilakukan optimalisasi pada fasilitas-fasilitas pengelolaan sampah seperti:

- a. Pada proses pewadahan perlu dilakukan pemilahan sampah sesuai jenis sampahnya untuk memudahkan pengolahan sampah langsung pada sumber sampah yang dilakukan oleh pemulung sehingga dapat mengurangi jumlah sampah yang tertampung pada TPA.
- b. Pada proses pewadahan yang dilakukan oleh individual atau komunal yang dilakukan oleh masyarakat perlu dilakukan penyuluhan kepada masyarakat agar masyarakat melakukan pewadahan pada kantong plastik sampah agar memudahkan pada proses pengumpulan sampah yang dilakukan oleh gerobak sampah dan motor sampah, selain itu mencegah terjadinya pencemaran lingkungan sebagai akibat sampah yang tidak dikumpulkan pada kantong berserakan di sekitar tempat pewadahan individual maupun komunal.
- c. Pada proses pengumpulan sampah perlu ditambah petugas operasional gerobak sampah dan motor sampah karena untuk beberapa rute pengangkutan sampah masih dilakukan pengangkutan langsung dari sumber-sumber sampah seperti pemukiman sehingga pada waktu pengangkutan sampah memerlukan waktu yang lebih lama karena kurangnya efisiensi saat proses pengangkutan sampah.
- d. Pada tempat pemrosesan akhir sebaiknya perlu adanya perubahan metode dalam pemrosesan sampah dari menggunakan metode *open dumping* menjadi *sanitary landfill* karena dengan menggunakan metode *sanitary landfill*.

### 2. Optimalisasi TPS di Kota Kupang

Optimalisasi TPS berfungsi untuk mengetahui jumlah TPS yang optimal dan mengontrol ketersediaan TPS yang ada di Kota Kupang. Berdasarkan Hasil perhitungan timbulan sampah pada tahun 2016 diperoleh jumlah sampah yang diproduksi tiap harinya sebanyak 418,18 m<sup>3</sup> per harinya dan pada tahun 2021 jumlah sampah yang diproduksi tiap harinya sebanyak 473,010 m<sup>3</sup>. Sehingga kebutuhan TPS di Kota Kupang untuk tahun 2016 dan untuk kebutuhan TPS tahun 2021 seperti pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Rekapitulasi Kebutuhan TPS Tiap Kecamatan (Hasil Analisis)

No	Kecamatan	Produksi Sampah		Kapasitas Tampungan Sampah	Keterersediaan		Jumlah Tambahan TPS
		2016	2021		2016	2021	
1	Alak	64,542	73,514	47,925	Kurang	Kurang	25
2	Maulafa	78,440	86,246	106,323	Cukup	Cukup	-
3	Oebobo	101,555	115,097	229,425	Cukup	Cukup	-
4	Kota Raja	56,084	61,403	57,906	Cukup	Kurang	4
5	Kelapa Lima	81,965	97,743	78,300	Kurang	Kurang	19
6	Kota Lama	35,590	39,007	168,571	Cukup	Cukup	-
7	Kota Kupang	418,176	473,010	688,449	Cukup	Cukup	-

Ketersediaan TPS untuk penduduk Kota Kupang untuk tahun 2016 hingga 2021 masih tercukupi karena ketersediaan TPS masih melebihi dari jumlah produksi sampah penduduk, Meskipun jumlah kapasitas TPS yang tersedia melebihi dari jumlah produksi sampah yang dihasilkan penduduk Kota Kupang tetapi masih ada kecamatan yang kekurangan TPS seperti kecamatan Alak, Kota Raja, dan Kelapa Lima karena jumlah produksi sampah di kecamatannya tidak sesuai dengan jumlah kapasitas TPS yang tersedia. Maka dapat disimpulkan bahwa jumlah TPS yang tersedia di Kota Kupang sudah cukup tetapi agar lebih optimal perlu dilakukan evaluasi kembali dalam persebaran letak TPS dari wilayah kecamatan

yang memiliki TPS yang berlebihan ke wilayah yang kekurangan TPS ataupun perlu adanya penampahan TPS pada kecamatan yang kekurangan TPS.

