

OPTIMALISASI JALUR PENGANGKUTAN SAMPAH DI KOTA KUPANG (OPTIMIZATION OF WASTE TRANSPORT TRACKING IN KUPANG CITY)

Oleh :

Alforenzo Everd Daniel Habanono, Agung Witjaksono, Maria C. Enderwati

Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Nasional Malang

Jl. Bendungan Sigura-Gura No. 2 Malang Telp. (0341) 551431, 553015

Email : danielenzo706@gmail.com

ABSTRAK

Transportasi sampah adalah sub-sistem persampahan yang bersasaran membawa sampah dari lokasi pemindahan atau dari sumber sampah secara langsung menuju Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jalur tercepat pengangkutan sampah di kota Kupang. Yang dipengaruhi oleh 4 elemen yaitu densitas sampah, waktu pengangkutan sampah, biaya operasional dan penentuan rute tercepat. Analisis ini menggunakan variabel amatan adalah jarak, waktu, biaya dan jalan yang dilewati. Pengumpulan Data penelitian ini menggunakan pengumpulan data primer (observasi, wawancara dan kuisioner) dan data sekunder yakni pengumpulan data dari dinas kebersihan dan lingkungan hidup kota Kupang. Pengumpulan data primer dilakukan dengan teknik sampel yaitu sebanyak 30% dari total responden yang ada sehingga diambil 10 responden yang di wawancara. Analisis yang digunakan dalam Penelitian ini adalah metode statistik deskriptif dan penentuan rute tercepat. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jalur pengangkutan sampah dapat mempengaruhi jarak, waktu dan biaya operasional pengangkutan sehingga akan meminimalisir 3 faktor pengangkutan dan mengoptimalkannya. Pentingnya penelitian ini adalah untuk memaksimalkan rute persampahan yang telah ada dari segi efisiensi jarak, waktu dan biaya.

Kata kunci : optimalisasi, Jalur Pengangkutan, Rute Pengangkutan Sampah

ABSTARCT

Waste transportation is a waste sub-system which aims to bring waste from the transfer location or from the waste source directly to the Final Disposal Site (TPA). This study aims to find out the fastest route for transporting waste in the city of Kupang. Which is influenced by 4 elements, namely solid waste density, waste transport time, operating costs and the fastest route determination. This analysis using observational variables is distance, time, cost and the path that is passed. Data collection This study uses primary data collection (observation, interviews and questionnaires) and secondary data, namely data collection from the Kupang city cleaning and environmental services. The primary data collection was carried out by using the sample technique as much as 30% of the total respondents, so that 10 respondents were interviewed. The analysis used in this study is descriptive statistical method and the determination of the fastest route. The results of this study indicate that the garbage transport pathway can affect the distance, time and operational costs of transportation so that it will minimize the 3 transport factors and optimize it. The importance of this research is to maximize the existing solid waste routes in terms of distance, time and cost efficiency.

Keyword : optimization, Transportation lines, Garbage Transport Routes

PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan dan pembangunan wilayah perkotaan Kota Kupang yang diikuti pertambahan penduduk setiap tahunnya serta perubahan pola konsumsi masyarakat, menimbulkan

bertambahnya volume, jenis dan karakteristik sampah yang semakin beragam. Pengelolaan sampah yang baik sangat diperlukan agar tidak terjadi penurunan kualitas lingkungan.

Laju pertumbuhan penduduk menurut data Kota Kupang dalam angka selama 5 tahun terakhir terus meningkat. Pada tahun 2016 pertumbuhan penduduk Kota Kupang sebanyak 402.286 jiwa. Sedangkan pada tahun 2015 sebanyak 390.877 jiwa. Jika dihitung dari laju pertumbuhan penduduk Kota Kupang dari tahun 2015 - 2016 maka laju pertumbuhan penduduk per tahun sebanyak 2,92%. Salah satu aspek yang perlu di tinjau adalah aspek lingkungan dimana merupakan salah satu aspek penting dalam merencanakan sebuah kota.

Di Kota Kupang transportasi sampah merupakan sub-sistem pengelolaan sampah yang masih menjadi masalah dan harus diperhatikan karena berhubungan dengan aspek biaya. Transportasi sampah adalah sub-sistem yang bersasaran membawa sampah dari sumber sampah menuju tempat pemrosesan sampah akhir. Dengan optimasi sub-sistem ini akan didapatkan rute pengangkutan yang paling optimum sehingga diharapkan pengangkutan sampah menjadi lebih efisien dan dapat mencegah penumpukan dan penyimpanan sampah di beberapa titik sumber sampah.

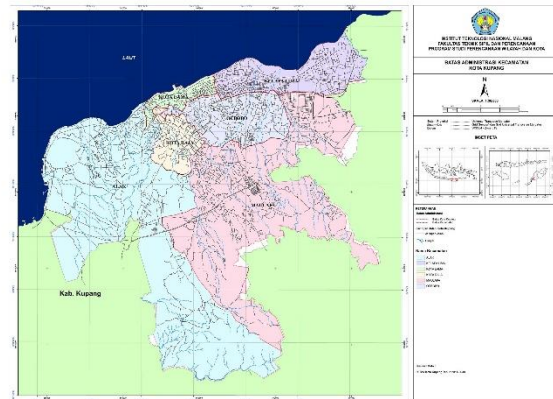
Kota Kupang merupakan ibukota provinsi Nusa Tenggara Timur yang mempunyai luas sebesar 180,27 Km². Ditinjau dari letak geografi, Kota Kupang berada posisi yang sangat strategis karena terletak dekat dengan dua negara tetangga antara lain Australia dan Timor Leste. Dalam kondisi yang sangat strategis selain menjadi ibukota provinsi NTT. Kota Kupang juga berpengaruh terhadap kota-kota disekitarnya (*Hinterland*). Kondisi ini berpotensi dan juga menguntungkan bagi perkembangan Kota Kupang. Selain berpengaruh terhadap dalam kota tetapi akan menjadi pengaruh terhadap kota-kota di Provinsi Nusa Tenggara Timur tetapi dengan meningkatnya perkembangan Kota Kupang serta penduduk Kota Kupang khususnya di kecamatan Kelapa Lima yang mengalami kepadatan penduduk yang signifikan mencapai 7,25 % lipat pertumbuhan penduduk pada tahun 2015-2016. Dengan adanya migrasi dari penduduk luar daerah baik dari pulau Jawa dan kota-kota lain sebagainya sehingga di Kota Kupang perlu pengkajian mengenai masalah lingkungan khususnya jalur pendistribusian sampah seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan jumlah sampah yang dihasilkan per harinya. Masalah yang didapat untuk jalur pengangkutan sampah di Kota Kupang juga mengenai jalur persampahan yang belum tersistematis, TPS yang belum menjangkau ke seluruh kawasan Kota Kupang. Juga sistem rute angkat ambil yang belum terjadwal dan terstruktur.

