

ANALISIS ALIRAN MASSA SAMPAH PADA SISTEM PERSAMPAHAN KOTA SURABAYA

MASS FLOW ANALYSIS OF SOLID WASTE MANAGEMENT IN SURABAYA

Savitri¹⁾, Wahyono Hadi¹⁾ dan Nieke Karnaningroem¹⁾
¹⁾Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS Surabaya

Abstrak

Peningkatan reduksi, daur ulang dan pengolahan sampah merupakan kegiatan pengurangan aliran massa sampah yang masuk ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA), bertujuan memperpanjang umur TPA. Aliran massa sampah diketahui dari survei dan menghitung timbulan massa sampah di sumber, massa sampah yang masuk ke Tempat Pembuangan Sementara (TPS) dan massa sampah yang masuk ke TPA. Survei dilakukan dilokasi sampling yang mewakili pasar, daerah komersial, daerah perumahan berpendapatan tinggi, sedang dan rendah. Daur ulang sampah Kota Surabaya sebesar 16%, daur ulang di TPA 13% dan di TPS 3%. Timbulan sampah sebesar 5.655 ton/hari yang masuk TPS/Depo 3.118 ton/hari. Sampah yang terdeposit di TPA sebanyak 2.896 ton/hari.

Kata kunci: aliran massa sampah, daur ulang, TPA

Abstract

To lengthen the life of solid waste final disposal site (TPA) the mass flow of solid should reduced by reduction, recycling and solid waste processings. The mass flow can be determined by surveys of the waste mass at source, at temporary disposal site (TPS) and TPA. The survey was done at markets, commercial, housing areas of high, medium and low income groups. Recycling rate of solid waste in Surabaya City was 16%, 13% at TPA and 3% at TPS. The solid waste generation was 5.655 ton/day and those which enter the was 3.118 ton/day. Solid waste that was deposited at TPA was 2.896 ton/day.

Keywords: solid waste mass flow, recycle, solid waste final disposal site (TPA), solid waste temporary disposal (TPS)

1. PENDAHULUAN

Menurut studi Japan International Cooperation Agency JICA (1993) akan terjadi peningkatan laju rata-rata tahunan timbulan sampah sebesar 5%, karena pertambahan penduduk 1,6% per tahun akan meningkatkan timbulan sampah per kapita sekitar 3,4% per tahun untuk periode 1992–2010 di Surabaya.

Sekitar bulan Oktober 2000 terjadi permasalahan dalam pembuangan sampah di Kota Surabaya. TPA Keputih Sukolilo, seluas 40 ha yang telah beroperasi sejak 1982 diblokir oleh warga Keputih, sehingga truk pengangkut sampah tidak dapat membuang sampah dari TPS/Depo ke TPA. Hal ini dikarenakan kegiatan pembuangan sampah di TPA Keputih dianggap menimbulkan dampak lingkungan yang buruk bagi warga Keputih. Akibat penutupan TPA Keputih tersebut, dalam waktu singkat Kota Surabaya hampir dipenuhi sampah. Pembuangan sampah selanjut-

nya dilakukan di TPA Benowo yang luasnya 26 ha (JICA, 1993).

Menurut Pemerintah Kota (Pemkot) Surabaya, TPA Benowo kini sudah hampir penuh (ketinggian sampah telah mencapai 7 m). Umur TPA yang pendek (Oktober 2001-Mei 2002) dapat menimbulkan masalah lagi bagi Pemkot Surabaya antara lain, dampak sosial yang buruk, kesulitan akan lahan yang memenuhi syarat untuk TPA, juga biaya yang tinggi untuk mempersiapkan suatu TPA yang sesuai dengan metoda Sanitary Landfill.

Pengoperasian TPA Benowo ternyata tidak menggunakan sistem *sanitary landfill* karena mahalnya tanah urug, sehingga sering memperoleh protes masyarakat yang terganggu karena bau dan lindi. Guna mengatasi masalah pembuangan sampah di Kota Surabaya perlu diterapkan sistem daur ulang sampah secara maksimal sebagai salah satu cara untuk mengurangi massa sampah.