3. Optimalisasi Rute Persampahan Di Kota Kupang

Tabel 4. Optimalisasi Rute Berdasarkan Jarak Tempuh

No	Truk	Jarak (Km)		Waktu Perjalanan (Menit)		Persentase $(\frac{A-B}{A} \times 100\%)$	Keterangan
		Awal (A)	Akhir (B)	Awal (A)	Akhir (B)		
1	DH 8000 WA	18,175	15,967	55	48	12%	Menguntungkan
2	DH 8067 GW	17,834	15,061	54	45	16%	Menguntungkan
3	DH 972 KA	16,183	15,269	149	46	6%	Menguntungkan
4	DH 947 KA	22,383	15,733	67	47	30%	Menguntungkan
5	DH 941 CA	Kontainer		-	-	0%	Tetap
6	DH 928 BC	Kontainer		-	-	0%	Tetap
7	DH 918 KA	15,732	15,121	47	45	4%	Menguntungkan
8	DH 915 KA	18,650	17,250	56	52	8%	Menguntungkan
9	DH 8073 GW	17,392	14,452	52	43	17%	Menguntungkan
10	DH 8072 GW	15,700	14,844	47	45	5%	Menguntungkan
11	DH 8071 GW	31,948	15,648	96	47	51%	Menguntungkan
12	DH 8069 GW	21,308	18,440	64	55	13%	Menguntungkan
13	DH 8068 GW	37,908	22,388	114	67	41%	Menguntungkan
14	DH 8066 GW	17,063	14,583	51	44	15%	Menguntungkan
15	DH 8065 GW	24,170	15,420	73	46	36%	Menguntungkan
16	DH 8049 GW	25,180	23,480	76	70	7%	Menguntungkan
17	DH 8051 GW	19,710	15,540	59	47	21%	Menguntungkan
18	DH 8052 GW	16,170	15,270	49	46	6%	Menguntungkan
19	DH 8061 GW	31,385	25,605	94	77	18%	Menguntungkan
20	DH 8064 GW	17,094	15,360	51	46	10%	Menguntungkan
21	DH 8058 GW	13,15	13,15	40	40	0%	Tetap
22	DH 8070 GW	24,700	24,700	74	74	0%	Tetap
23	DH 8003 WB	15,980	14,380	48	43	10%	Menguntungkan
24	DH 942 CA	18,400	16,850	55	50	8%	Menguntungkan
		Kontainer		-	-	0%	Tetap
25	DH 946 CA	19,130	14,030	57	42	27%	Menguntungkan
26	DH 9114 SOQ	30,050	25,750	90	77	14%	Menguntungkan
27	DH 8002 WA	Kontainer		-	-	0%	Tetap
28	DH 8002 WB	18,900	17,150	57	51	9%	Menguntungkan
29	DH 8026 GW	16,350	14,25	49	43	13%	Menguntungkan
30	DH 8050 GW	18,600	16,200	56	49	13%	Menguntungkan
31	DH 907 B	Rute yang mengangkut kelebihan muatan pada truk lain					Tetap
32	DH 8059 GW	4,100	4,100	12	12	0%	Tetap
33	DH 8048 GW	1,600	1,600	5	5	0%	
34	DH 8047 GW	3,700	3,700	11	11	0%	
35	B 9110 SOQ	4,400	4,400	13	13	0%	

Untuk truk DH 907 B merupakan truk dengan rute siaga di mana truk tersebut tidak memiliki rute tetap dan berfungsi untuk membantu truk lain apabila truk lain mengalami kendala atau

kelebihan muatan, untuk truk DH 8059 GW, DH 8048 GW, DH 8047 GW dan B 9110 SOQ yang tidak dapat dioptimalisasi dikarenakan truk tersebut sudah melayani suatu kawasan tertentu seperti perkantoran, pasar, maupun kawasan tertentu yang tidak melayani TPS tiap titik seperti truk lainnya. Untuk keterangan “menguntungkan” berarti bahwa setelah dianalisis truk mengalami keuntungan jarak dan waktu tempuh. Sedangkan untuk keterangan “tetap” berarti baik sebelum dan setelah analisis truk tidak mengalami perubahan baik jarak maupun waktu tempuh.