Dalam proses perancangan rute alternatif, dilakukan dengan pendekatan Penentuan Rute Tercepat untuk menjawab permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini. Diasumsikan panjang jalan sebagai sebuah titik tujuan, jarak antar jalan

sebagai rute, jumlah TPS sebagai kapasitas pengangkutan, berawal dari dan kembali ke pool (depot) dengan syarat melalui Tempat Pembuangan Akhir (TPA) terlebih dahulu. Dengan menggunakan analisis jarak antar titik yang dilalui oleh rute sebelumnya, ditentukan pemilihan rute jalan dan daya angkut, kemudian dirancang suatu rute alternatif baru. Tujuan penelitian ini adalah memberi solusi dan menyelesaikan Penentuan Rute Tercepat sehingga dapat meminimalisasi jarak perjalanan sehingga pada akhirnya akan meminimalkan biaya operasional pengangkutan sampah.

Ruang Lingkup lokasi dalam penelitian ini berada di Kota Kupang. Lokasi ini dipilih dikarenakan masalah yang diangkat mengenai optimalisasi pengangkutan sampah di Kota Kupang yang semakin padat seiring bertumbuhnya jumlah penduduk yang signifikan dan belum adanya sistem jalur pengangkutan sampah yang baik sehingga diperlukan perencanaan yang baik untuk mengoptimalkan jalur pengangkutan sampah.

Secara astronomis Kota Kupang terletak antara 10^o36' 14" - 10^o39' 58" Lintang Selatan dan 123^o32' 23" - 123^o37' 01" Bujur Timur.



Peta 1. Peta batas administrasi Kota Kupang
Sumber : Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Kupang Tahun 2011-2030

Definisi Sampah

Menurut Kodoatie, (2005) sampah merupakan limbah atau barang buangan yang bersifat padat maupun setengah padat, yang berasal dari kegiatan perkotaan atau siklus kehidupan makhluk hidup. Adapun yang dikemukakan oleh (setyo purwendro) sampah merupakan bahan yang padat telah dibuang dari aktivitas rumah tangga, hotel, pasar, industri & aktivitas manusia lainnya sehingga sampah juga dapat diartikan sebagai sampingan dari aktivitas manusia yang tidak terpakai. Dalam pengertian lain, Menurut Dwiyatmo, (2007) sampah merupakan konsekuensi dari adanya kegiatan manusia yang menghasilkan buangan. Contoh dari buangan konsekuensi dari adanya kegiatan manusia

adalah seperti sampah plastik, dan banyak sampah yang mengganggu dan menghasilkan bau tidak sedap.

Optimalisasi

Optimalisasi merupakan proses menjadikan sesuatu maksimal, optimum, dan sempurna. Menurut Rian Ankaa Sagara, dkk (2005) definisi tentang optimal merupakan yang tertinggi, sempurna, terbaik, paling menguntungkan. Jika dihubungkan dengan jalur pengangkutan maka proses menentukan jalur/ rute pengangkutan yang terbaik sehingga menguntungkan jika jalur tersebut dipakai atau diterapkan.

Sistem pengangkutan Persampahan di perkotaan di Indonesia saat ini masih menjadi masalah diantaranya penggunaan waktu kerja yang tidak efisien, penggunaan kapasitas muat kendaraan yang tidak tepat, rute pengangkutan yang tidak efisien, aksesibilitas jalan yang kurang baik. Manajemen pengangkutan sampah mempunyai peranan yang sangat penting untuk mengatasi permasalahan sampah saat ini, apabila salah dalam melakukan pengelolaan, sampah akan menjadi menumpuk dan berdampak pada menurunnya kesehatan manusia, seperti munculnya berbagai macam penyakit yang bersumber dari pembusukan sampah.

2.1 Pengelolaan Sampah

Pengelolaan sampah meliputi pengumpulan, pengangkutan dan pembuangan. Selain itu penimbunan dan insinerasi (proses pembakaran sampah) menjadi cara menangani sampah.

limbah setempat (*on-site system*), yaitu sistem dimana fasilitas pengelolaan air limbah berada dalam persil atau batas tanah yang dimiliki, fasilitas sanitasi individual seperti septic tank. Sistem pengelolaan air limbah terpusat (*off-site system*) atau sistem *sewerage*, yaitu sistem dimana fasilitas pengelolaan air limbah berada di luar persil atau dipisahkan dengan batas jarak atau tanah yang menggunakan perpipaan untuk mengalirkan air limbah dari rumah-rumah secara bersamaan dan kemudian dialirkan ke IPAL.

2.2 Pengangkutan Sampah

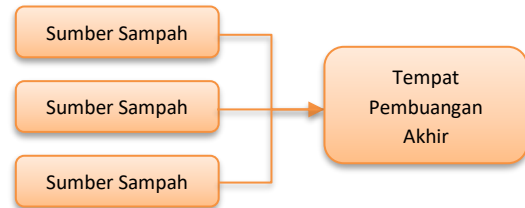
Pengertian dari pengangkutan sampah adalah kegiatan atau operasi yang dimulai dari titik pengumpulan terakhir dari suatu siklus pengumpulan sampai ke TPA atau TPST pada pengumpulan dengan pola individual langsung atau dari tempat pemindahan (*Transfer Depo, Transfer Station*), penampungan sementara (TPS, LPS, TPS 3R) atau tempat penampungan komunal sampai ke tempat pengolahan/pembuangan akhir (TPA/TPST). Sehubungan dengan hal tersebut, metoda pengangkutan serta peralatan yang akan dipakai tergantung dari pola pengumpulan yang dipergunakan. Dalam menangani pengelolaan sampah perkotaan ini akan selalu mengacu pada SNI 19-2454-2002 mengenai Tata Cara Teknik Operasional Sampah Perkotaan.