Daur ulang sampah dapat dilakukan di sumber sampah, TPS dan TPA. Salah satu metoda yang dapat digunakan untuk mengatasinya yaitu dengan meningkatkan prosentase daur ulang sampah dan penerapan suatu pengolahan sampah yang maksimal. Pengolahan sampah dalam manajemen persampahan kota bertujuan untuk mengurangi/mereduksi sampah hingga dapat meningkatkan efisiensi operasional selanjutnya (proses pengangkutan dan pembuangan akhir), mendaur ulang material atau bahan yang kurang bermanfaat untuk ditingkatkan kembali manfaatnya serta mengubah material atau bahan buangan menjadi produk lain atau energi.

Menurut studi JICA (1993) perlakuan sampah Kota Surabaya tahun 2000 adalah sampah yang tidak terangkut sebesar 15% atau sama dengan 39.150 m³, sedangkan pola pengangkutan dengan diangkut oleh Rukun Tetangga (RT)/Rukun Warga (RW) dan tidak dibuang ke TPA sebesar 11% atau sama dengan 28.710 m³. Untuk yang dikumpulkan RT/RW dan diangkut ke TPA sebesar 57% atau sama dengan 148.770 m³, yang dikumpulkan dan dikelola oleh instansi sebesar 7% sama dengan 18.278 m³ dan yang didaur ulang sebesar 10 % atau sama dengan 26.100 m³.

Pemisahan sampah perkotaan/domestik dan sampah non domestik lebih disebabkan karena perbedaan pengelolaannya disamping jenis dan karakteristik sampahnya. Sampah perkotaan umumnya dikelola oleh instansi pengelola kebersihan kota (Dinas Kebersihan) yang meliputi sampah-sampah dari kegiatan rumah tangga (pemukiman), pertokoan, pasar, perkantoran, dan lain-lain, yang umumnya terdiri dari sampah-sampah dengan karakteristik relatif sama. Sampah non domestik.

Sampah perkotaan memiliki beberapa tipe yang antara lain berupa sampah makanan (*garbage*), *rubbish*, abu dan residu, sampah demolisi dan konstruksi, sampah pertanian dan sampah khusus yaitu sampah berbahaya atau sampah toksik yang dihasilkan oleh kegiatan industri dan rumah sakit.

Kota Surabaya memiliki banyak penduduk, industri, perkantoran, rumah sakit, pusat perdagangan, dan lain-lain. Sehingga sampah yang dihasilkan bervariasi karakteristiknya. Sampah kota memerlukan suatu manajemen persampahan yang memadai mulai dari sumber sampah, tempat penampungan sampah sementara, hingga pembu-

angan akhir. Faktor pengumpulan sampah, pengangkutan, reduksi dan daur ulang sampah perlu diperhatikan, agar sampah kota tidak menjadi masalah besar bagi penghuninya.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam manajemen persampahan kota, yaitu pewadahan sampah, pengumpulan sampah, pemindahan sampah, transportasi sampah, pengolahan sampah serta pembuangan akhir sampah.

Pewadahan sampah secara umum harus memenuhi syarat-syarat antara lain awet dan tahan air (kedap air), mudah untuk diperbaiki, ekonomis, ringan dan mudah diangkat sehingga tidak merepotkan petugas dalam proses pengumpulan serta penggunaan warna yang menarik dan mencolok.

Pengolahan sampah sangat berkaitan dengan transformasi sampah yang terjadi. Proses transformasi sampah berhubungan dengan reduksi sampah secara maksimal. Transformasi sampah terjadi secara fisik, kimiawi dan biologis.

Dampak terhadap lingkungan dan ekonomi dari manajemen persampahan dapat diketahui dari volume dan massa sampah yang melalui berbagai komponen dalam sistem persampahan. Sampah yang terkumpul dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA); terolah dalam daur ulang dan pengomposan atau dibakar dengan insinerator. Proses insinerasi tersebut menghasilkan produk hasil pembakaran dan abu yang akan dibuang ke TPA. Produk akhir yang berguna dari sistem tersebut adalah energi dari pembakaran sampah dan gas-gas yang keluar dari proses landfill di TPA.