Tabel 5.Rekapitulasi Tabel Optimalisasi Rute Berdasarkan Volume

No	Truk	Jumlah TPS	Jumlah Rute yang dilayani	Jumlah Pengangkutan per hari	Volume yang di angkut (m <sup>3</sup> )	Volume Kendaraan (m <sup>3</sup> )	Keterangan
1	DH 8000 WA	10	1	2	8,70	12	+3,3
2	DH 8067 GW	11	1	2	11,10	12	+0,9
3	DH 972 KA	10	1	1	5,45	6	+0,55
4	DH 947 KA	6	1	1	5,50	6	+0,5
5	DH 941 CA	-	1	2	Kontainer	4	-
6	DH 928 BC	-	1	2	Kontainer	4	-
7	DH 918 KA	15	2	2	15,50	12	-3,5
8	DH 915 KA	2	1	1	3,00	6	+3
9	DH 8073 GW	13	1	2	7,65	12	+4,35
10	DH 8072 GW	5	1	1	4,60	6	+1,4

(Sambungan) Tabel 5.Rekapitulasi Tabel Optimalisasi Rute Berdasarkan Volume

No	Truk	Jumlah TPS	Jumlah Rute yang dilayani	Jumlah Pengangkutan per hari	Volume yang di angkut (m <sup>3</sup> )	Volume Kendaraan (m <sup>3</sup> )	Keterangan
11	DH 8071 GW	6	1	2	6,60	12	+5,4
12	DH 8069 GW	11	2	2	11,40	12	+0,6
13	DH 8068 GW	13	2	2	14,90	12	-2,9
14	DH 8066 GW	8	1	2	7,50	12	+4,5
15	DH 8065 GW	9	1	2	6,90	12	+5,1
16	DH 8049 GW	6	1	2	7,20	12	+4,8
17	DH 8051 GW	10	1	2	8,68	12	+3,32
18	DH 8052 GW	3	1	1	3,90	6	+2,1
19	DH 8061 GW	10	1	2	9,30	12	+2,7
20	DH 8064 GW	10	2	2	8,20	12	+3,8
21	DH 8058 GW	2	1	1	2,40	6	+3,6
22	DH 8070 GW	5	1	1	5,70	6	+0,3
23	DH 9114 SOQ	4	1	1	3,80	6	+2,2
24	DH 8002 WA	-	1	1	Kontainer	4	-
25	DH 8002 WB	5	1	1	5,20	6	+0,8
26	DH 8026 GW	4	1	1	3,20	6	+2,8
27	DH 8050 GW	3	1	1	3,40	6	+2,6
28	DH 8003 WB	4	1	1	4,80	6	+1,2
29	DH 942 CA	5	1	1	5,20	6	+0,8
		-	1	1	Kontainer	4	-

No	Truk	Jumlah TPS	Jumlah Rute yang dilayani	Jumlah Pengangkutan per hari	Volume yang diangkut (m <sup>3</sup> )	Volume Kendaraan (m <sup>3</sup> )	Keterangan
30	DH 946 CA	6	1	1	5,00	6	+1
31	DH 907 B	Rute yang mengangkut kelebihan muatan pada truk lain					-
32	DH 8059 GW	-	1	1	±6	6	0
33	DH 8048 GW	-	1	1	±6	6	0
34	DH 8047 GW	-	1	1	±6	6	0
35	B 9110 SOQ	-	1	1	±6	6	0

Truk DH 907 B tidak memiliki rute tetap dan berfungsi untuk membantu truk lain apabila truk lain mengalami kendala atau kelebihan muatan. Untuk truk DH 8059 GW, DH 8048 GW, DH 8047 GW dan B 9110 SOQ volume sampah yang diangkut sama dengan volumekapasitas truk dikarenakan truk tersebut sudah melayani suatu kawasan tertentu seperti perkantoran, pasar, maupun kawasan tertentu yang tidak melayani TPS tiap titik seperti truk lainnya.

Pada Tabel 5 terdapat truk yang kelebihan muatan sehingga agar lebih optimal maka terdapat 2 alternatif untuk mengatasi truk yang mengalami kelebihan muatan. Alternatif yang pertama adalah dengan menambah jumlah angkutan perhari dan alternatif yang kedua dengan mengalihkan truk yang kekurangan muatan untuk membantu mengangkut kelebihan sampah pada truk yang memiliki kelebihan muatan. Untuk truk DH 918 KA memiliki kelebihan muatan 3,5 m<sup>3</sup> maka dapat dibantu oleh truk DH 8071 GW yang memiliki kekurangan muatan sebesar 5,4 m<sup>3</sup> dan untuk DH 8068 GW memiliki kelebihan muatan 2,9 m<sup>3</sup> maka dapat dibantu oleh truk DH 8058 GW yang memiliki kekurangan muatan sebesar 3,6 m<sup>3</sup>.