Pengangkutan sampah adalah bagian persampahan yang bersasaran membawa sampah dari lokasi pemindahan atau dari sumber sampah secara langsung menuju tempat pemrosesan akhir(TPA).

2.1.1. Teknik Operasional Pengangkutan Sampah

a. Secara langsung (*system door to door*)

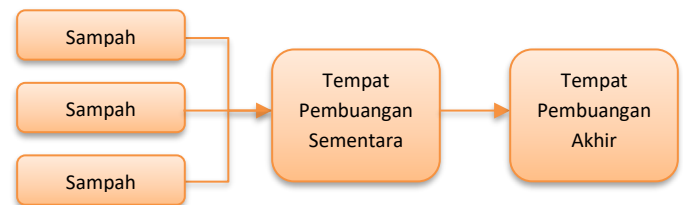
Pada sistem ini proses pengumpulan dan pengangkutan sampah dilakukan bersamaan seperti terlihat pada gambar 2.1 Sampah dari tiap-tiap sumber akan diambil, dikumpulkan dan langsung diangkut ke tempat ke tempat pembuangan akhir.



Gambar 2.1 Sistem Pengumpulan Sampah Secara Langsung

b. Secara tidak langsung (*system komunal*)

pada sistem ini, sebelum diangkut ke tempat pembuangan akhir, sampah dari masing-masing sumber dikumpulkan dahulu oleh sarana pengumpul seperti dalam gerobak atau becak pengumpul dan diangkut ke TPS. Dengan adanya TPS ini maka proses pengumpulan sampah secara tidak langsung. TPS dapat pula berfungsi sebagai lokasi pemrosesan skala kawasan guna mengurangi jumlah sampah yang harus diangkut ke pemrosesan akhir untuk lebih jelasnya terlihat pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Sistem Pengumpulan Sampah Secara Tidak Langsung

Landasan Penelitian

Landasan penelitian dimaksudkan sebagai teori-teori yang berkaitan dengan materi yang dibahas dan dijadikan sebagai bahan penelitian sehingga output yang dihasilkan sesuai dengan sasaran dan tujuan yang hendak dicapai. Pada landasan penelitian akan menghasilkan variabel yang digunakan dalam penelitian, kemudian penjelasan dan kesimpulan variabel amatan berdasarkan sudut pandang peneliti.

Tolok ukur dari optimalisasi jalur pengangkutan sampah adalah bagaimana sistem jalur pengangkutan sampah dibuat dengan jarak dan waktu seminimum mungkin. Jalur pengangkutan sampah yang efisien adalah jalur/rute tercepat dimana waktu perjalanan, jarak, serta biaya yang diperhitungkan.

Optimalisasi merupakan proses menjadikan sesuatu maksimal, optimum, dan sempurna sehingga didapat jalur rute tercepat dan biaya yang dapat diefisiensikan. Jika dihubungkan dengan jalur pengangkutan maka proses menentukan jalur/ rute pengangkutan yang terbaik sehingga menguntungkan jika jalur tersebut dipakai atau diterapkan.

Tabel 2.2
Tolok Ukur Optimalisasi

No.	Tolok ukur	Optimal	Keterangan
1.	Waktu	4-5 jam	Observasi waktu optimal
2.	Biaya	Rp. 1.133.000	Dinas Kebersihan Kota Kupang 2017
3.	Jarak	± 15 km	Dinas kebersihan Kota Kupang 2017
4.	Jalan	Melewati jalan pusat kota, protokol	SNI 19-2454 tahun 2002 tentang skala kepentingan pelayanan

2.3 Sintesa Teori

Berdasarkan sintesa teori / referensi di atas didapat keluaran variabel untuk menentukan jalur pengangkutan sampah yaitu:

1. Sarana : Dump Truck
2. Prasarana : Jalan, TPS dan TPA pengangkutan sampah.
3. Waktu perjalanan yang ditempuh.
4. Jarak lokasi yang ditempuh
5. Biaya operasional pengangkutan
6. Kondisi jalan yang ditempuh
7. Lebar jalan yang ditempuh
8. Timbulan sampah yang diangkut.
9. Sisa Timbulan sampah yang berada di TPS setelah diangkut.
10. Jumlah kendaraan dan kapasitas angkut kendaraan
11. Waktu operasional pengangkutan sampah
12. Waktu bongkar/ muat

Metodologi

Dalam penelitian ini, peneliti memakai jenis penelitian kuantitatif dimana penulis akan menghitung ketersediaan prasarana Jalur pengangkutan sampah serta cara mengoptimisasinya. Sehingga akan ditemukan cara untuk mengoptimalkan jalur pengangkutan sampah di Kota Kupang.

Berdasarkan data primer dan sekunder yang telah diperoleh, dapat dilakukan analisis dan pembahasan. Data yang diolah merupakan perhitungan timbulan, densitas sampah, waktu pengangkutan sampai hasil penelitian rute truk *dump truck* dan *arm roll*.

1. Timbulan Sampah

Karakteristik sampah yang diukur meliputi Timbulan sampah. Volume sampah diperoleh dari hasil pengukuran terhadap volume tiap truk yang masuk ke TPA. Melalui data tersebut, selanjutnya dapat dihitung densitas sampah.

2. Waktu Pengangkutan Sampah

Waktu perjalanan adalah waktu yang dibutuhkan untuk pergi dari dan ke TPS/TPA/Depo Truk. Waktu yang digunakan bersifat aktual, atau sesuai dengan kenyataan.

3. Biaya pengangkutan Sampah

Metode analisa data menggunakan metode analisa statistik deskriptif, metode analisa skoring , dan metode analisa klaster. Berikut ini disajikan rumusan variabel yang digunakan dalam penelitian ini :

PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan memuat hasil analisa yang diuraikan berdasarkan sasaran penelitian.

5.1. Perhitungan Proyeksi Jumlah penduduk

Data kepadatan penduduk Kota Kupang pada tahun 2016 adalah sebesar 2.231,57 maka kepadatan penduduk Kota Kupang masih tergolong kepadatan Rendah (*RTRW Kota Kupang Tahun 2011 hal.21*). Pengelolaan persampahan kedepan akan selalu berkesinambungan antara kepadatan penduduk dengan jumlah sampah sehingga semakin tingginya jumlah penduduk maka sampah yang dihasilkan akan semakin besar.