Untuk membuat suatu aliran massa sampah ada beberapa hal yang harus dikerjakan yaitu pendataan komponen-komponen dan hubungan diantaranya dalam suatu sistem persampahan kota. Mengevaluasi permasalahan yang ada dalam sistem, misalnya banyaknya massa sampah yang terdeposit di TPA. Merumuskan pemecahan permasalahannya, misalnya dengan adanya daur ulang, reduksi sampah atau insinerasi sampah.

Kesetimbangan massa dalam sistem dimulai dengan perhitungan timbulan massa sampah perkapita dan data jumlah penduduk yang dilayani. Reduksi sampah terdiri dari reduksi sampah dari sumber sampah yang dapat dilakukan oleh tiap-tiap rumah tangga, hingga pengurangan timbulan

sampah dengan jalan pengurangan pada penge-
masan makanan (Tchobanoglous, 1993).

Penerapan daur ulang sampah secara maksimal dapat dilakukan dengan mengetahui aliran massa sampah pada sistem persampahan kota, sehingga dapat diketahui pada lokasi mana dari sistem tersebut yang dapat diterapkan sistem daur ulang secara maksimal. Teknologi daur ulang yang dapat diterapkan dapat diketahui dari karakteristik fisik dan kimia sampah kota.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa aliran massa sampah dari sumber sampah, TPS/Depo dan TPA, sehingga dapat mengetahui besar massa sampah yang masuk di TPS dan TPA. Selain itu penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis kemungkinan adanya peningkatan pengolahan sampah (reduksi dan daur ulang) di sumber sampah, TPS dan TPA sehingga sampah yang terdeposit di TPA dapat berkurang. Hal ini akan memperpanjang umur TPA, mengingat TPA Benowo tidak menggunakan sistem Sanitary Landfill. Daur ulang sampah dapat ditingkatkan dengan menerapkan teknologi-teknologi daur ulang, yang disesuaikan dengan karakteristik fisik dan kimia sampah kota Surabaya.

2. METODOLOGI

Dalam studi ini dilakukan pengumpulan data primer dari survei untuk mengetahui timbulan sampah di sumber sampah Kota Surabaya, karakteristik fisik kimia sampah, massa sampah yang masuk TPS dan TPA, serta pengolahan/daur ulang sampah di Surabaya. Data diolah dalam bentuk tabulasi dan ditentukan nilai rata-ratanya untuk dijadikan faktor pengali dalam penentuan jumlah sampah di tiap lokasi sampling. Hasilnya digunakan untuk menentukan aliran massa sampah guna mengetahui jumlah massa sampah yang keluar dari sumber sampah, masuk TPS/Depo dan masuk TPA.

Lokasi-lokasi pengambilan sampel adalah TPS/Depo yang dibagi atas tiga kategori, yaitu yang melayani daerah perumahan, pasar dan daerah komersial. Pengambilan sampling dimulai pada tanggal 19 Mei 2002 sampai dengan 25 Mei 2002 (musim kemarau).

Data massa sampah yang masuk ke TPA didapat melalui survei yang dilakukan terhadap truk-truk yang masuk ke TPA. Dari setiap truk ditetapkan

massa dan asal sampahnya yang diketahui dari rute truk. Survei data sekunder tersebut dilakukan pada tanggal 7, 9 dan 11 Oktober 2001, bekerja sama dengan Dinas Kebersihan Kota Surabaya.

Analisis karakteristik sampah dilakukan terhadap sampel dari tiap 2 atau 3 TPS/Depo yang melayani lokasi sampling. Sampah sampel sebanyak 100 kg kemudian dikumpulkan dalam 1 karung sampah. Sampel dipotong-potong dengan sekop hingga berukuran sama, lalu diaduk dan ditumbun membentuk kerucut, kemudian diratakan. Sampel yang telah diratakan dibagi menjadi 4 bagian. Setengah bagian sampah disisihkan dan diaduk kembali hingga rata. Sampel yang telah diaduk tersebut dibagi lagi menjadi 4 bagian dan setengah bagian sampel sampah dicampur lagi menjadi 1 bagian, demikian seterusnya hingga 1/8 nya, maka sampel siap dianalisis (Dirjen Bina Marga, 1992).