### Pengelolaan Sampah Berbasis WEBGIS

#### 1. Data yang digunakan untuk WEB GIS

Data-data yang digunakan untuk pemetaan adalah titik-titik TPS dan Rute angkutan persampahaln berdasarkan hasil survei di lapangan. Untuk data titik-titik TPS terdiri dari Nama TPS, Kondisi TPS, Tipe TPS, Nomor Polisi Truk yang mengangkut, Nama Supir, Jam Pengangkutan, Koordinat x dan y, Link Foto TPS, Link Icon di peta dengan jumlah data sebanyak 209 data yang terdiri dari 180 data TPS permanen, 23 data TPS semi permanen, 5 data kontainer dan 1 data TPA. Untuk data rute angkutan persampahan terdiri dari Nomor Polisi Truk, Nama Supir, Rute yang dilalui beserta jam truk beroperasi, Link rute berdasarkan hasil survei menggunakan GPS dengan jumlah data sebanyak 41 data dengan jumlah truk sebanyak 35 truk angkutan persampahan baik truk sampah (*Dump Truck*) maupun truk kontainer (*Arm roll Truck*) untuk 41 rute angkutan.

#### 2. Perangkat Keras dan Perangkat Lunak (*Hardware & Software*)

Untuk mengoperasikan Sistem Informasi Geografis berbasis Web maka diperlukan perangkat keras dan perangkat lunak antara lain : *Hp 14 Notebook PC, Processor AMD E1-6010 APU with AMD Radeon R2 Graphic, RAM 4096MB, Hardislk 500 GB, GPS, Google Chrome, SQLyog database, Adobe Photoshop CS3, Microsoft Excel, Xampp, Google Maps, Dropbox.*

#### 3. File yang Digunakan Sistem Web GIS

Dalam menyusun Sistem Informasi Geografis Web untuk pemetaan titik TPS dan TPA dan pemetaan rute angkutan persampahan sebagai berikut.

Tabel 6. File WebGIS

No	Nama File	Keterangan
1	<i>index.php</i>	File halaman utama web
2	<i>import_rute.php</i>	File import data rute truk sampah
3	<i>ambildata1.php</i>	File import data peta
4	<i>Koneksi.php</i>	File pengatur koneksi admin
5	<i>peta.php</i>	File data google map
6	<i>dataTables.bootstrap.css</i>	File tema web
7	<i>datatables.css</i>	File database Tabel web

No	Nama File	Keterangan
8	<i>home.php</i>	File menampilkan halaman beranda
9	<i>profile.php</i>	File menampilkan profil penulis
10	<i>abstract.php</i>	File menampilkan abstrak tugas akhir

#### 4. Analisis Sistem Informasi Geografis Berbasis Web

Halaman web yang digunakan oleh pengguna web (*User*) berisi tentang informasi-informasi yang berkaitan tentang lokasi titik TPS baik yang permanen ataupun semi permanen, kontainer sampah dan TPA yang disajikan dalam bentuk geografis.