Rumus proyeksi penduduk adalah

$$P_n = P_o (1 + r)^n$$

$$\begin{aligned} P_4(2020) &= 402.286 (1 + 3\%)^4 \\ &= 402.286 (1 + 0,03)^4 \\ &= 402.286 (1,03)^4 \\ &= 402.286 (1,12550) \\ P_4(2020) &= 452.776 \end{aligned}$$

$$P_9(2025) = 402.286 (1 + 3\%)^9$$

$$\begin{aligned}
&= 402.286 (1 + 0,03)^9 \\
&= 402.286 (1,03)^9 \\
&= 402.286 (1,30477) \\
P_9(2025) &= 524.891
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P_{19}(2035) &= 402.286 (1 + 3\%)^{19} \\
&= 402.286 (1 + 0,03)^{19} \\
&= 402.286 (1,03)^{19} \\
&= 402.286 (1,75350) \\
P_{19}(2035) &= 705.410
\end{aligned}$$

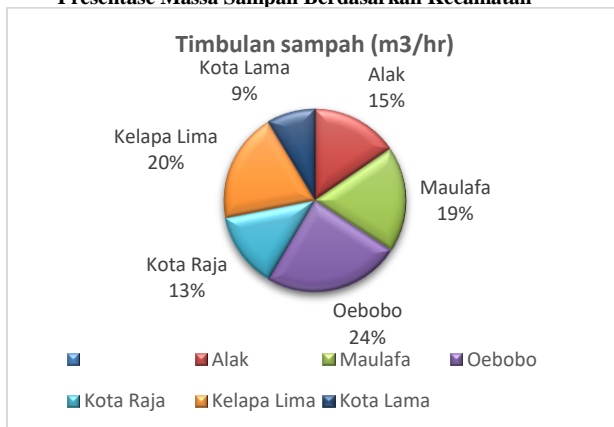
5.2. Estimasi Timbulan Sampah Kecamatan Kota Kupang

Estimasi timbulan sampah Kota Kupang didapat dari rata-rata timbulan sampah orang per hari mencapai 1,7 m³/orang.hari sehingga sudah memenuhi Standar SNI tahun 2002 mengenai Tata Cara Teknik Operasional Sampah Perkotaan bahwa jumlah sampah penduduk yang berada di jalan protokol harus > 0,3 m³.

Perhitungan:
Timbulan Sampah
= 62.090 jiwa x 1,70 L/orang.hari
= 105.553 L/hari
= 105,553 m³ /hari

Sampah di Kota Kupang berasal dari permukiman daerah komersil maupun pasar dan dikelola oleh dinas Kebersihan dan Lingkungan Hidup Kota Kupang. Lokasi antara TPS di berbagai kecamatan di Kota Kupang dan TPA ALAK terpaut jarak yang lumayan jauh. Dari kecamatan kelapa lima terpaut 18 Km untuk sampai di TPA Alak.

Gambar 5.2
Presentase Massa Sampah Berdasarkan Kecamatan



Sumber : Analisa, 2018

5.3. Ketersediaan Sarana Dan Prasarana Pengangkutan Sampah

a. Sarana Pengangkutan sampah

Adapun sarana pengangkutan sampah atau alat utama dalam kegiatan pengangkutan sampah diantaranya Truk sampah, Gerobak, Drum sampah, TPS dan TPA.

a. Truk Sampah

Truk sampah mengangkut sampah dari lokasi TPS menuju lokasi TPA. Dalam lokasi penelitian terdapat 2 jenis alat Truk sampah yang dipakai dalam pengangkutan sampah yaitu *Dump Truck* dan *Arm Roll Truck*.



Gambar 5.3

Dump Truck

Sumber : Observasi
(07/06/2018)

Diketahui :

Timbulan sampah = 684 m³
Kapasitas Truk = 8 m³
Ritasi = 2

Maka :

$$\begin{aligned}
&= \frac{684 \text{ m}^3}{8 \times 1,2 \times 2} \\
&= \frac{684 \text{ m}^3}{19,2} \\
&= 35,625
\end{aligned}$$

Jumlah Truk yang dibutuhkan = 36 unit

Rumus Proyeksi:

$$S(n) = \frac{Pn}{Sm}$$

Dimana :

- $S(n)$: jenis sarana berdasarkan standar
- Pn : jumlah penduduk hasil proyeksi tahun (n)
- Sm : standar minimum = 36 unit (perhitungan diatas berdasarkan SNI-3242-2008 tentang tata cara pengelolaan sampah di permukiman tahun 2008 hal.12)

$$S(n) = \frac{402.286}{36 \text{ unit truk}} = 11.175$$

Maka $Sm(0) = 11.175$

Rumus Proyeksi per tahun:

$$S(n) = \frac{Pn}{Sm(0)}$$

$$S(n) = \frac{P2020}{11.175} = 41 \text{ unit}$$

Maka proyeksi truk pada tahun 2020 adalah sebesar 41 unit.

Dari hasil perhitungan diatas maka didapat 36 truk yang perlu untuk mengumpulkan sampah secara langsung. Sehingga di Kota Kupang tidak memerlukan penambahan armada. Karena dengan jumlah timbulan sampah yang ada sudah cukup terpenuhi dengan jumlah truk yang ada saat ini adalah 40 unit.

b. Gerobak



Gambar 5.5
Gerobak

Sumber : Observasi (07/06/2018)

Rumus Proyeksi:

$$Sn(0) = \frac{Pn}{Sm}$$

$$Sn(0) = \frac{402.286}{9 \text{ unit}} = 44.698$$

Maka $Sn(0) = 44.698$

Dimana :

$S(n)$: jenis sarana berdasarkan standar
 Pn : jumlah penduduk hasil proyeksi tahun (n)
 Sm : standar minimum = 9 buah (SNI-3242-2008 tentang tata cara pengelolaan sampah di permukiman tahun 2008 hal.19)

Rumus Proyeksi per tahun:

$$S(n) = \frac{Pn}{Sn(0)}$$

$$S(n)0 = \frac{P2020}{44.698} = 11 \text{ unit}$$

$$S(n) = \frac{P2020}{11} = 41.162 \text{ unit}$$

Maka proyeksi gerobak pada tahun 2020 adalah sebesar 41.162 unit.

c. Drum sampah

Drum sampah merupakan tempat pembuangan sampah selain TPS. sehingga sampah dapat diangkut dengan mudah ke dalam truk pengangkut.