Analisa yang dilakukan meliputi analisa pengukuran densitas, analisa karakteristik kimia sampah yang meliputi kelembaban dan abu untuk analisis proximate, sedangkan untuk analisis ultimate dilakukan uji kandungan karbon, nitrogen, fosfor dan kalium.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan nilai rata-rata laju timbulan sampah perumahan, maka estimasi massa sampah perumahan tahun 2002 dengan jumlah penduduk 2.528.812 jiwa adalah 3.717.353,64 kg/hari, seperti terlihat pada Tabel 1.

LPS yang dipilih yaitu LPS Kintamani-Wonokromo yang mewakili perumahan dengan pendapatan yang rendah, LPS Gubeng untuk perumahan berpendapatan sedang dan LPS manyar Kertoarjo untuk perumahan berpendapatan tinggi.

Tabel 1. Timbulan Sampah Perumahan Per Kapita

Timbulan Sampah Perumahan	Massa Sampah
Berpendapatan tinggi	1,90 kg/kap/hari
Berpendapatan menengah	1,56 kg/kap/hari
Berpendapatan rendah	0,94 kg/kap/hari
Rata-rata	1,47 kg/kap/hari

Untuk sampah pasar telah dipilih beberapa titik yang dapat mewakili pasar-pasar yang ada di Surabaya, yaitu TPS/Depo yang melayani Pasar Keputran, Pasar Pegirian, Pasar Wonokromo dan

Pasar Kupang. Ketiga pasar tersebut dipilih karena memiliki perbedaan lokasi, luas area, serta barang-barang yang dijual.

Berdasarkan nilai rata-rata laju timbulan sampah pasar sebesar 4,92 kg/m²/hari, seperti terlihat pada Tabel 2, maka estimasi massa sampah pasar di Surabaya tahun 2002 dengan total luas area pasar 313.097 m² adalah 1.540.434,78 kg/hari.

Tabel 2. Timbulan Sampah Pasar

Timbulan Sampah Pasar	Massa Sampah
Pasar Keputran	6,44 kg/m ² /hari
Pasar Wonokromo	3,98 kg/m ² /hari
Pasar Pegirian	5,81 kg/m ² /hari
Pasar Kupang	3,42 kg/m ² /hari
Rata-rata	4,92 kg/m ² /hari

Pada Tabel 3, berdasarkan nilai rata-rata laju timbulan sampah komersial sebesar 4,04 kg/toko/hari maka estimasi massa sampah komersial di Surabaya tahun 2002 dengan jumlah toko sebanyak 9.679 toko adalah 39.103,76 kg/hari.

Tabel 3. Timbulan Sampah Komersial

Timbulan Sampah Komersial	Jumlah Toko	Massa Sampah (kg/hari)	Tipe Daerah Komersial
Jl. Genteng Besar	343	2.932	Toko makanan
Jl. Kapasari	376	2.506	Toko buah dan restoran
Jl. Kalianyar			
Jl. Bubutan	1.060	2.707	Toko bahan bangunan, toko perabotan
Jl. Baliwerti			
Jl. Slompretan	567	1.324	Perkantoran, toko kain
Jl. Bongkaran			
Total	2.346	9.469	
Rata-rata		4,04 kg/toko/hari	

Berdasarkan hasil survei dan perhitungan didapat massa sampah total sebesar 5.654,493 ton/hari seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Massa Sampah Total

Tipe Sampah	Massa Sampah (ton/hari)
Domestik	3.717,354
Pasar	1.540,435
Komersial	39,104
Hotel	43,05
Rumah Sakit/Instansi	10,66
Penyapuan Jalan	85,97
Perkantoran	22,07
Industri	187,31
Tempat Umum	8,54
Total	5.654,493

Sumber: Dinas Kebersihan (1998)

Untuk mengestimasi massa sampah di TPS/depo, survei dilakukan pada TPS/Depo yang mewakili daerah sampling. Berat sampah dihitung dari kapasitas TPS/Depo untuk daerah sampling, pada waktu hari sampling terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Massa Sampah Yang Masuk TPS/Depo

Sumber Sampah	Massa Sampah (ton/hari)
Perumahan	2.156
Pasar	847
Komersial	21,5
Hotel	43
Industri, Rumah Sakit/Instansi	39,4
Perkantoran	11
Total	3.117,9

Estimasi massa sampah di TPA seperti terlihat pada Tabel 6 dan Tabel 7, dilakukan dengan menghitung jumlah truk yang masuk ke TPA dan muatannya, yaitu kapasitas kontainer yang dibawa dan frekuensi ritnya dalam 1 hari.