- a. Koneksi.php  
Data koneksi.php merupakan script php yang berfungsi menghubungkan web dengan data “peta.php” yang terdapat dalam database yang sudah di ekspor dari SQLyog ke database *website*.
- b. Tampilan Beranda pada Web  
Pada bagian halaman beranda dari *Website* Sistem Informasi Geografis ini merupakan halaman utama pada WEB GIS TPS Kota Kupang. Halaman ini bertujuan untuk menampilkan pendahuluan dari *Website* itu sendiri.
- c. Tampilan Halaman Abstrak  
Pada bagian halaman Abstrak menampilkan abstrak dari tugas akhir yang bertujuan untuk menggambarkan latar belakang dari pembuatan tugas akhir.
- d. Tampilan Halaman Tabel TPS  
Pada bagian halaman Tabel TPS menampilkan data dari TPS yang dipetakan pada peta, pada halaman ini ditampilkan nama TPS, Kondisi TPS dan titik koordinat x dan y.
- e. Tampilan Halaman Peta  
Pada bagian halaman peta maka ditampilkan peta beserta icon-icon TPS berdasarkan data yang terdapat pada halaman Tabel TPS, apabila pengunjung melakukan klik pada icon maka akan muncul informasi-informasi yang terdapat pada titik tersebut.
- f. Tampilan Halaman Rute  
Pada bagian halaman peta maka ditampilkan Tabel dengan Nomor Truk, Nama Supir, Rute dan Jam Angkut Sampah dan Link dimana apabila pengunjung *website* menekan *view* pada kolom link maka pengunjung akan dialihkan ke rute truk sampah tersebut.
- g. Tampilan Halaman Tentang  
Pada bagian halaman Tentang menampilkan Profil penulis yang berisi identitas dari penulis.  
*Website* ini memiliki kelebihan yaitu mempermudah masyarakat dalam mengetahui posisi TPS terdekat dan mengetahui truk sampah yang melalui pemukiman masyarakat. Kelemahan *website* ini tidak memiliki waktu angkutan yang tepat sesuai kenyataan di lapangan karena waktu pengangkutan yang terdapat dalam *website* berupa data hasil penelitian sehingga dapat berbeda apabila terjadi perbedaan jam pengangkutan apabila terjadi perubahan waktu pengangkutan setelah dilakukan penelitian.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Di kota Kupang jumlah produksi sampah pada tahun 2016 mencapai 418,18 m<sup>3</sup> per harinya yang dihasilkan seluruh penduduk kota Kupang dengan jumlah penduduk sebanyak 402.286 orang.
2. Dari perhitungan metode aritmatik, eksponensial, dan geometrik maka dilakukan perbandingan untuk dapat menentukan metode yang memiliki hasil paling besar dan metode yang memiliki hasil terbesar adalah metode eksponensial dengan jumlah penduduk Kota Kupang pada tahun 2021 adalah sebesar 455.035 orang yang memproduksi sampah adalah sebesar 473,010 m<sup>3</sup>/hari atau 227518,714 kg/hari.

3. Terdapat fasilitas-fasilitas persampahan yang telah disediakan oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Kupang, yaitu :
  - a. Tempat penampungan sementara (TPS) sampah  
Ketersediaan TPS untuk penduduk Kota Kupang untuk saat ini terdapat 180 TPS permanen, 23 TPS semi permanen, 5 kontainer.
  - b. Kendaraan dan alat angkutan sampah  
Terdapat truk sampah yang tersedia sebanyak 35 unit, Untuk motor sampah berjumlah 4 unit yang masih aktif, dan 100 unit gerobak sampah.
  - c. Tempat pemrosesan akhir (TPA)  
Luas total TPA alak adalah 10 Ha yang merupakan tempat terakhir sampah di tampung dan diproses.
  - d. Papan informasi  
Terdapat papan informasi yang berisi himbauan kepada masyarakat yang berjumlah 15 buah yang tersebar di seluruh Kota kupang.
4. Berdasarkan hasil perhitungan dari perhitungan jumlah produksi sampah dan jumlah kapasitas tampungan sampah dapat diketahui jumlah tampungan sampah untuk Kota Kupang masih tercukupi apabila dilihat secara keseluruhan ketersediaan kapasitas TPS Kota Kupang. Tetapi apabila dilihat pada tiap-tiap kecamatan maka dapat diketahui untuk kecamatan Alak, Kota Raja, dan Kelapa Lima masih perlu penambahan TPS. Oleh karena itu agar lebih optimal perlu dilakukan evaluasi kembali dalam persebaran letak TPS dari wilayah kecamatan yang memiliki TPS yang berlebihan ke wilayah yang kekurangan TPS ataupun perlu adanya penampahan TPS pada kecamatan yang kekurangan TPS.
5. Dengan menggunakan *solver Add-Ins*, diperoleh rute pengangkutan sampah yang lebih pendek jarak tempuhnya sehingga dapat menghemat waktu dan biaya angkutan persampahan.
6. Sistem pengelolaan sampah WEBGIS didesain dengan menggunakan data-data yang didapat dari hasil analisis data. Data-data yang digunakan untuk pemetaan adalah titik-titik TPS dan Rute angkutan persampahan berdasarkan hasil survey dilapangan. Untuk data titik-titik TPS terdiri dari Nama TPS, Kondisi TPS, Tipe TPS, Nomor Polisi Truk yang mengangkut, Nama Supir, Jam Pengangkutan, Koordinat x dan y, Link Foto TPS, Link Icon di peta dengan jumlah data sebanyak 209 data yang terdiri dari 180 data TPS permanen, 23 data TPS semi permanen, 5 data kontainer dan 1 data TPA. Untuk data rute angkutan persampahan terdiri dari Nomor Polisi Truk, Nama Supir, Rute yang dilalui beserta jam truk beroperasi, Link rute berdasarkan hasil survei menggunakan GPS dengan jumlah data sebanyak 40 data dengan jumlah truk sebanyak 35 truk angkutan persampahan baik truk sampah (*Dump Truck*) maupun truk kontainer (*Arm roll Truck*) untuk 40 rute angkutan. Hasil dari digitasi peta dapat dilihat pada : <http://petagiskupang.000webhostapp.com/>.