Gambar 5.6
Drum Sampah Non Organik
Sumber : Observasi
(19/06/2018)



Gambar 5.7
Drum Sampah Organik
Sumber : Observasi
(20/06/2018)



Gambar 5.8
Tong Sampah 3 jenis
Sumber : Observasi
(20/06/2018)

Rumus Proyeksi:

$$Sn(0) = \frac{Pn}{Sm}$$

$$Sn(0) = \frac{402.286}{27 \text{ unit}} = 18.900$$

Maka $Sn(0) = 18.900$

Dimana :

$S(n)$: jenis sarana berdasarkan standar
 Pn : jumlah penduduk hasil proyeksi tahun (n)
 Sm : standar minimum = 9 buah (SNI-3242-2008 tentang tata cara pengelolaan sampah di permukiman tahun 2008 hal.19)

Rumus Proyeksi per tahun:

$$S(n) = \frac{Pn}{Sn(0)}$$

$$S(n) = \frac{P2020}{18.900} = 24 \text{ unit}$$

$$S(n) = \frac{P2020}{24} = 18.866 \text{ unit}$$

Maka proyeksi drum sampah pada tahun 2020 adalah sebesar 18.866 unit.

d. Tempat Pembuangan Sampah Sementara

Pada lokasi penelitian tempat pembuangan sampah sementara dan titik-titik sampah. TPS permanen terdiri dari TPS eksisting yang tergolong dalam kondisi baik dan kondiri rusak. Adapun Banyak TPS yang dimiliki Kota Kupang berjumlah 263 unit dan terdapat 1 TPA yang terletak di kecamatan Alak. Banyak TPS dalam kondisi baik sebanyak 231 buah sedangkan dalam kondisi rusak terdapat 31 buah.

Adapun keterkaitan antara jumlah TPS dan kepadatan penduduk adalah terdapat pada SNI Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan Tahun 2002 bahwa kepadatan penduduk dengan 50-100 jiwa/ha termasuk kepentingan daerah pelayanan rendah dengan kerawanan sanitasi 1. sedangkan penduduk dengan 100-300 jiwa/Ha termasuk kepentingan daerah pelayanan sedang dengan kawasan sanitasi 3 dan kepadatan penduduk dengan lebih 300 jiwa/Ha Memiliki karawanan sanitasi sebanyak 5. Diketahui 1 Ha = 100 Km².

Berikut presentase ketersediaan TPS di lokasi penelitian dapat dilihat pada tabel dibawah ini dengan Kepadatan penduduk dengan jiwa/Ha;

Tabel 5.2
Kepadatan dan Jumlah TPS per Kecamatan

No	Kecamatan	Luas (Km ²)	Kepadatan Penduduk (jiwa/km ²)	Kepadatan Penduduk (jiwa/Ha)	Jumlah TPS eksisting (unit)
1	Alak	86,91	714,42	7,144	35
2	Maulafa	54,80	1.376,99	13,769	32
3	Oebobo	14,22	2.091,19	20,912	67
4	Kota Raja	6,10	2.073,84	20,738	52
5	Kelapa Lima	15,02	5.249,67	52,496	39
6	Kota Lama	3,22	10.632,92	106,32	38
	total	180,27	2.231,57	36,896	263

Sumber : Analisa, 2018

Sehingga data dapat ditemukan adalah kecamatan Oebobo mempunyai jumlah TPS

terbanyak dengan jumlah 67 TPS. Sedangkan jumlah TPS terkecil berada di kecamatan Maulafa dengan 32 TPS.

Dari tabel diatas dapat disimpulkan berdasarkan SNI tentang Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah didapat bahwa pada kecamatan Alak, Maulafa, Oebobo, Kota Raja dan Kelapa lima termasuk dalam kerawanan sanitasi skala kepentingan daerah pelayanan "Rendah" dengan nilai kepadatan penduduk dibawah 100 hjiwa/Ha. Sdangkan pada kecamatan kota Lama merupakan kerawanan sanitasi skla kepentingan daerah pelayanan "Sedang" dengan nilai kepadatan penduduk lebih dari 100 jiwa/Ha.

Rumus Proyeksi:

$$Sn(0) = \frac{Pn}{Sm}$$

$$Sn(0) = \frac{402.286}{263 \text{ unit}} = 1.530$$

Maka $Sn(0) = 1.530$

Dimana :

$S(n)$: jenis sarana berdasarkan standar

Pn : jumlah penduduk hasil proyeksi tahun (n)

Sm : standar minimum = 263 buah (SNI-3242-2008 tentang tata cara pengelolaan sampah di permukiman tahun 2008 hal.19)

Rumus Proyeksi per tahun:

$$S(n) = \frac{Pn}{Sn(0)}$$

$$S(n) = \frac{P2020}{1.530} = 295 \text{ unit}$$

$$S(n) = \frac{P2020}{295} = 1.534 \text{ unit}$$

Maka proyeksi TPS pada tahun 2020 adalah sebesar 1.534 unit.

5.4. Analisa Pola Jenis Pengangkutan Sampah

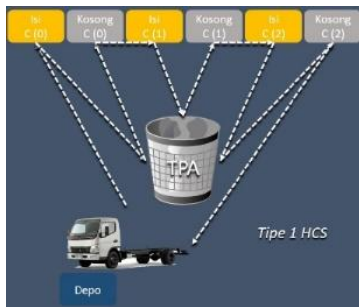
Jenis angkutan di Kota Kupang masih menggunakan jenis angkutan HCS dan SCS. *Houled Container System* (HCS) dimana HCS merupakan sistem pengumpulan sampah yang wadah pengumpulannya dapat dipindah-pindah dan ikut dibawa ke tempat pembuangan akhir.

1. Tipe HCS (Houled Container System)

Pada sistem HCS truck yang digunakan adalah truck Arm-Roll dimana kendaraan truck menuju ke kontainer isi pertama (Kontainer isi sampah) untuk mengangkat sampah ke TPA. lalu dari TPA kendaraan akan di unloading dan membawa kontainer kosong lalu membawa isi untuk diangkut ke TPA. demikian seterusnya sampai pada rit terakhir.