Tabel 6. Massa Sampah di TPA Tahun 2001

Lokasi TPA	Sumber Sampah (m ³)				
	Perumahan, Pasar, Komersial	Jalan	Industri/Instansi	Tempat Umum	Perkantoran
Benowo	29.241	855	1.867	97	143
Total Surabaya	29.241	855	1.867	97	143
Waktu Survei (hari)	3	3	3	3	3
Total sampah dibuang ke TPA	10.734 (m ³ /hari) atau 3,1 ton				

Tabel 7. Massa Sampah di TPA Tahun 2002

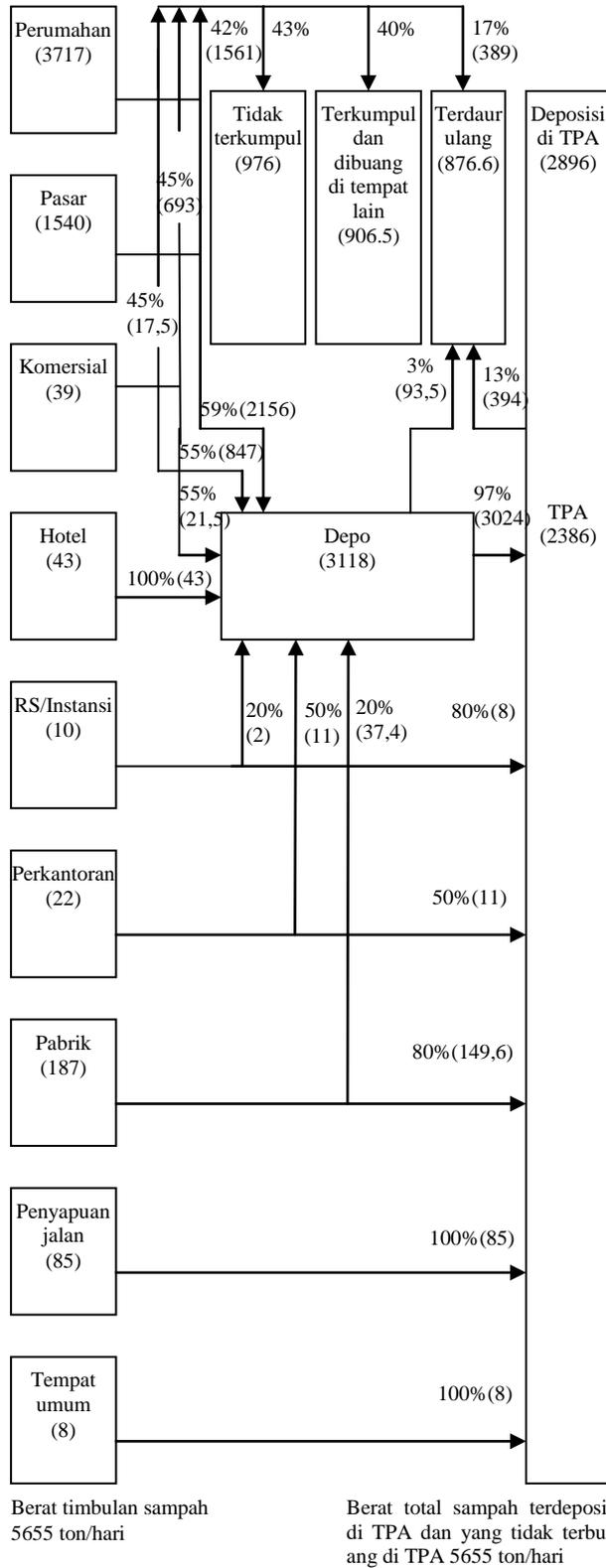
Lokasi TPA	Sumber Sampah (m ³)				
	Perumahan, Pasar,	Jalan	Industri/Instansi	Tempat Umum	Perkantoran
Benowo	30.780	900	1.965	102	150
Total Surabaya	30.780	900	1.965	102	150
Waktu Survei (hari)	3	3	3	3	3
Total sampah dibuang ke TPA	11.324 (m ³ /hari) atau 3,3 ton				