## SARAN

1. Sebaiknya perlu diperhatikan kembali dalam persebaran TPS karena secara keseluruhan ketersediaan TPS yang ada di kota Kupang sudah tercukupi untuk menampung jumlah seluruh produksi sampah setiap harinya tetapi dalam persebarannya ada wilayah-wilayah kecamatan tertentu yang memiliki kelebihan TPS tetapi ada pula kecamatan yang kekurangan TPS.
2. Untuk mengatasi kekurangan TPS pada wilayah-wilayah tertentu maka disarankan menggunakan TPS semi-permanen agar lebih mudah di mobilisasi dan daya tampungnya cukup untuk mewakili suatu wilayah tertentu.
3. Penggunaan gerobak sampah sebaiknya lebih ditingkatkan lagi khususnya pada daerah perumahan penduduk agar truk sampah tidak perlu mengangkut sampah dengan sistem *door-to-door* tetapi *dump truck* cukup mengangkut sampah dari titik-titik sampah yang berada pada rute yang telah disediakan untuk lebih menghemat bahan bakar dan memperpanjang umur rencana jalan yang dilalui *dump truck*.

4. Sebaiknya dinas kebersihan dan pertamanan mempublikasikan peta dari hasil penelitian ini agar seluruh masyarakat dapat mengetahui titik TPS terdekat, jam angkut dan truk sampah pada wilayah mereka.
5. Untuk peneliti yang ingin melanjutkan penelitian ini khususnya mengenai optimalisasi angkutan persampahan Kota Kupang dapat melakukan penelitian menggunakan kuesioner langsung kepada masyarakat agar dapat mengetahui letak titik TPS yang lebih tepat sesuai dengan kebutuhan masyarakat dan memberikan rute alternatif dengan menyesuaikan dari rute yang ada berdasarkan letak titik TPS terbaru.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adioetomo SM dan Samosir OB. 2010. *Dasar-dasar Demografi edisi 2*. Jakarta: Penerbit Salemba Empat.
- Agung Suprihatin, Dwi Prihanto, Michel Gelbert. 1999. *Pengolahan Sampah*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *SNI 19-2454-2002 Tata Cara teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan*. Jakarta: BSN
- Budiyanto E. 2016. *Sistem Informasi Geografis dengan Quantum GIS*. Yogyakarta: C.V ANDI OFFSET
- Christian S. J. 2011. *Analisis Sistem Pengangkutan Sampah Kota Makassar Dengan Metode Penyelesaian Vehicle Routing Problem*. Jurnal. Makassar: Universitas Hasanuddin
- Damanhuri, Enri. 2008. *Diktat Pengelolaan Sampah*. Bandung: ITB\
- DPI (2008). *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Ginting, Mbayak. 2012. *Penggunaan Solver Add-Ins Dalam Pengalokasian Distribusi Barang Dengan Total Biaya Distribusi Minimum*. Medan: Stie Mikroskil Medan
- Google Inc. 2018. *Google Maps: Peta Lokasi Kota Kupang* dalam <http://maps.google.com/>
- Irwansyah. Edy. 2013. *Sistem Informasi Geografis: Prinsip Dasar dan Pengembangan Aplikasi*. Binus
- Marantika. Yudiya M. 2013, *Analisis Geospasial Persebaran TPS Dan TPA Di Kabupaten Batang Menggunakan Sistem Informasi Geografis*. Jurnal, Semarang: Universitas Diponegoro
- Ankaa Sagara, Rian dan Iwan Vioncy Suryono, Yohanis dan Halim, Raimond (2005) *Peningkatan Produktivitas Pada Tahap Pembibitan Kelapa Sawit (Studi Kasus: PT. BPS)*. Masters thesis, BINUS.
- Sari. Fitri P. 2013. *Sistem Pengelolaan Sampah Dengan Memanfaatkan Sistem Informasi Geografis (SIG)*. Jurnal. Pontianak: Universitas Tanjungpura