Gambar 5.9
Arm Roll Truck
Sumber : Google
(11/08/2018)



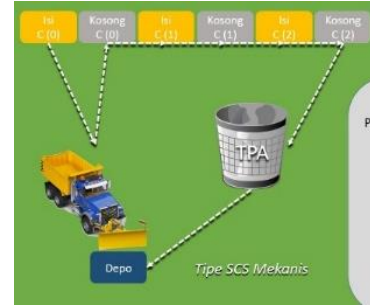
Gambar 5.10
Pola pengangkutan HCS
Sumber : Analisa, 2018

2. Tipe SCS (Stationary Container System)

Pada sistem SCS truck yang digunakan adalah Dump truck (truk biasa) yang mempunyai sistem hidrolik dimana kendaraan truck menuju ke TPS pertama untuk mengangkat sampah ke dalam bak truk dengan sistem manual dimana petugas mengangkat sampah masuk ke dalam bak truk.



Gambar 5.11
Dump Truck
Sumber : Observasi
(23/06/2018)



Gambar 5.12
Pola pengangkutan HCS
Sumber : Analisa, 2018

Dari kedua pola tersebut sudah cukup baik di digunakan karena sudah memenuhi pola pewadahan tetapi pola pengangkutan SCS manual dinilai lebih efisien karena lebih mudah diterapkan dan menghemat waktu pengangkutan walaupun waktu dalam setiap pengangkutan di TPS lebih lama dibanding pola pengangkutan HCS dan SCS mekanis.

5.5. Penentuan Rute Tercepat

Analisis penentuan rute tercepat dibutuhkan perhitungan secara matang. Sehingga akan mengeluarkan hasil yang maksimal. Berikut hasil yang akan didapat:

1. Angkutan sampah akan mencari rute terpendek selalu dari depo menuju TPS terdekat untuk mengambil timbulan sampah;
2. Setiap TPS hanya dikunjungi satu kali;
3. Dari TPS, angkutan sampah akan langsung pergi menuju TPA, dengan mencari rute terpendek;
4. Setelah sampai di TPA, angkutan sampah dapat kembali menuju TPS terdekat dengan catatan selama waktu operasi mencukupi. Apabila tidak mencukupi, maka angkutan sampah akan kembali ke depo kendaraan, dengan mencari rute terpendek;
5. Perjalanan dari depo hingga kembali ke depo disebut satu kali rute;
6. Rute akan selesai apabila seluruh TPS sudah selesai dikunjungi.

1. Kepadatan Sampah

Karakteristik sampah yang diukur meliputi volume dan massa sampah. Volume sampah diperoleh dari hasil pengukuran terhadap volume tiap gerobak yang masuk ke TPS. Melalui data tersebut, selanjutnya dapat dihitung densitas sampah. Densitas sampah pada truk *arm roll* dianalisis berdasarkan kapasitas kontainer yang ada (6 m^3 , 8 m^3) dan kondisi kontainer (tertutup dan tanpa tutup) disetiap TPS.

2. Waktu Pengangkutan Sampah

Waktu pengangkutan sampah di lokasi penelitian rute pengangkutan sampah rata-rata sebanyak 2 rit untuk truk dengan kapasitas 6 dan 8 m³. Adapun jadwal hari kerja (hari senin sampai jumat) sebanyak 2 rit dan pada hari libur (sabtu-minggu dan hari-hari raya) sebanyak 1 rit.

Rumus :

a) Waktu pengangkutan tiap rit

$$tA = \left[\frac{\text{Jarak}(SG_1) \cdot \text{Jarak}(SG_2)}{\frac{Vt + V0}{2} \cdot (Vt + v0)/2} + t_{in} + t_{out} \right] \times 60 \text{ menit}$$

Dimana:

tA : waktu angkut (Jam)

t_{in} : Waktu menaikan sampah di TPS (Jam)

t_{out} : Waktu menurunkan sampah di TPA (Jam)

SG_1 : Jarak dari pool - TPS

SG_2 : Jarak dari TPS - TPA (Km)

Vt : Kecepatan isi (Km/Jam)

$V0$: Kecepatan kosong (Km/jam)

Diketahui:

tA : waktu angkut (Jam)

t_{in} : 0,167 jam
(didapat rata-rata 10 menit waktu menaikan sampah dibagi 60 menit)

t_{out} : 0,25 jam
(didapat rata-rata 15 menit waktu menurunkan sampah dan dibagi 60 menit)

SG_1 : 3 km

SG_2 : 15 km

Vt : 40 (Km/Jam)

$V0$: 0 (Km/jam)

Maka:

$$tA = \left[\frac{3 \text{ km} \cdot 15 \text{ km}}{\frac{40 + 0}{2} \cdot (40 + 0)/2} + 10 \right] \times 60 \text{ menit}$$

$$tA = \left[\frac{45}{400} + 0,167 + 0,25 \right] \times 60 \text{ menit}$$

$$tA = \left[\frac{45}{400} + 0,417 \right] \times 60 \text{ menit}$$

$$tA = \left[\frac{45,417}{400} \right] \times 60 \text{ menit}$$

$$tA = \left[\frac{45,417}{400} \right] \times 60 \text{ menit}$$

$$tA = [0,113] \times 60 \text{ menit}$$

$$tA = 0,113 \times 60 = 6,78 \text{ jam/rit}$$

$$tA = 7 \text{ jam/rit}$$

Maka hasil dari perhitungan waktu pengangkutan tiap rit adalah ±7 jam namun seringkali beberapa responden sopir dapat menyelesaikan waktu pengangkutan hanya dalam waktu 4-5 jam/ 1x rit.

a) Jumlah Rit (P)

$$P = \frac{VS}{VB \times \text{jumlah truk yang tersedia}}$$

Dimana :

P : Jumlah Pengambilan (rit)

VS : Volume sampah (m³)

VB : Kapasitas truk (m³/rit)

Diketahui :

VS : 684 (m³)

VB : 8 m³/rit

jumlah truk yang tersedia = 40 truk

Maka :

$$P = \frac{684}{8 \times 40}$$

$$P = \frac{684}{320}$$

$$P = 2,13 \text{ rit}$$

$$P = 2 \text{ rit}$$

Maka jumlah rit perharinya sudah sesuai dengan volume sampah dan jumlah truk yang dimiliki. karena rata-rata jumlah rit setiap truk memiliki 2 rit/harinya.