Tabel 8. Massa Sampah Pada Masing-masing Pembuangannya

Tempat Pembuangan	Massa Sampah (ton/hari)	Prosentase
TPA	2896	51%
Tidak terkumpul	976	17,3%
Terolah (<i>recycled</i>)	876,5	15,7%
Terkumpul, tidak dibuang ke TPA	906,5	16%
Total	5655	100%

Daur ulang sampah dapat terjadi pada sumber sampah, TPS/Depo atau pada TPA. Usaha daur ulang ini banyak dibantu oleh para pemulung.

Komposisi material yang dapat didaur ulang berbeda-beda di tiap tempatnya, sehingga teknologi yang dapat diterapkan untuk mendaur ulang sampahpun berbeda pula.



Gambar 2. Aliran Massa Sampah Kota Surabaya

Berdasarkan hasil survei dan perhitungan di atas dapat dibuat aliran massa sampah dari sumber sampah hingga TPA seperti pada Gambar 2.

Teknologi yang dapat digunakan dalam pengolahan sampah sehingga dapat memperpanjang umur TPA yaitu dengan cara pemanfaatan kompos sampah kota untuk tanaman hortikultura, pemanfaatan sampah plastik dalam industri bahan bakar minyak, pemanfaatan sampah organik yang dapat diolah menjadi gas bio serta penggunaan sampah sebagai pengurug bangunan akan mengurangi sampah di TPA dan biaya akan lebih murah daripada menggunakan tanah urug.

Upaya lain untuk mengatasi hal tersebut selain dengan peningkatan reduksi sampah, juga perlu diupayakan adanya pengurugan sampah dengan tanah atau dilakukan *sanitary landfill*.

Komposisi fisik sampah dihitung pada lokasi sampling yang sama dengan perhitungan densitas sampah dan survei jumlah sampah per kapita.

Tabel 9. Komposisi Fisik Sampah di Lokasi Sampling

Klasifikasi	Perumahan dengan Pendapatan			Pasar	Komersial	Rata-rata
	Tinggi	Menengah	Rendah			
Kertas(c)	2	3	1,5	1,5	1,5	1,9
Kayu(c)	0,75	0,25	0,25	0,25	0,25	0,35
Plastik(c)	3	2	2	3	3	2,6
Karet(c)	0,25	0,2	0,25	0,25	0,25	0,2
Logam(nc)	0,25	0,25	0,25	0	0,25	0,2
Tekstil(c)	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,4
Garbage(c)	3	2,4	5	5	4	3,9
Kaca(nc)	0,25	0,8	0,25	0	0,25	0,35
Total	10	10	10	10	10	10

C: Combustible NC: Non combustible

Komposisi fisik sampah terbanyak adalah *garbage* (39%). Pengomposan merupakan salah satu daur ulang sampah yang tepat. Plastik dapat dikumpulkan oleh pemulung. Dari komposisi fisik sampah, tampak bahwa proses pendaurulangan sampah dapat ditingkatkan. Sampah dari daerah perumahan berpendapatan tinggi banyak mengandung sampah *packing* makanan dan minuman yang biasanya terbuat dari bahan yang mudah didaur ulang.

Dari komposisi kimia sampah didapat bahwa kandungan air sampah adalah 58%, mengingat waktu sampling adalah musim kemarau (bulan Mei). Kandungan karbon sebanyak 74% menunjukkan bahwa sampah tersebut mengandung ba-

nyak bahan organik. Komposisi N, P, K banyak dibutuhkan oleh tanaman. Kandungan N : P : K dalam sampah adalah 2,8% : 0,2% : 0,16% dalam 1 kg sampel sampah. Untuk mendapatkan kandungan N, P, K yang memadai dalam pengomposan dicampur dengan kotoran sapi. Nilai pH yang cenderung asam (5,3) dapat dinetralkan dengan penambahan kapur.