b) Waktu operasi (t_o) jika menggunakan satu truk:

$$t_o = P \times t_A$$

Dimana :

t_o : Waktu operasi pengangkutan sampah dari TPS ke TPA per hari (jam)

P : Jumlah pengambilan (rit)

t_A : waktu angkut (jam)

Diketahui :

$$P : 2 \text{ (rit)}$$

$$t_A : 7 \text{ (jam)}$$

Maka :

$$t_o = P \times t_A$$

$$t_o = 2 \times 7$$

$$t_o = 14$$

Maka didapat dari perhitungan diatas adalah waktu operasi dalam satu truk mencapai 14 jam. Karena terdapat 2x ritasi per harinya. Sehingga jumlah waktu sudah lebih dari jam kerja yang disediakan Dinas yaitu 8 jam perharinya.

c) Jumlah truk yang diperlukan (nt)

$$n_t = \frac{t_o}{t_b}$$

Dimana :

n_t : Jumlah Truk yang diperlukan (unit)

t_o : Waktu operasi pengangkutan sampah dari TPS ke TPA per hari (jam)

t_b : jumlah jam kerja per hari (jam)

Diketahui :

n_t : Jumlah Truk yang diperlukan (unit)

t_o : Waktu operasi pengangkutan sampah dari TPS ke TPA per hari (jam)

t_b : jumlah jam kerja per hari (jam)

Maka :

$$n_t = \frac{14}{8}$$

$$n_t = 1,75$$

$$n_t = 2 \text{ unit}$$

Maka didapat jumlah truk yang diperlukan per adalah 2 unit untuk 2 rit sehingga bisa dibilang jika untuk mempercepat sesuai waktu yang diberikan maka diperlukannya 1 truk setiap rute sehingga 1 truk hanya dapat menerima 1 rit dan waktu yang akan dipakai tidak melebihi 8 jam kerja.

4. Biaya Pengangkutan Sampah

Adapun biaya transport BBM diberikan per minggu. Setiap minggu sopir mendapat jatah sebesar Rp.1.133.000 dengan menghitung budget Bulanan perhitungan BBM truk Sampah maka akan mengoptimalkan dari segi biaya yang seharusnya dikeluarkan untuk 1 truk

pengangkutan. sumber : Analisa dan <https://www.aturduit.com/articles/harga-bbm-terkini/amp> :

a. Jarak Yang Ditempuh Dalam Sebulan (S_{bulan})

Rumus: :

$$S_{bulan} = 2 \times S_I \times HK$$

Dimana :

S_{bulan} = jarak yang ditempuh dalam 1 bulan

S_I = jarak yang ditempuh dalam 1 rit

HK = Hari Kerja (asumsi 25 hari)

2 = Pergi-pulang

Diketahui :

contoh rute pengangkutan 1

$S_I = 12,2 \text{ km}$

$HK = 25 \text{ hari}$

Maka :

$$S_{bulan} = 2 \times 12,2 \times 25$$

$$S_{bulan} = 24,4 \times 25$$

$$S_{bulan} = 610 \text{ km}$$

b. Jumlah Solar Yang Akan Terpakai Dalam Sebulan ($BBM_{/bulan}$)

diasumsikan memakai solar dengan perbandingan 1:10 dimana 1 liter solar dapat meghabiskan 10 km. maka rumus dapat dilihat dibawah:

Rumus :

$$BBM_{/bulan} = \frac{S_{bulan}}{10}$$

Diketahui :

$$S_{bulan} = 610 \text{ km}$$

Maka :

$$BBM_{/bulan} = \frac{610 \text{ km}}{10}$$

$$BBM_{/bulan} = 61 \text{ liter per bulan}$$

c. Biaya Solar Per Bulan ($Biaya_{/bulan}$)

Jika truk menggunakan solar dengan harga Rp.5150 per liter maka biaya solar per bulan adalah

Rumus :

$$Biaya_{/bulan} = H_{solar} \times BBM_{/bulan}$$

Dimana :

$$H_{solar} = \text{Rp.5.150}$$

$$BBM_{/bulan} = 61 \text{ liter}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Biaya}_{/bulan} &= \text{Rp.}5150 \times \\ &61 \text{ liter} \\ \text{Biaya}_{/bulan} &= \text{Rp.}314.150 \text{ per} \\ &\text{bulan} \end{aligned}$$

5.5.1. Analisis Rute tercepat

Analisis rute tercepat akan menjelaskan mengenai efektivitas jarak, efisiensi waktu dan efisiensi biaya. Efektivitas jarak dianggap optimal bila Jarak yang ditempuh dalam pengangkutan sampah di lokasi TPS dan TPA harus mempertimbangkan jalan yang mudah dijangkau, merupakan jalan protokol, pusat kota dan daerah komersial dengan jarak ± 15 km.

Efisiensi waktu dianggap optimal bila truk pengangkut sampah bermula dari depot menuju TPS tujuan jika sampah belum terpenuhi maka akan berlanjut menuju TPS selanjutnya sampai truk penuh dengan sampah lalu akhirnya menuju TPA dengan waktu diambil $\pm 4-5$ jam.

Efisiensi biaya dianggap optimal bila biaya satu kali rit pengangkutan sampah diantaranya bensin apa yang digunakan, berapa liter bensin yang di isi dan berapa kali pengisian dalam satu rit pengangkutan dengan biaya $\pm \text{Rp.}1.133.000$ sehingga per bulan biaya sebesar Rp. 4.532.000.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Dari kajian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Timbulan sampah di Kota Kupang adalah 1,7 kg/orang/hari. Namun sampah masih dalam keadaan tercampur dalam tong/bak sampah yang ada. Sehingga jenis sampah belum terpisahkan. Sumber sampah berasal dari sampah permukiman, sampah komersil, sampah industri dan sampah rumah sakit.
2. Berdasarkan Kota Kupang Dalam Angka tahun 2017 bahwa sampah Kota Kupang pada tahun 2016 sudah menjangkau seluruh kelurahan namun sampah yang terangkut masih belum sepenuhnya terangkut. Sampah yang terangkut sebanyak 623,625 m³ atau berkisar 80% terangkut. Sedangkan jumlah total sampah yang ada di kota kupang adalah sebesar $\pm 658,23$ m³/hari.
3. Rute pengangkutan sampah eksisting yang ada di kota kupang terdiri dari 6 kecamatan yaitu kecamatan Alak, Maulafa, Oebobo, Kota Raja, Kelapa Lima dan Kota Lama. pengangkutan sampah dilakukan oleh Dinas Kebersihan dan lingkungan hidup dengan dump truck/arm-roll dengan ritasi 1-2x sehari.

4. Rute pengumpulan sampah pada kondisi eksisting dapat menyelesaikan rute pengangkutan rata-rata dengan waktu 4-5 jam operasional sedangkan jarak yang ditempuh dapat mencapai 30 km.

Rekomendasi

Pada bab 5 sudah dijelaskan perhitungan proyeksi jumlah timbulan sampah sampai tahun 2035 sehingga timbulan sampah yang semakin banyak perlunya pengelolaan sampah yang baik. Penulis merekomendasikan untuk kebutuhan sekarang penulis melihat pada kondisi eksisting memerlukan timbangan sampah di lokasi TPA, penutup sampah pada setiap truk sampah, juga penentuan rute tercepat sehingga akan memudahkan rute perjalanan.

- i. Peran penting kerja sama antara pemerintah dan masyarakat disini dalam hal bagaimana untuk mengatasi permasalahan sampah yang belum terangkut ke TPS terdekat.
- ii. Perlunya dibuat petugas kebersihan skala RT/RW sehingga akan membantu mengelola sampah yang ada di masyarakat sehingga terbawa sepenuhnya ke lokasi TPS terdekat.
- iii. Perlunya pengelolaan TPS secara berkala sehingga tidak ada pengrusakan terhadap fasilitas umum TPS. (Untuk TPS sementara kondisinya kurang baik (rusak) dan tidak terawat dengan banyaknya coret-corek di bagian dinding luar TPS)
- iv. Selain itu diperlukannya juga penutup sampah pada truk, sehingga sampah tidak menimbulkan polusi udara jika melintas pada masyarakat sekitar TPS dan meminimalkan bau tidak sedap dan bibit-bibit penyakit yang ada.
- v. Untuk di kawasan TPA dibutuhkan alat penimbang/pengukur sampah sehingga sampah dapat terukur sesuai berat sampah yang diangkut.
- vi. Untuk seluruh staff lapangan pengangkutan sampah perlu disediakan masker agar bibit penyakit sampah tidak mudah terjangkau kepada bagian operasional pengangkutan sampah(lapangan).

DAFTAR PUSTAKA

Referensi, jurnal:

- Elida F. S. Simanjanrang, 2014, *Dampak Manajemen Pengelolaan Sampah Terhadap Masyarakat dan Lingkungan di TPAS Namo Bintang Deliserdang*, Jurnal Ecobisma, No.2 Vol. 1
- Eminugroho R, Dwi Lestari, 2014, *Optimasi Sistem Pengangkutan Sampah Di Kota Yogyakarta dengan Model Vehicle*

Routing Problem Menggunakan Algoritma Sequential Insertion, Jurnal Pendidikan Matematika, No.2, Vol.1

Harun Al Rasyid Lubis, Andrean Maulana, Russ Bona Frazila, 2016, *Penerapan Konsep Vehicle Routing Problem dalam Kasus Pengangkutan Sampah di Perkotaan*, Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil, ISSN 08532982

Lisye Fitria, Susy Susanty, Suprayogi, 2009, *Penentuan Rute Truk Pengumpulan dan Pengangkutan Sampah di Bandung*, Jurnal Teknik Industri, No.1, Vol.11, ISSN 1411-2485

Pande N. Sari Saraswati, I G. B. Sila Dharma, I Gst. Ketut Sudipta, 2013, *Model Pengangkutan Sampah di Kota Bangli*, Jurnal Spektran, No.2 Vol.1

Prismeida Putri Dara Ambariski, Welly Herumurti, 2016, *Sistem Pengangkutan Sampah Berdasarkan Kapasitas Kendaraan Pengangkut dan Kondisi Kontainer Sampah di Surabaya Barat*, Jurnal Teknik ITS, No.2, Vol.5, ISSN:2337-3539

Sodikin, 2015, *Arahan dan Manajemen Pengangkutan Sampah di Kecamatan Pondok Gede Kota Bekasi*, Jurnal Social Science Education, No.2 Vol.1

Suprajaka, Rinaldi, 2013, *Kajian Optimalisasi Model Pengangkutan Sampah di Kota Tangerang Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG)*, Jurnal Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota, No.2, Vol.1

William Iskandar Sihombing, Yusandy Aswad, ST.MT, 2013, *Analisis Transportasi Pengangkutan Sampah di Kota Medan*, Jurnal Teknik Sipil, No.2, Vol.1

Doddy Ari Suryanto, Jack Widjadjakusuma, 2005, *Kajian Sistem Pengangkutan Sampah Kota Depok*, Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan, ISSN:18582559

referensi, Internet:

<https://www.aturduit.com/articles/harga-bbm-terkini/amp>
<https://google.com> (10/08/2018-gambar truck armroll)
Pos Kupang, 2010, *jurnal Maria Wini Uwa Website:*
<https://www.inspirasi.co/merinna/> / 41992 sikap-
[pentingnya-pengelolaan-sampah-di-kota-kupang](https://www.inspirasi.co/merinna/)
[https://wikipedia.com\(12/08/2018-definisi gerobak\)](https://wikipedia.com(12/08/2018-definisi gerobak))

Referensi, peraturan perundang-undangan:

Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, *Pasal 6*

Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, *Pasal 12*

Peraturan Daerah Kota Kupang NOMOR 3 TAHUN 2011 tentang penyelenggaraan Penanganan sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga

Peraturan Daerah Provinsi Nusa Tenggara Timur NOMOR 9 TAHUN 2001 tentang Program Pembangunan Daerah Propinsi Nusa Tenggara Timur Tahun 2001 – 2004

Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Kupang Tahun 2011 hal.21

Referensi, BPS dan SNI :

Badan Pusat Statistik Kota Kupang; Kota Kupang Dalam Angka 2017, Katalog:1102001.5371

SNI 19-24-54-2002 tentang Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan hal.10

SNI 3242:2008 tentang pengelolaan sampah di permukiman