Tabel 10. Komposisi Kimia Sampah di Lokasi Sampling

Klasifikasi	Sumber			Perumahan dengan Pendapatan		Rata-rata
	Tinggi	Menengah	Rendah	Pasar	Komersial	
pH	6,63	7,08	3,76	4,98	4,09	5,308
% kadar air	51,97	74,34	57,44	50,66	56,84	58,252
% abu	7,44	41,87	23,35	32,31	22,78	25,55
% C	92,56	58,13	76,65	67,69	77,22	74,45
% P	0,15	0,33	0,1	0,11	0,19	0,2
% N	6,41	3,02	1,65	1,02	2,04	2,8
% K	0,142	0,238	0,193	0,072	0,139	0,16
Total	10	10	10	10	10	10

Kelembaban dari sampah adalah bagian dari sampah yang merupakan partikel penting untuk desain komposting dan insinerator. Kelembaban sampah mempengaruhi proses fermentasi dan pemakaian daya bakar pembantu, apabila dipakai alternatif insenerator sebagai sistem *disposal*.

Tingginya kandungan karbon merefleksikan tingginya *heating value* dan tingginya nilai *volatile solid*, juga mengidentifikasi tingginya kandungan zat organik dalam sampah. Dalam insenerasi maupun dekomposisi biologi, unsur ini lebih menguntungkan dengan kandungan yang lebih besar di dalam sampah. CO₂ merupakan bentuk akhir yang diinginkan dari karbon dalam reduksi sampah dengan insenerator dan dalam bentuk CH₄ pada landfill dan pengomposan.

4. KESIMPULAN

Aliran massa sampah Kota Surabaya menunjukkan bahwa timbulan sampah per hari adalah 5.655 ton/hari, massa sampah yang masuk ke TPS/Depo adalah 3.118 ton/hari, sampah yang tidak terkumpul adalah 976 ton/hari. Sampah yang terdaur ulang 876,5 ton/hari. Sampah yang terkumpul tapi dibuang ke tempat lain 906,5 ton/hari. Sampah yang masuk TPA 3.290 ton/hari dan yang terdaur ulang 394 ton/hari sehingga sampah yang terdeposit di TPA 2.896 ton/hari.

Karakteristik fisik sampah Kota Surabaya menunjukkan bahwa 39% adalah *garbage*, 2% karet, 26% plastik, 19% kertas, 3% kaca dan logam 2%. Sampah Kota Surabaya sebagian besar dapat diolah (lebih dari 50%) untuk menghindari deposit sampah di TPA.

Karakteristik kimia menunjukkan bahwa kandungan air 58% karena pengaruh musim kemarau, kandungan karbon yang besar (74%) karena sampah Kota Surabaya sebagian besar organik. Kandungan N, P, K menunjukkan kemampuan sampah Kota Surabaya dapat dijadikan pupuk organik melalui pengomposan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dinas Bina Marga. (1992). **Materi Pelatihan Tingkat Lanjutan Bidang Persampahan**. Surabaya.
- Dinas Kebersihan Kotamadya DATI II Surabaya dan Jurusan Teknik Lingkungan ITS. (1998). **Penyusunan Studi AMDAL Lokasi Pembuangan Akhir (LPA) Tambakdono Kecamatan Benowo**. Surabaya.
- Japan International Cooperation Agency (JICA). (1993). **The Study on The Solid Waste Management Improvement for Surabaya City. Data Book Final Report. Vol. 5**. JICA. Surabaya.
- Japan International Cooperation Agency (JICA). (1993). **Main Report. The Study on The Solid Waste Management Improvement for Surabaya City**. Surabaya.
- Japan International Cooperation Agency (JICA). (1993). **The Study on The Solid Waste Management Improvement for Surabaya City. Supporting Report I (Master Plan). Final Report. Vol. 5**. JICA. Surabaya.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. dan Virgil S.A. (1993). **Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issues**. Mc Graw Hill International Editions.